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 на практические работы для обучающихся по дисциплине

Б1.В.01 ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Технологическая безопасность и горноспасательное дело

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Горных машин и комплексов	Горнотехнологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____ *(подпись)*	Председатель _____ *(подпись)*
Лагунова Ю.А.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 06.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 43D659E81F59110FB2CEBF5795FF2768
Владелец: Зубов Владимир Владимирович
Действителен: с 20.08.2025 до 13.11.2026

Екатеринбург

Автор: Иванов И.Ю., к.т.н.,
Гаврилова Л.А., к.т.н., доцент

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4

1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ 5

2. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ 6

3. Виды контроля 7

ЛИТЕРАТУРА 8

ВВЕДЕНИЕ

При расчете и конструировании горных машин и оборудования решаются задачи по определению их технологических параметров. Выпускники университета должны уметь применять соответствующие методики расчета для выбора объектов горных комплексов для соответствующих условий разработки МПИ.

Цель практических занятий: закрепление приобретенных студентами навыков выбора машин и оборудования в горнодобывающей отрасли.

Практические занятия призваны закреплять теоретический материал по следующим компетенциям федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки ***21.05.04 Горное дело***:

общепрофессиональные

- Способен демонстрировать знание и понимание фундаментальных наук, а также знания в междисциплинарных областях, позволяющие решать современные прикладные инженерные задачи (ПК-1.1);

Результат изучения дисциплины: «Горные машины и оборудование»

Знать:

- основные тенденции развития горных машин и оборудования;
- основные принципы конструкции и работы механизмов и систем горных машин и оборудования;
- правила эксплуатации машин и оборудования для горных работ
- конструктивные особенности различных видов горного оборудования;
- классификации различных горных машин и оборудования;
- системы автоматизации горных машин и оборудования;
- методики программного и дистанционного управления.

Уметь:

- обоснованно делать выбор машин и оборудования для заданных горно-геологических условий и объемов горных работ;
- самостоятельно осваивать новые конструкции горных машин, их механизмов и систем;
- проводить расчеты основных параметров горного оборудования,
- определять производительность оборудования;
- осуществлять обработку полученных материалов на ЭВМ.

Владеть:

- навыками проведения расчетов рабочих нагрузок;
- методами определения основных параметров и производительности горных машин и оборудования с использованием средств вычислительной техники, обработки полученной информации и физической интерпретации данных;
- спецификой условий работы горного оборудования;
- основными направлениями автоматизации горных машин и оборудования;
- навыками использования специализированных информационных источников и литературы.

1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

На практических занятиях необходимо стремиться к самостоятельному решению задач, находя для этого более эффективные методы. При этом студентам надо приучить себя доводить решения задач до конечного «идеального» ответа. Это очень важно для будущих специалистов. Практические занятия вырабатывают навыки самостоятельной творческой работы, развивают мыслительные способности.

Практическое занятие – активная форма учебного процесса, дополняющая теоретический курс или лекционную часть учебной дисциплины и призванная помощь обучающимся освоиться в «пространстве» (тематике) дисциплины, самостоятельно прооперировать теоретическими знаниями на конкретном учебном материале.

Выполнению практических занятий предшествует проверка знаний студентов — их теоретической готовности к выполнению задания.

Работы, носящие репродуктивный характер, отличаются тем, что при их проведении студенты пользуются подробными инструкциями, в которых указаны: цель работы, пояснения (теория, основные характеристики), оборудование, аппаратура, материалы и их характеристики, порядок выполнения работы, таблицы, выводы (без формулировки), контрольные вопросы, учебная и специальная литература.

Работы, носящие частично поисковый характер, отличаются тем, что при их проведении студенты не пользуются подробными инструкциями, им не дан порядок выполнения необходимых действий, и требуют от студентов самостоятельного подбора оборудования, выбора способов выполнения работы в инструктивной и справочной литературе и др.

Работы, носящие поисковый характер, характеризуются тем, что студенты должны решить новую для них проблему, опираясь на имеющиеся у них теоретические знания.

При планировании практических занятий преподаватель использует различное сочетание репродуктивных, частично поисковых и поисковых работ, чтобы обеспечить высокий уровень интеллектуальной деятельности.

Формы организации студентов на практических занятиях:

- фронтальная,

- групповая

- индивидуальная.

При фронтальной форме организации занятий все студенты выполняют одновременно одну и ту же работу.

При групповой форме организации занятий одна и та же работа выполняется бригадами по 2—5 человек.

При индивидуальной форме организации занятий каждый студент выполняет индивидуальное задание.

Содержанием практических занятий является:

• решение разного рода задач, в том числе профессиональных (анализ производственных ситуаций, решение ситуационных производственных задач, выполнение профессиональных функций в деловых играх и т.п.);

• выполнение вычислений, расчетов, чертежей;

• изучение, заполнение, разработка инструкционных и технологических карт;

• работа с измерительными приборами, оборудованием;

• самостоятельное выполнение технологических операций;

• работа с нормативными документами, инструктивными материалами, справочниками;

• составление технической и специальной документации и др

2. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Тема 3: Элементы конструкции горных машин

Рабочий инструмент горных машин. Виды. Геометрические параметры. Исполнительные органы горных комбайнов. Классификация.
Органы перемещения.
Органы погрузки.

Тема 4: Машины для бурения.

Машины для бурения. Принципиальные схемы и конструктивные особенности бурильных машин для вращательного, ударного, ударно-вращательного и вращательно-ударного бурения. Расчет основных параметров бурильных машин.
Бурильные установки.
Буровые станки для подземного бурения.
Определение производительности и эффективности бурильных установок и буровых станков.

Тема 5: Машины для зарядки.

Машины для зарядки. Классификация, назначение и структурные схемы зарядных машин. Принципиальные схемы и конструктивные особенности зарядных машин. Расчет основных параметров зарядных машин. Определение производительности и эффективности зарядных машин.

Тема 6: Погрузочно-транспортные машины.

Погрузочно-транспортные машины. Классификация, назначение и структурные схемы погрузочных и погрузочно-транспортных машин. Определение оптимальных параметров погрузочных и погрузочно-транспортных машин. Конструктивные особенности и основные расчетные характеристики погрузочных и погрузочно-транспортных машин.

Тема 7: Машины для крепления выработок.

Машины для крепления выработок. Принципиальные схемы и конструктивные особенности машин для крепления выработок. Расчет основных параметров машин для крепления выработок. Определение производительности и эффективности машин для крепления выработок.

Тема 8: Горные комбайны и комплексы.

Горные комбайны и комплексы. Классификация, назначение и структурные схемы горных комбайнов и комплексов. Конструктивные особенности и основные расчетные характеристики горных комбайнов и комплексов.

Тема 9: Выемочно-транспортирующие машины.
Выемочно-транспортирующие машины (ВТМ). Классификация и назначение ВТМ. Конструктивные особенности бульдозеров, скреперов. Расчет основных параметров ВТМ.

Практико-ориентированные задания при выполнении практических работ:

№ п/п	**Тема**	**Содержание ответа**
1	Рабочие органы и инструмент горных машин	Описать: основные виды инструментов Проанализировать чертежи с конструкциями различных буровых станков, выявлять достоинства и недостатки каждой установки
2	Гидравлические крепи	Описать: основные виды применяемых на подземных горных работах Проанализировать по чертежам конструкции различных крепей Подобрать тип крепи для конкретных горно-геологических условий
3	Очистные комбайна	Описать: основные виды очистных комбайнов применяемых на открытых горных работах Проанализировать по чертежам конструкции различных конструкции очистных комбайнов Подобрать тип очистных комбайнов для конкретных горно-геологических условий
4	Проходческие комбайны	Описать: основные виды комбайнов применяемых на подземных горных работах Проанализировать по чертежам конструкции различных комбайнов Подобрать тип комбайна для конкретных горно-геологических условий
5	Транспортирующее и погрузочное оборудование	Описать: схему расположения силового оборудования в корпусах буровых станков и погрузчиков Определить механические характеристики различных типов двигателей Сделать выбор силового оборудования для различных типов буровых станков и погрузчиков
6	Очистные и проходческие комплексы	Описать: основные виды очистных и проходческих комплексов применяемых на подземных горных работах Проанализировать по чертежам конструкции различных конструкции очистных и проходческих комплексов Подобрать тип очистных и проходческих комплексов для конкретных горно-геологических условий

Примеры заданий:

1. Определение максимально возможной производительности комбайна
2. Расчет главного параметра качества ремонта.
3. Расчёт производительности оборудования для подземных разработок.

3. ВИДЫ КОНТРОЛЯ

Оценивание практических работ проводится дифференцированно (по пятибалльной системе) и при определении оценок за семестр рассматривается как один из основных показателей текущего учета знаний.

Вопросы для опроса:

1. Оборудование для крепления выработок.
2. Механизация возведения сборной, анкерной, набрызгбетонной и бетонной монолитной крепи.
3. Механизированные гидравлические крепи.
4. Очистные комбайны. Конструкции комбайнов для наклонных и крутонаклонных пластов. Технические характеристики комбайнов.
5. Очистные комплексы и агрегаты. Увязка параметров машин комплекса и агрегата.
6. Проходческие и нарезные комбайны. Определение производительности проходческих и нарезных комбайнов.
7. Управление комплексами и агрегатами в профиле пласта.
8. Системы перемещения очистных и проходческих машин. Конструкции органов перемещения.
9. Устойчивость горных машин. Устойчивость секций механизированных крепей.
10. Автоматизация горных машин. Программное и дистанционное управление.
11. Проходческие комбайны
12. Классификация и требования, предъявляемые к проходческим комбайнам
13. Стреловые проходческие комбайны
14. Буровые проходческие комбайны для проведения горизонтальных выработок
15. Буровые комбайны для проведения наклонных и вертикальных выработок
16. Нарезные комбайны
17. Тенденции развития горнопроходческих комбайнов
18. Очистные комбайны
19. Классификация и требования, предъявляемые к очистным комбайнам
20. Конструкции и компоновка очистных комбайнов
21. Перспективы совершенствования очистных комбайнов
22. Оборудование для крепления и управления кровлей в очистном забое
23. Классификация и требования, предъявляемые к механизированным крепям
24. Конструкции механизированных гидравлических крепей для лав
25. Современные тенденции развития механизированных крепей
26. Очистные и проходческие комплексы и агрегаты
27. Классификация очистных и проходческих комплексов
28. Компоновочные схемы очистных комплексов и агрегатов
29. Выбор оборудования и согласование режимных параметров
30. Схемы работы очистных комплексов (агрегатов) и автоматизация их управления функциональных машин очистных комплексов и агрегатов
31. Комплекты, комплексы и агрегаты для проведения подготовительных выработок
32. Оборудование для возведения крепи из сборных элементов
33. Комбайновые комплексы для проведения подготовительных выработок

Критерии оценивания: полнота и правильность ответа на вопрос, наличие вывода, соблюдение нормы литературной речи, владение профессиональной лексикой. Каждый показатель – 1 балл

Критерии оценки:

Ответ правильный, всесторонне и глубоко освещает предложенный вопрос, показывает умение студента делать выводы, соблюдать нормы литературной речи, владение профессиональной лексикой (полный и правильный ответ) – 4 балла.

Ответ отвечает основным предъявляемым требованиям - студент обстоятельно владеет материалом, показывает умение делать выводы, соблюдать нормы литературной речи, владение профессиональной лексикой, однако не на все вопросы дает глубокие, исчерпывающие и аргументированные ответы (неточный, правильный ответ) – 3 балла.

Ответ неполно раскрывает поставленные вопросы, студент поверхностно отвечает на вопросы, допускает существенные недочеты - затрудняется делать выводы, использовать нормы литературной речи, профессиональной лексики (неточный и неполный ответ) – 2 балла.

Ответы на вопросы неправильны или не отличаются аргументированностью. Студент не показывает необходимых минимальных знаний, бытовая речь, неумение делать выводы, а также, если студент отказывается отвечать (неправильный ответ, отказ от ответа) – 1 балл.

Два и более существенных дополнения к ответу – 3 балла.

Одно существенное дополнение к ответу на вопрос – 1 балл

ЛИТЕРАТУРА

1. **Горные машины для подземной разработки месторождений полезных ископаемых**: учебное пособие / Н. М. Суслов, А. П. Комиссаров; Министерство образования и науки РФ, Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург: УГГУ, 2017. - 155 с. : ил. - Библиогр.: с. 151-154. - **ISBN** 978-5-8019-0416-0
2. Тургель Д.К. Горные машины и оборудование подземных разработок: учебное пособие / Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург: УГГУ, 2007. - 302 с. : ил. - Библиогр.: с. 298-299.
3. Иванов И.Ю. Рабочий инструмент горных машин: методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Горные машины и оборудование подземных горных работ" для студентов специальности 21.05.04 - "Горное дело" специализации "Горные машины и оборудование" очного и заочного обучения / И. Ю. Иванов. - Екатеринбург: УГГУ, 2018. - 23 с.: рис., табл. - Библиогр.: с. 22.
4. Иванов И.Ю. Погрузочно-доставочные машины: методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Горные машины и оборудование подземных горных работ" для студентов специальности 21.05.04 - "Горное дело" специализации "Горные машины и оборудование" очного и заочного обучения / И. Ю. Иванов. - Екатеринбург: УГГУ, 2018. - 22 с.: рис., табл. - Библиогр.: с. 21.
5. Комплексы для проходки восстающих выработок: методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Горные машины и оборудование подземных горных работ" для студентов специальности 21.05.04 - "Горное дело" специализации "Горные машины и оборудование" очного и заочного обучения / И. Ю. Иванов. - Екатеринбург: УГГУ, 2018. - 23 с. : ил. - Библиогр.: с. 22.
6. Комиссаров А.П., Суслов Н.М., Тургель Д.К. Горные машины для разработки рудных месторождений: учеб. пособие / Уральская гос. горно-геологическая академия. - Екатеринбург: УГГГА, 1994. - 108 с. : ил. - Библиогр.: с. 105.
7. Очистные комбайны/ Мутыгуллин А.В. [и др.]. – Изд-во «Горное дело» ООО «Киммерийский центр»: 2014. – 576 с. http://library.gorobr.ru/catalog/gornoe-delo?view=content&id=30060

Министерство образования Российской Федерации

Уральская государственная горно-геологическая академия

Т. П. Бебенина, С. И. Часс, Н. В. Савинова

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ГИДРОДИНАМИКЕ

Екатеринбург

2004

Министерство образования Российской Федерации
Уральская государственная горно-геологическая академия

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горномеханического факультета

"__3_" ноября_____2003г.

Председатель комиссии, проф.

_____Н.Б. Ситников

Т. П. Бебенина, С. И. Часс, Н. В. Савинова

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ГИДРОДИНАМИКЕ

Издание УГГГА Екатеринбург, 2004

Лабораторный практикум по гидродинамике./Т.П. Бебенина, С.И. Часс, Н.В. Савинова; Уральская госуд. горно-геол. академия. Каф. технической механики. - Екатеринбург: Изд. УГГГА, 2004. - 69с.

Методическое пособие составлено в соответствии с программами курса «Гидромеханика» и «Гидравлика».

Лабораторный практикум по гидродинамике содержит теоретические основы гидравлического экспериментирования, методы и технику выполнения лабораторных работ, материалы для обработки экспериментальных данных и оценки точности эксперимента. Практикум включает основные лабораторные работы по разделу «Гидродинамика» и предназначен в качестве учебного пособия для студентов всех специальностей, изучающих гидравлические дисциплины.

Методическая разработка рассмотрена на заседании кафедры технической механики 04.07.2003 года (протокол № 45) и рекомендована для издания.

Р е ц е н з е н т – Л.И. Пастухова, канд. техн. наук, доцент кафедры гидравлики УГТУ (УПИ).

© Уральская государственная горно-геологическая академия, 2004

Содержание

1. ***Лабораторная работа №1***. Экспериментальное изучение уравнения Д.Бернулли. 4

2. ***Лабораторная работа №2.*** Изучение режимов движения жидкости 20

3. ***Лабораторная работа №3.*** Определение потерь напора по длине и коэффициента гидравлического трения. 28

4. ***Лабораторная работа №4***. Определение местных потерь напора и коэффициентов местных сопротивлений. 41

5. ***Лабораторная работа №5***. Истечение жидкости через отверстие и насадки. 51

6. ***Лабораторная работа №6***. Определение эквивалентной шероховатости. 63

Список использованной литературы. 69

Лабораторная работа № 1

Экспериментальное изучение уравнения Бернулли

Уравнение Бернулли – одно из основных уравнений прикладной гидродинамики. С его помощью решается широкий круг инженерных задач. Принцип действия многих приборов для измерения скорости и расхода потока жидкости основан на использовании уравнения Бернулли.

В гидравлике уравнение Бернулли используется трёх видов:

- для элементарной струйки идеальной жидкости,
- для элементарной струйки вязкой жидкости,
- для потока реальной (вязкой) жидкости.

Вывод каждого последующего уравнения базируется на предыдущем. В то же время каждое уравнение имеет самостоятельное значение и свой круг задач, решаемых с его помощью.

1.1.Теоретические положения

Уравнение Бернулли - уравнение движения жидкости, устанавливающее связь между давлением, скоростью и положением сечения потока или, иначе, между удельной кинетической и удельной потенциальной энергией:

- для элементарной струйки идеальной жидкости

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{u_2^2}{2g}; \qquad (1.1)$$

- для элементарной струйки вязкой жидкости

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{u_2^2}{2g} + h'_{w_{1-2}}; \qquad (1.2)$$

- для потока реальной (вязкой) жидкости

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_{w_{1-2}}. \qquad (1.3)$$

Индексы **1** и **2** соответствуют номерам сечений потока, расположенных по ходу движения жидкости.

В уравнениях приняты обозначения:

z – расстояние по вертикали от плоскости сравнения до центра живого сечения, м;

p – абсолютное давление в центре сечения, Па;

ρ - плотность жидкости, кг/м^3;

g - ускорение свободного падения, м/с^2;

u - действительная скорость в ***сечении струйки*** или в ***точке сечения*** потока, м/с;

v - средняя скорость в сечении потока, м/с;

α - коэффициент Кориолиса;

$\mathbf{h'_w}$, $\mathbf{h_w}$ – потери энергии (напора) при движении единицы веса жидкости между двумя сечениями струйки и потока.

1.1.1. Энергетическая интерпретация уравнения Бернулли

Все слагаемые уравнения Бернулли выражают энергетические характеристики жидкости, а именно ***удельные*** (т.е. соответствующие ***единице веса*** жидкости) энергии:

z – ***удельная потенциальная энергия положения***;

$\frac{p}{\rho g}$ - ***удельная потенциальная энергия давления;***

$\frac{u^2}{2g}, \frac{\alpha v^2}{2g}$ - ***удельная кинетическая энергия*** движущейся жидкости;

$z + \frac{p}{\rho g} + \frac{\alpha v^2}{2g}$ - ***удельная механическая (полная) энергия***.

Для ***идеальной*** жидкости удельная механическая энергия остается постоянной во всех сечениях одной и той же элементарной струйки, взятых по ее длине, т.е. уравнение Бернулли (1.1) выражает ***закон сохранения энергии.***

Движение ***вязкой*** жидкости вызывает обязательное появление касательных напряжений в соответствии с законом вязкого трения. Работа касательных напряжений приводит к переходу части механической энергии в тепло, которое рассеивается по всему объему жидкости и теряется безвозвратно. Поэтому в уравнение Бернулли (1.2) вводится дополнительный член $\mathbf{h'_{w1\text{-}2}}$, учитывающий затраты энергии при движении между двумя сечениями струйки.

Поток жидкости конечных размеров теоретически представляется в виде совокупности бесчисленного множества элементарных струек. И, переходя от струйки к целому потоку жидкости, энергию струек, входящих в сечение потока, складывают. При этом удельная потенциальная энергия для потока жидкости с ***установившимся равномерным*** движением выражается так же, как и для струйки, вследствие справедливости для данного вида движения гидростатического закона распределения давления: для всех точек одного и того же сечения $\mathbf{z + p/(\rho g) = const}$.

При определении кинетической энергии в сечении потока необходимо учитывать закон распределения скорости по живому сечению, который весьма сложен и зависит от режима течения. Поэтому для практических расчетов при решении ***одномерных*** задач вводят понятие средней скорости, по которой и определяют удельную кинетическую энергию в сечении потока. ***Средняя скорость*** – это скорость, постоянная во всех точках сечения, при которой расход остается таким же, как при действительном распределении скоростей в точках сечения:

$$\mathbf{v = Q/\omega}, \qquad (1.4)$$

где $\mathbf{Q}$ – расход жидкости;

$\boldsymbol{\omega}$ – площадь живого сечения потока.

При определении кинетической энергии по средней скорости появляется ошибка, которую устраняют введением коэффициента $\boldsymbol{\alpha}$, называемым коэффициентом Кориолиса (коэффициентом корреляции кинетической энергии) и учитывающим неравномерность распределений действительной скорости. Тогда удельная кинетическая энергия для потока имеет вид: $\alpha v^2/2g$

Уравнение Бернулли для ***потока*** вязкой жидкости – это уравнение ***баланса удельной энергии*** при движении жидкости между двумя сечениями, записанное на основе закона сохранения энергии, где затраты удельной механической энергии, вызванные вязким трением, учтены слагаемым $\mathbf{h_{w_{1\text{-}2}}}$.

1.1.2. Геометрическая интерпретация уравнения Бернулли

Все слагаемые, входящие в уравнение Бернулли, имеют размерность длины и характеризуют следующие высоты (или напоры):

- $\mathbf{z}$ - ***геометрическая высота (геометрический напор)*** - высота положения центра сечения, которая отсчитывается по вертикали от выбранной горизонтальной ***плоскости сравнения***;
- $\dfrac{\mathbf{p}}{\rho \mathbf{g}}$ - ***пьезометрическая высота (пьезометрический напор)***, определяется с помощью пьезометра, установленного в рассматриваемом сечении потока;
- $\dfrac{\alpha v^2}{2g} = \mathbf{H_{ск}}$ - ***скоростной напор*** (или высота скоростного напора).

Сумма геометрического и пьезометрического напоров называется ***гидростатическим напором***:

$$\mathbf{z + \frac{p}{\rho g} = H_{ст}}. \qquad (1.5)$$

Гидростатический и скоростной напоры в сумме составляют ***полный напор:***

$$H = H_{ст} + H_{ск} = z + \frac{p}{\rho g} + \frac{\alpha v^2}{2g}. \qquad (1.6)$$

Геометрическая интерпретация слагаемых уравнения обусловлена их экспериментальным определением, которое поясняется рис. 1.1. Отсчитывая для сечения геометрический **z** и пьезометрический **p/(ρg)** напоры по одной шкале с нулем, расположенным на плоскости сравнения 0-0, по уровню воды в пьезометре сразу получаем величину ***статического напора*** $H_{ст}$.

Полный напор **H** в ***точке*** сечения, например, в его центре, может быть определен ***трубкой Пито***. Это стеклянная трубка, один конец (носик) которой загнут под углом 90° и установлен навстречу потоку (см. рис. 1.1). По уравнению Бернулли можно получить, что труб-



Рис.1.1. Экспериментальное определение статического, полного и скоростного напоров

ка Пито определяет величину полного напора **H**, а разность показаний трубки Пито и пьезометра соответствует величине скоростного напора в данной точке сечения

$$\frac{u^2}{2g} = H_{ск}. \qquad (1.7)$$

На этом основано определение действительной скорости **u** в ***точке*** потока, в которой располагается носик трубки Пито:

$$u = \sqrt{2gH_{ск}}. \qquad (1.8)$$

1.1.3.Диаграмма уравнения Бернулли, ее построение и анализ

При движении потока жидкости в трубе переменного сечения с изменением диаметра имеют место:

- перераспределения видов механической энергии (напоров);
- затраты энергии на преодоление гидравлических сопротивлений.

Это отражается с помощью диаграммы.

Графическое изображение напоров в сечениях, взятых по длине потока и связанных уравнением Бернулли, называют ***диаграммой уравнения.***

Построение диаграммы для трех сечений трубопровода рассмотрено на рис. 1.2.

На трубопроводе намечены сечения 1-1, 2-2, 3-3 с различными диаметрами d_1, d_2, d_3. В сечениях установлены пьезометры, по которым в каждом сечении определяется статический напор. На схеме трубопровода в принятом масштабе для каждого сечения от выбранной горизонтальной плоскости сравнения 0-0 откладывается величина статического напора $H_{ст}$, в которую входят геометрический **z** и пьезометрический **p/(ρg)** напоры.

Линия, соединяющая значения статических напоров в сечениях по длине потока, называется ***пьезометрической линией***. Эта линия наглядно показывает изменения давления в сечениях, вызванные измене-

ниями их размеров. При переходе от большего сечения 1-1 к меньшему 2-2 давление падает, к большему 3-3 - вновь возрастает, т.е., пьезометрическая линия для трубопровода переменного сечения по ходу движения жидкости может как опускаться, так и подниматься. Затем в каждом сечении рассчитывается средняя скорость **v** и скоростной напор $\alpha v^2/(2g)$. По условию неразрывности потока скоростной напор в сечении 2-2 больше скоростного напора в сечении 1-1, т.е. часть потенциальной энергии жидкости преобразуется в кинетическую. Это подтверждено на диаграмме (см. рис. 1.2) падением пьезометрической линии. И, наоборот, при переходе к большему сечению 3-3 скоростной напор уменьшается, давление возрастает. Пьезометрическая линия поднимается.

Складывая статический напор $\mathbf{H_{ст}}$ с рассчитанным скоростным напором $\alpha v^2/(2g)$, в каждом сечении определяют полный напор **H**.



Рис.1.2. Диаграмма уравнения Бернулли для потока вязкой жидкости

Линия, соединяющая на диаграмме значения полных напоров в сечениях по длине потока, называется ***линией полного напора или линией полной удельной энергии.*** Полный напор в сечениях потока непрерывно уменьшается на величину ***потерь напора*** (напора, затраченного на преодоление гидравлических сопротивлений), поэтому ***линия полного напора*** обязательно ***понижается*** по ходу движения жидкости.

Проведя горизонтальную линию на уровне полного напора в ***первом*** сечении (линию начального напора), получают на диаграмме область, называемую ***эпюрой потерь напора***, заштрихованную вертикальными штриховыми линиями. Их высота соответствует разностям полного напора в сечении 1-1 и в любом последующем сечении, и показывает потери напора в гидравлических сопротивлениях от начала движения до рассматриваемого сечения.

1.2. Выполнение лабораторной работы

1.2.1. Цель лабораторной работы

Основная цель - научиться определять параметры, входящие в уравнение Бернулли:

- на напорном трубопроводе переменного сечения проследить по приборам переход потенциальной энергии в кинетическую и обратно (при изменении размера сечений) в соответствии с уравнением Бернулли;
- по опытным данным построить диаграмму уравнения Бернулли, а именно, пьезометрическую линию, линию полного напора и эпюру потерь напора;
- проанализировать построенную диаграмму;
- для указанных сечений определить скоростной напор с помощью трубки Пито и пьезометра, рассчитать максимальную скорость в сечении и сравнить ее со средней скоростью потока в данном сечении.

1.2.2. Описание лабораторной установки

Опытная установка (рис. 1.3, **б**) состоит из напорного бака, наклонно расположенной трубы переменного сечения и мерной емкости. В напорный бак для поддержания постоянного напора во время проведения опыта может подаваться вода с помощью подпиточной трубы из системы водоснабжения или с помощью насоса из зумпфа. Труба переменного сечения снабжена регулирующим вентилем и пробковым краном для обеспечения установившегося движения при проведении опыта.

Рабочий участок трубы расположен на стенде и выполнен из оргстекла. На стенде обозначена ***плоскость сравнения***, принятая за «0» шкалы, и выполнена градуировка по вертикали (цена деления – 1 см).

По длине рабочего участка трубы для выполнения лабораторной работы выбраны 19 характерных сечений, отражающих все изменения ее конфигурации и отвечающих целям работы. В каждом таком сечении выведены штуцеры для присоединения к пьезометрическим трубкам и для установки трубок Пито (в сечениях 1, 2, 4, 7, 11, 15, 19).

На участке трубы от 13 до 19 сечения имеются штуцеры для отбора жидкости по пути следования. Это – путевой расход $\mathbf{Q_{пут}}$. Для определения его величины предназначена мерная емкость – бак, который имеет градуировку с ценой деления 5000 см^3.На трубе за рабочим участком установлен расходомер – механический счетчик количества протекающей жидкости. Он предназначен для измерения объема транзитного расхода $\mathbf{Q_{тр}}$, т.е., расхода, который присутствует в трубе от начала до конца.

Кроме упомянутых приборов в работе используются секундомеры для определения времени заполнения фиксированного объема воды в мерном баке и при работе с расходомером.

Экспериментальные данные во время выполнения работы заносятся в бланк с таблицей и со схемой установки (см. рис. 1.3). Бланк по ходу обработки эксперимента заполняется расчетными данными и затем на нем с использованием схемы трубопровода строится диаграмма уравнения Бернулли.

1.2.3. Порядок выполнения работы

1. На установке с помощью подпиточной трубы, регулирующего вентиля и пробкового крана обеспечивается установившееся движение жидкости (вместо подпиточной трубы может быть использован насос).

2. Затем в ***каждом*** сечении снимаются ***показания пьезометров*** и заносятся в первую строку бланка отчета.

3. В сечениях, где установлены трубки Пито, определяется ***разность показаний трубки Пито и пьезометра***, что соответствует величине скоростного напора в точке установки трубки Пито, т.е. по оси потока. Данные заносятся в 7-ю строку бланка.

4. На установке работает бригада из нескольких человек. ***Одновременно*** со снятием показаний пьезометров проводится определение ***времени заполнения указанного объема воды*** в мерном баке и ***времени прохождения установленного объема*** по водомеру.

1.2.4. Обработка результатов эксперимента

1. Расход определяется объёмным методом:

$$\mathbf{Q_{пут} = W_{пут} / t_{пут}};\qquad \mathbf{Q_{тр} = W_{тр} / t_{тр}};\qquad (1.9)$$

$$\mathbf{Q = Q_{пут} + Q_{тр}},\qquad (1.10)$$

где $\mathbf{W_{пут}}$; $\mathbf{W_{тр}}$ – объём путевого расхода и объём транзитного расхода, см^3;

$\mathbf{t_{пут}}$; $\mathbf{t_{тр}}$ – соответствующее время, с.

По приведенным формулам определяется величина расхода в сечениях с **1** по **13**.

Определение расхода в последующих сечениях зависит от количества штуцеров, открытых во время опыта. Рассмотрим несколько примеров.

а) ОБРАБОТКА ОПЫТНЫХ ДАННЫХ

Объем транзитного расхода $W_{тр}$= см^3; время прохождения транзитного расхода $t_{тр}$= с; транзитный расход $Q_{тр}$= см^3/с

Объем путевого расхода $W_{пут}$= см^3; время заполнения объема путевого расхода $t_{пут}$= с; путевой расход $Q_{пут}$= см^3/с

Общий расход воды $Q = Q_{тр} + Q_{пут}$= см^3/с, Q_{19}= см^3/с, Q_{18}= см^3/с, Q_{17}= см^3/с

№№ пп	Наименование параметров	Номера сечений																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1.	Статический напор (удельная потенциальная энергия) $z + p/\rho g$, см																			
2.	Площадь живого сечения ω, см^2																			
3.	Средняя скорость в сечении v, рассчитанная через расход $v = Q/\omega$, см/с																			
4.	Скоростной напор в сечении (удельная кинетическая энергия) $\alpha v^2/2g$, см; при α=1,1																			
5.	Полный напор в сечении (полная удельная энергия) $z + \frac{p}{\rho g} + \frac{\alpha v^2}{2g}$, см																			
6.	Потери напора h_w, см (рассчитываются относительно сечения 1)																			
7.	Скоростной напор по оси потока $u^2/2g$, см																			
8.	Скорость по оси потока u, см/с																			

б)

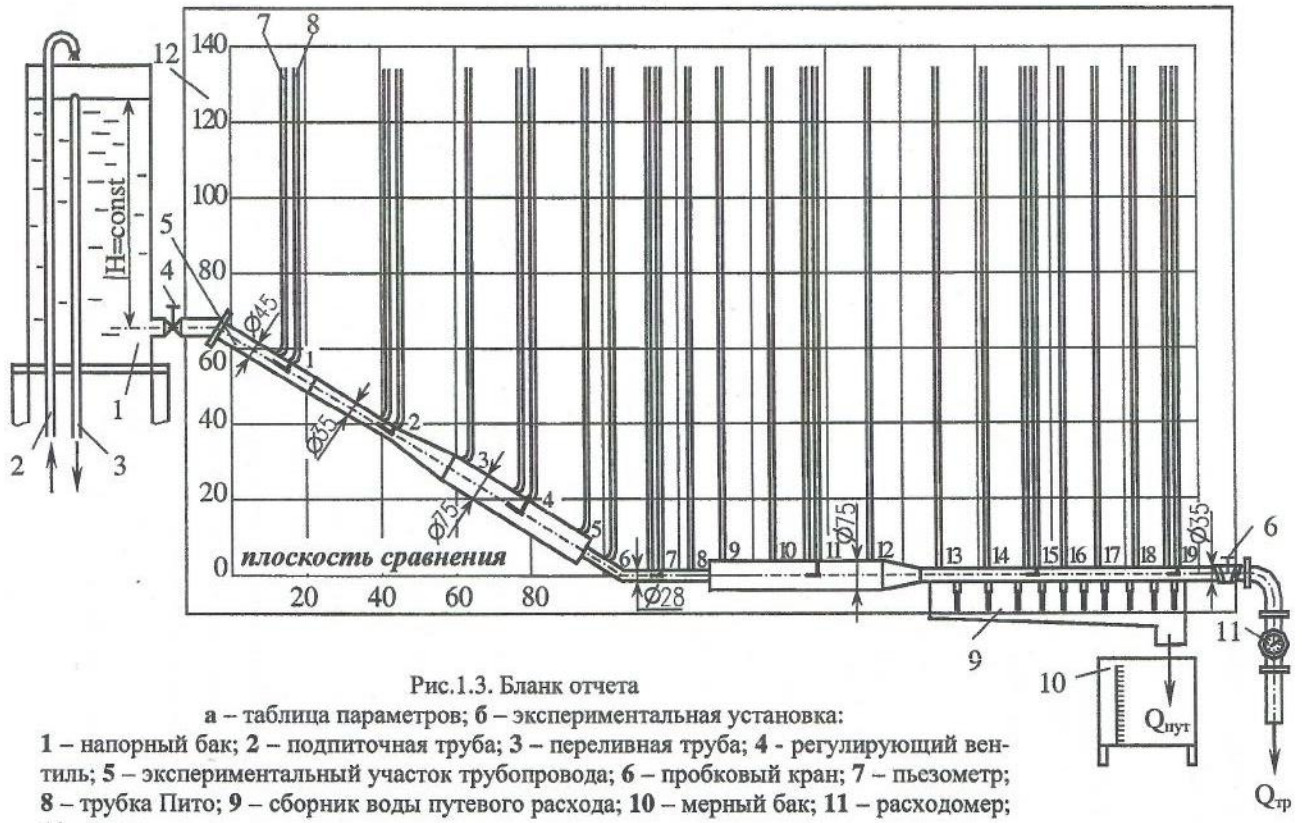


Рис.1.3. Бланк отчета

а – таблица параметров; **б** – экспериментальная установка:

1 – напорный бак; **2** – подпиточная труба; **3** – переливная труба; **4** - регулирующий вентиль; **5** – экспериментальный участок трубопровода; **6** – пробковый кран; **7** – пьезометр; **8** – трубка Пито; **9** – сборник воды путевого расхода; **10** – мерный бак; **11** – расходомер; **12** - стенд

Открыто 3 последних отверстия.

Расход **Q** для сечений с1-го по17-ое определяется по формуле (1.10), для 18-го сечения - $Q_{18} = Q - Q_{пут}/3$; для 19-го - $Q_{19} = Q_{тр}$.

Открыто 4 последних отверстия.

Расход **Q** для сечений с1-го по17-ое определяется по формуле (1.10), для 18-го сечения - $Q_{18} = Q - 2Q_{пут}/4$; для 19-го - $Q_{19} = Q_{тр}$.

Открыто 5 последних отверстий.

Расход **Q** для сечений с1-го по16-ое определяется по формуле (1.10), для 17-го сечения - $Q_{17} = Q - Q_{пут}/5$; для 18-го - $Q_{18} = Q - 3Q_{пут}/5$; для 19-го - $Q_{19} = Q_{тр}$.

При увеличении количества открытых отверстий определение расхода выполняется аналогично. Если работа выполняется без путевого расхода, то $Q = Q_{тр}$.

2. Определяются площади живых сечений:

$$\omega = \pi d^2 / 4 \qquad (1.11)$$

3. Определяется средняя скорость во всех сечениях:

$$v = Q / \omega$$

4. Определяется скоростной напор по средней скорости:

$$H_{ск} = \alpha v^2 / (2g)$$

(при расчете принять: коэффициент Кориолиса $\alpha = 1{,}1$; ускорение свободного падения $g = 981$ см/с^2).

5. Определяется полный напор во всех сечениях:

$$H = H_{ст} + H_{ск} = z + p/(\rho g) + \alpha v^2/(2g)$$

6. Определяются потери напора в гидравлических сопротивлениях от начала движения жидкости, за которое принимается сечение 1, до каждого последующего сечения

$$h_{w1\text{-}i} = H_1 - H_i, \qquad (1.12)$$

где **i** – номер сечения, **i** =1, 2, 3, …,19.

7. По полученному с помощью трубок Пито и пьезометра скоростному напору, определяется максимальная скорость в сечении:

$$u_{max} = \sqrt{2gH_{ск}}.$$

8. Строится диаграмма уравнения. Для этого на схеме установки в масштабе откладываются в каждом сечении значения статического напора $H_{ст} = z + p/(\rho g)$, которые соединяются отрезками ломаной линии. Это – ***пьезометрическая линия***. Затем выше, также для каждого сечения, откладываются значения полного напора $H = z + p/(\rho g) + \alpha v^2/(2g)$ и тоже соединяются прямыми отрезками. Это – ***линия полного напора***. После построения линии полного напора нужно построить эпюру потерь напора. Для этого через точку, соответствующую полному напору в сечении **1**, проводят горизонтальную линию. Это - линия ***начального напора***. Участок между линиями начального напора и полного напора заштриховывается вертикальной штриховкой. Это – ***эпюра потерь напора***. Каждая штриховая линия соответствует потерям напора между первым и любым последующим сечением.

9. Оценить точность определения полного напора для одного из сечений, указанного преподпвателем:

$$\delta H = \frac{\Delta H}{H} = \left| \frac{\Delta(z + \frac{p}{\rho g})}{(z + \frac{p}{\rho g})} \right| + \left| \frac{2\Delta W}{W} \right| + \left| \frac{2\Delta t}{t} \right| \qquad (1.13)$$

где $\Delta(z + \frac{p}{\rho g})$ - абсолютная ошибка показания пьезометра, равная 0,5 цены деления прибора; ΔW - абсолютная ошибка определения объема, равная 0,2 цены деления шкалы мерного бака; Δt - абсолютная ошибка определения времени, принимается равной 0.5 цены деления секундомера.

1.2.5. Вопросы для самопроверки и составления выводов по работе

1. Какой закон выражает уравнение Бернулли?

2. Какой напор называется статическим? Как экспериментально определяется в работе статический напор в сечениях по длине трубы?

3. Какая линия называется пьезометрической?

4. Проанализируйте изменения пьезометрической линии: на каких участках происходит ее понижение или повышение, чем оно обусловлено; наблюдаются ли скачки пьезометрической линии, на каких участках и чем вызваны?

5. Как изменяется пьезометрическая линия на участке постоянного сечения с путевым расходом?

6. Каков геометрический смысл каждого слагаемого в уравнении Бернулли?

7. Каков энергетический смысл каждого члена уравнения Бернулли и всего уравнения в целом?

8. Какая скорость входит в уравнение Бернулли для потока реальной жидкости, как она определяется?

9. Как определяется расход в лабораторной работе?

10. Как определяется полный напор в сечении?

11. Какие линии, кроме пьезометрической, строятся на диаграмме уравнения Бернулли?

12. Проанализируйте характер линии полного напора по длине трубы: имеется ли подъем линии? резкие падения, чем вызваны?

13. Как определяются потери напора в сечениях, как строится эпюра потерь напора?

14. Каким прибором можно определить скорость в данной точке сечения потока?

15. Сопоставьте значения средней скорости в сечении со скоростью по оси потока в том же сечении? Какая из них больше и почему?

16. Что такое геометрический, пьезометрический и гидравлический уклон? Какой уклон может быть только положительным?

Состав отчета

Отчет составляется на стандартных листах формата А4 и содержит:

- краткие теоретические положения, обязательно включающие используемые расчетные формулы с расшифровкой обозначений и их единицами измерения;
- бланк с заполненной таблицей и построенной диаграммой, на которой должны быть подписаны основные линии и для одного из сечений показаны все напоры;
- выводы по работе, в которых даются подробные ответы на следующие вопросы: 4, 5, 12, 15.

Лабораторная работа № 2

Изучение режимов движения жидкости

2.1. Теоретические положения

Современные представления о двух режимах движения жидкости сформировались в результате работ английского физика Осборна Рейнольдса, опубликованных в 1883-1885 годах и обобщивших экспериментальные исследования многих ученых. Было замечено, что затраты энергии на преодоление гидравлических сопротивлений при движении потока существенно зависят от характера движения жидкости. Было доказано наличие двух режимов движения – ламинарного и турбулентного.

Ламинарным называется упорядоченное течение жидкости, при котором жидкость в потоке перемещается как бы слоями, струйками, параллельными направлению течения, не перемешивающимися друг с другом. Ламинарный режим наблюдается при движении жидкостей с малыми скоростями или при движении очень вязких жидкостей.

Турбулентный режим – форма течения жидкости, при которой частицы совершают неустановившееся движение по сложным траекториям, слойность движения жидкости нарушается, появляется пульсация скорости, вызывающая более или менее интенсивное перемешивание жидких частиц в потоке.

Переход от ламинарного течения к турбулентному может начинаться со случайных возмущений параметров потока. Но пока скорости малы, возмущения затухают за счет действия сил вязкого трения. С увеличением скорости и ростом сил инерции возмущения приводят к потере устойчивости ламинарного режима и переходу его в турбулентный.

Гидродинамическая характеристика, определяющая режим движения жидкости, называется ***числом Рейнольдса*** **Re**. Расчетная зависимость числа Рейнольдса:

- для потоков любого профиля

$$\mathbf{Re} = \frac{\mathbf{v}l}{\nu}; \qquad (2.1)$$

- для трубопроводов круглого сечения:

$$\mathbf{Re} = \frac{\mathbf{v}\mathbf{d}}{\nu}; \qquad (2.2)$$

где **v** – средняя скорость потока, м/с;

l – линейная характеристика потока, м;

d – диаметр трубы, м;

ν – кинематический коэффициент вязкости жидкости, $м^2/с$.

Скорость течения жидкости, при которой происходит переход от одного режима движения к другому, называется ***критической*** ($v_{кр}$). Число Рейнольдса, соответствующее критической скорости, так же называют критическим:

$$\mathbf{Re}_{кр} = \mathbf{v}_{кр}\mathbf{d}/\nu.$$

В технических расчётах для течения в круглых трубах принято значение критического числа Рейнольдса $\mathbf{Re}_{кр} = 2300$.

Ламинарный режим движения будет устойчивым для круглых труб при числах Рейнольдса $\mathbf{Re} < 2300$.

При $\mathbf{Re} > \mathbf{Re}_{кр}$ режим движения будет турбулентным.

Практически переход от ламинарного движения к турбулентному происходит в некотором диапазоне чисел Рейнольдса от нижнего критического $\mathbf{Re}_{кр}^{н} = 2300$ до верхнего критического $\mathbf{Re}_{кр}^{в} = 4000$. Область неустойчивого движения при расчетах относят к турбулентному течению, хотя визуально режим кажется близким к ламинарному.

2.2. Выполнение лабораторной работы

2.2.1. Цель работы

Изучить опытным путём с помощью подкрашивания струек воды наличие двух режимов движения. Рассчитать значения чисел Рейнольдса во всех опытах.

Сравнить визуальные наблюдения режимов движения с теоретическими расчётами.

2.2.2. Описание лабораторной установки

Установка Рейнольдса является классической для изучения режимов движения вязкой жидкости. На рис. 2.1. представлена схема установки, аналогичная установке Рейнольдса. Установка состоит из напорного бака **1** с постоянным уровнем жидкости. Из бака выведена стеклянная труба **2**, имеющая плавный скругленный вход для обеспечения минимальных потерь напора при формировании потока в трубе. Диаметр трубы - **d** = 30 мм, длина - l = 2,5 м. Регулирующий кран **3** служит для изменения скорости движения воды по трубе. Промежуточный резервуар **4** предназначен для смягчения гидравлического удара при открытии и закрытии крана. Объём воды в опыте измеряется мерным бачком **5**. Температура жидкости в питающем резервуаре регистрируется термометром **6**.

Для визуального наблюдения за распределением струек жидкости в потоке к трубе подводится красящая жидкость по двум капиллярным трубочкам из сосуда **7** с красителем. Поступление краски регулируется зажимом **8**.

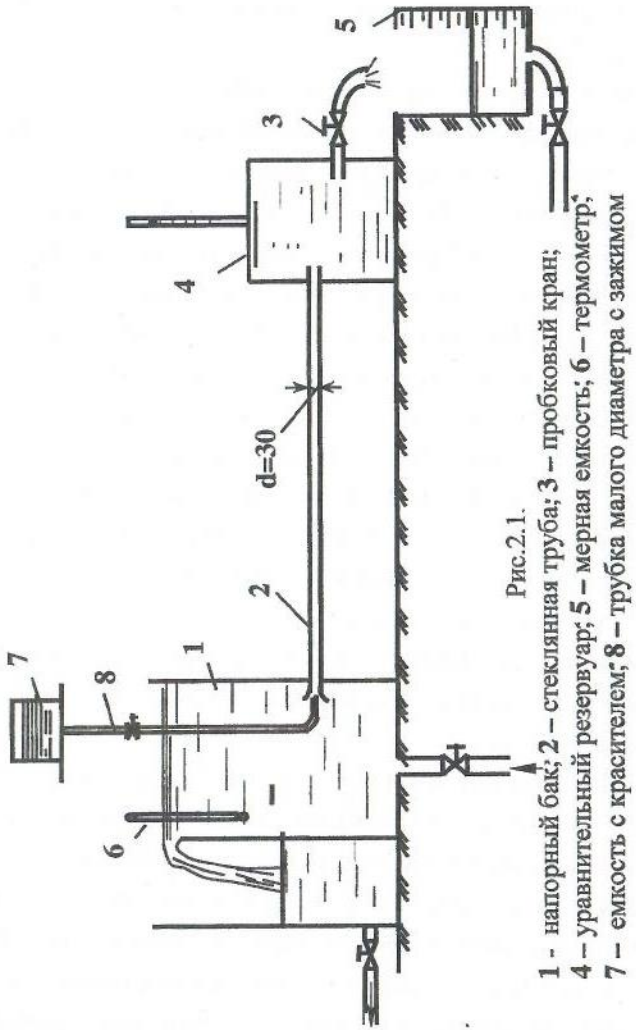


Рис.2.1.
1 - напорный бак; **2 –** стеклянная труба; **3 –** пробковый кран;
4 – уравнительный резервуар; **5 –** мерная емкость; **6 –** термометр;
7 – емкость с красителем; **8 –** трубка малого диаметра с зажимом

2.2.3. Порядок выполнения лабораторной работы

1. Ознакомиться с установкой и с назначением каждого её элемента и устройства.

2. Записать показания термометра в табл. 2.1.

3. Опыт начинается с малых скоростей. Пробковому крану дается небольшое открытие. Одновременно ослабляется зажим у сосуда с красителем. Добиваются, чтобы скорость поступления красителя по двум капиллярным трубочкам была равна скорости движения воды в стеклянной трубе. Визуально наблюдают поведение окрашенных струек в потоке. При малых скоростях наблюдается параллельно-струйное, прямолинейное, послойное движение воды. В процессе опыта по секундомеру определяется время наполнения 1 литра воды в мерной ёмкости.

4. Пробковому крану дается большее открытие, опыт повторяется. Снова визуально наблюдается поведение окрашенных струек и фиксируется время наполнения принятого объёма воды в мерной ёмкости. Картина опыта снова зарисовывается, если она изменилась.

5. При постепенном открытии крана желательно уловить визуально момент перехода от ламинарного режима к турбулентному, т.е. режиму неустойчивого движения. Окрашенные струйки начинают колебаться, двигаться волнообразно. Скорость движения в этом опыте следует зафиксировать как критическую.

6. В последующих опытах крану дается наибольшее открытие, при котором наблюдаются сильные пульсации, завихрение струек, и наступает момент, когда краска полностью размывается. Это свидетельствует о турбулентном режиме движения. Картину опыта нужно зарисовать.

7. В последнем опыте следует пронаблюдать переход от турбулентного режима к ламинарному, для чего постепенно прикрывать кран.

8. Все опытные данные занести в табл. 2.1, сделать необходимые расчёты и зарисовки траекторий струек в каждом опыте. Для каждого опыта подсчитать значение числа Рейнольдса и сделать заключение о режиме движения.

Таблица 2.1.

Определение режимов движения воды

Наименование параметров	Номер опыта				
	1	2	3	4	5
1. Диаметр трубы **d**,см					
2. Площадь сечения **ω**, $см^2$					
3. Температура воды **T**, °C					
4. Кинематический коэффициент вязкости воды **ν**, $см^2/с$					
5. Объём воды в мерном бак **W**, $см^3$					
6. Время заполнения объёма **t**,с					
7. Расход воды **Q**, $см^3/с$					
8. Средняя скорость воды **v**,см/с					
9. Число Рейнольдса **Re**					
10. Режим движения (визуально)					
11. Режим движения (теоретически)					

2.2.4. Обработка результатов лабораторной работы

Для каждого опыта вычислить

1. площадь живого сечения $\omega = \pi d^2 / 4$,
2. величину расхода воды $Q = W / t$,
3. среднюю скорость воды $v = Q / \omega$,
4. число Рейнольдса $Re = vd / \nu$.

Кинематический коэффициент вязкости ν определяется по таблице 2.2 в соответствии с температурой воды.

5. по рассчитанным числам **Re** теоретически определяется режим движения при сравнении его с $Re_{кр} = 2300$.

Все расчетные данные заносятся в таблицу 2.1.

Таблица 2.2.

Кинематический коэффициент вязкости воды ν при различной температуре T

T,° C	ν, см²/с	T,°C	ν, см²/с	T,°C	ν, см²/с	T,°C	ν, см²/с
1	0,0173	8	0,0139	15	0,0115	22	0,0099
2	0,0168	9	0,0135	16	0,0112	23	0,0096
3	0,0162	10	0,0131	17	0,0109	24	0,0092
4	0,0157	11	0,0128	18	0,0106	25	0,0090
5	0,0152	12	0,0125	19	0,0104	26	0,0088
6	0,0148	13	0,0121	20	0,0101	27	0,0086
7	0,0144	14	0,0118	21	0,0100	28	0,0084

По заданию преподавателя для одного из опытов оценивается величина инструментальной погрешности при определении экспериментальных параметров:

- средней скорости **v**

$$\delta v = v\left(\frac{\delta W}{W} + \frac{\delta t}{t} + 2\frac{\delta d}{d}\right),$$

- числа **Re**

$$\delta Re = Re\left(\frac{\delta v}{v} + \frac{\delta d}{d} + \frac{\delta \nu}{\nu}\right)$$

при $\delta W/W = 1{,}5\%$; $\delta t = 0{,}1$ с; $\delta d = 0{,}5$ мм; $\delta\nu/\nu = 1\%$.

2.2.5. Вопросы для самопроверки и составления выводов по работе

1. Из каких элементов состоит установка Рейнольдса? Их назначение?
2. Для чего измеряется температура воды?
3. Дать определение ламинарного режима, турбулентного течения.

4. Каково назначение сосуда с красителем? Как краситель подается в поток?
5. Каков порядок проведения опытов?
6. Какая скорость называется критической? Какой критерий является гидродинамической характеристикой потока?
7. Что такое критическое число Рейнольдса?
8. Как определяется расход? средняя скорость? число Рейнольдса?
9. Для чего в работе используется кинематический коэффициент вязкости? Какова его размерность?
10. Какими методами в работе определяется режим движения?
11. Чему равна теоретическая критическая скорость для данной трубы? Какое получено опытное значение критической скорости?
12. Совпали ли визуальные наблюдения с теоретическими расчетами?

Состав отчета

Отчет составляется на стандартных листах формата А4 и включает в себя:

- краткие теоретические положения, где обязательно приводятся используемые расчетные формулы с расшифровкой обозначений и их единицами измерения;
- схему установки с названиями входящих в нее элементов;
- выводы по работе, в которых даются ответы на следующие вопросы: 7, 10, 11,12.

Лабораторная работа № 3

Определение потерь напора по длине и коэффициента гидравлического трения

3.1. Теоретические положения

Часть механической энергии, идущая на преодоление ***сил гидравлического сопротивления,*** возникающих при движении реальной (вязкой) жидкости по трубам и каналам, теряется для данной системы безвозвратно. Эта потеря обусловлена необратимым переходом механической энергии, равной работе сил вязкого трения, в теплоту. Поэтому под ***гидравлическими сопротивлениями*** будем понимать все внешние факторы, приводящие к затратам энергии, а под ***гидравлическими потерями*** - величину, равную потере полной энергии на данном участке.

Гидравлические сопротивления, а также и потери напора подразделяют на два вида

- ***потери напора по длине (или линейные)***, т. е. распределенные по всей длине, вдоль которой происходит движение;
- ***местные потери напора***, т. е. сосредоточенные в конкретном месте, где происходит переформирование потока.

Основным гидравлическим сопротивлением при движении потока жидкости является вся внутренняя поверхность твердой границы потока, так называемое ***линейное сопротивление***.

Потери напора по длине в напорном трубопроводе зависят от геометрических размеров трубопровода, длины и диаметров трубы, средней скорости движения, режима движения жидкости и состояния внутренней поверхности трубы, т. е. её шероховатости.

Потери по длине рассчитываются по формуле Дарси-Вейсбаха:

$$h_l = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g}, \qquad (3.1)$$

λ – коэффициент гидравлического трения, коэффициент Дарси;

l, d - длина и диаметр участка;

v - средняя скорость в сечении потока.

Значение коэффициента λ и выбор зависимости для его расчета в общем случае зависят от режима течения жидкости, характеризуемого числом Рейольдса, и шероховатостью Δ/d. Характеристикой шероховатости внутренней поверхности труб является высота выступов шероховатости Δ – ***абсолютная шероховатость***. Отношение Δ/d называют ***относительной шероховатостью***, а обратную величину d/Δ - ***относительной гладкостью***.

$$\lambda = f(Re, \frac{\Delta}{d}). \qquad (3.2)$$

Потери напора h_l связаны со скоростью движения жидкости v закономерностью, которую называют ***общим законом сопротивления***:

$$I = \frac{h_l}{l} = av^n, \qquad (3.3)$$

где I - удельные потери напора по длине (или гидравлический уклон);

a – коэффициент, зависящий от рода жидкости, от формы и размеров русла;

n – показатель степени, изменяющийся от 1 до 2.

При ***ламинарном режиме*** движения ($Re \leq 2300$, $n = 1$, $h_l \sim v$) коэффициент Дарси не зависит от шероховатости стенок и может быть определен по формуле Пуазейля:

$$\lambda = 64/Re. \qquad (3.4)$$

При ***турбулентном режиме*** зависимость h_l от v более сложная, показатель степени n изменяется в пределах от 1,75 до 2. Вследствие этого в турбулентном режиме выделяют три зоны с различным ***законом сопротивления.*** Коэффициент Дарси для каждой из зон определяют по

соответствующим формулам. При этом важным является понятие гидравлических «гладких» и «шероховатых» труб (рис.3.1).

Измерения скоростей показывают, что при турбулентном режиме у стенок имеется тонкий слой жидкости, в котором частицы, подторможенные и направленные стенкой, сохраняют в основном слоистый характер. Этот слой называют ***пограничным*** или ***вязким пристенным слоем*** и толщину его обозначают **δ**:

$$\delta = \frac{32{,}5d}{Re\sqrt{\lambda}}. \qquad (3.5)$$

Определение «гидравлически гладких» стенок связано с толщиной этого слоя следующим образом. Если пристенный слой полностью перекрывает выступы шероховатости (**δ > Δ**, рис. 3.1, а), то стенки называются «гидравлически гладкими», если **δ < Δ**(рис. 3.1, б), то стенки считаются «шероховатыми».



а) «гладкая» стенка б) «шероховатая» стенка в) эквивалентная шероховатость

Рис.3.1. К определению понятий гидравлических «гладких» и «шероховатых» труб

Границы зон турбулентного режима можно определить различными способами, но наиболее применяемыми в последнее время считаются рекомендации А.Д. Альтшуля. Критерием для определения зоны турбулентности является число **Re** и **Δэ/d**, где Δэ - эквивалентная шероховатость. Обычно естественная шероховатость имеет многообразные нерегулярные формы (рис. 3.1, а, б) и установить ее среднее значение невозможно. Поэтому параметр шероховатости вводится как условная величина, определяемая по специальной шкале искусственной однородной шероховатости (рис. 3.1, в). Значения ее приводятся в справочной литературе в зависимости от материала поверхности, способа изготовления, периода и условий эксплуатации. При необходимости Δэ определяется опытным путем.

При турбулентном режиме могут быть рекомендованы следующие зависимости для определения коэффициента Дарси.

1. ***«Гидравлически гладкие» стенки*** ($h_l \sim v^{1,75}$).

К началу этой области будем относить числа **Re > 2300**. Границу конца гладкостенного течения определим по соотношению

$$Re = 20\,d / \Delta_э,$$

т. е. будем считать течение, происходящим вдоль гладких стенок, если

$$2300 < Re \le 20d/\Delta_э. \qquad (3.6)$$

Для этой зоны может быть рекомендована формула Блазиуса:

$$\lambda = 0{,}3164 / Re^{0,25}. \qquad (3.7)$$

2. Область ***доквадратичного закона сопротивления*** шероховатых стенок соответствует турбулентному течению с числами Рейнольдса

$$20d/\Delta_э < Re < 500d/\Delta_э. \qquad (3.8)$$

Коэффициент **λ** в этой области определяется по формуле Альтшуля

$$\lambda = 0{,}11 \cdot \left(\frac{68}{Re} + \frac{\Delta_э}{d}\right)^{0,25} \qquad (3.9)$$

3. Область ***квадратичного закона сопротивления*** характеризуется тем, что потери напора пропорциональны ***квадрату*** скорости: $h_l \sim v^2$.

Границей начала данной области – области автомодельности турбулентного режима – можно считать число Рейнольдса

$$Re = 500d/\Delta_э.$$

В этой области вязкий слой практически разрушен и не оказывает влияния на потери напора, при этом δ минимально возможное и постоянное, а коэффициент гидравлического трения не зависит от числа Рейнольдса.

Итак, при

$$Re \geq 500d/\Delta_э \qquad (3.10)$$

формулы для определения коэффициента Дарси:

Никурадзе

$$\lambda = (1{,}74 + 2\lg(r/\Delta_э))^{-2} \qquad (3.11)$$

Шифринсона

$$\lambda = 0{,}11(\Delta_э/d)^{0{,}25}. \qquad (3.12)$$

На рис.3.2 представлена схема для выбора теоретической расчетной формулы коэффициента λ, обобщающая изложенные выше теоретические положения.

3.2. Выполнение лабораторной работы

3.2.1. Цель лабораторной работы

1. Определить опытным путем коэффициент гидравлического трения, коэффициент Дарси $\lambda_{оп}$ в трубопроводе при различных скоростях движения воды.
2. Рассчитать теоретическое значение коэффициента Дарси $\lambda_{теор}$ в соответствии с режимом движения воды и зоной сопротивления.

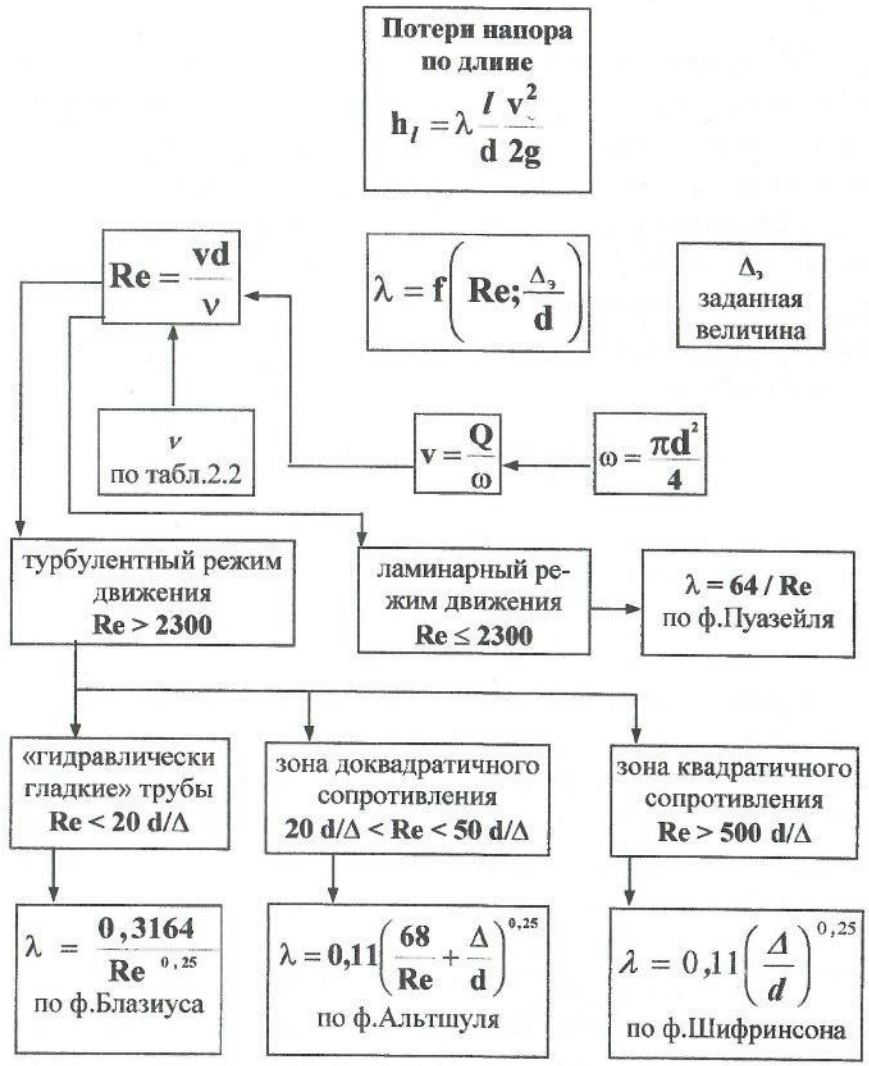


Рис. 3.2. Схема выбора теоретической формулы для расчета коэффициента гидравлического трения $\lambda_{теор}$

3.2.2. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка (рис 3.3) состоит из напорного бака **1**, трубопровода постоянного диаметра **2**, вентиля **3** для регулирования скорости движения воды, пьезометров **4**, присоединенных к штуцерам в начале и в конце испытуемого участка трубы, мерной ёмкости **5**.

Лабораторные работы выполняются при установившемся движении, поэтому для поддержания постоянного напора в напорном баке **1** предусмотрена сливная труба **7**. Подпитка напорного бака осуществляется от центробежного насоса или из водопроводной сети по соответствующим трубам **8**.

3.2.3. Порядок выполнения лабораторной работы

Лабораторная работа по определению коэффициента гидравлического трения λ может быть выполнена по указанию преподавателя на одной из труб: с диаметром **d** = 36мм или **d** = 20 мм. Длина экспериментального участка l = 4,4 м.

В процессе проведения работы опытные значения коэффициента гидравлического трения $\lambda_{оп}$ следует определить при различной средней скорости движения воды в трубе. Первый опыт можно начать с небольшой скорости и затем от опыта к опыту увеличивать скорость, или в обратной последовательности: начать с максимальной скорости и уменьшать ее от опыта к опыту.

Последовательность проведения каждого опыта.

1. Перед началом работы осмотреть установку. В табл. 3.1. внести значения диаметра и длины рабочего участка испытуемой трубы. Проверить подключение пьезометров, установить их нумерацию: 1 – в начале участка трубы; 2 – в конце трубы по ходу движения жидкости. Убедиться, что нет воздушных пробок в соединительных резиновых трубах: показания пьезометра должны быть одинаковы.

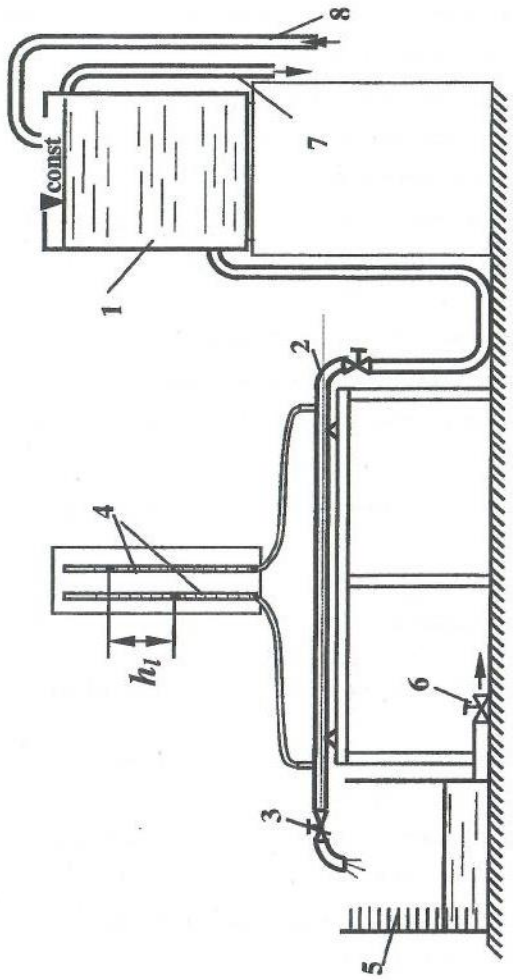


Рис. 3.3. Установка для изучения потерь напора по длине:
1 – напорный бак; 2 – исследуемая труба; 3 – вентиль; 4 – пьезометры; 5 – мерный бак;
6 – сливная труба; 7 – переливная труба; 8 – подпиточная труба

2. Открыть регулировочный вентиль **3**, установить определенную скорость движения воды, одновременно с помощью подпиточной трубы (8) (или насоса) и сливной трубы **7** установить постоянный уровень воды в напорном баке. Таким образом обеспечить установившееся движение воды в экспериментальной установке.
3. Перекрыть вентиль **6** на сливной трубе мерной емкости.
4. Перейти к снятию замеров и показаний приборов:

- снять показания пьезометров **4**;
- с помощью секундомера определить время наполнения определенного объема воды в мерной емкости **5**. Цена деления в мерной емкости 10 литров ($10^4 см^3$);
- измерить температуру воды в мерном баке.

5. Последовательно провести 5-6 опытов при различных скоростях, полностью используя возможности установки. Если мерный бак **5** переполняется в процессе работы, можно, открыв вентиль **6**, слить воду из него, снова закрыть вентиль и продолжить работу до завершения.
6. Все исходные и опытные данные занести в табл. 3.1. и обработать результаты экспериментов.

3.2.4. Обработка результатов лабораторной работы

1. Рассчитывается площадь живого сечения трубы:

$$\omega = \pi d^2 / 4.$$

2. В соответствии с температурой по табл. 2.2.выбирается кинематический коэффициент вязкости воды ν.

3. Находится величина расхода воды в каждом опыте:

$$Q = W / t.$$

4. Определяется средняя скорость воды в каждом опыте:

$$v = Q / \omega.$$

5. Вычисляются потери напора:

$$h_l = p_1/(\rho g) - p_2/(\rho g). \qquad (3.13)$$

6. Рассчитывается опытное значение коэффициента гидравлического трения:

$$\lambda_{оп} = \frac{2gdh_l}{l \cdot v^2}. \qquad (3.14)$$

7. Для каждого опыта вычисляется число Рейнольдса **Re**

$$Re = \frac{vd}{\nu}$$

и определяется режим движения воды.

8. В случае турбулентного режима определяются граничные значения чисел **Re** для установления области сопротивления

$$20d/\Delta_э = ? \qquad 500d/\Delta_э = ?$$

Сравнивая полученные значения с числами **Re** в каждом опыте, определяют зону турбулентного течения.

9. В соответствии с выполненными расчетами руководствуясь теоретическими положениями (рис.3.2), выбирается теоретическая формула для определения коэффициента Дарси $\lambda_{теор}$.

10. Затем для сравнения полученных значений $\lambda_{теор}$ и $\lambda_{оп}$ вычисляется величина отклонения ε опытного значения коэффициента от теоретического:

$$\varepsilon = (|\lambda_{теор} - \lambda_{оп}| / \lambda_{теор}) \cdot 100\%. \qquad (3.15)$$

Результаты обработки измерений заносятся в таблицу 3.1.

11. По заданию преподавателя для одного из опытов может быть выполнен расчет погрешности определения $\lambda_{оп}$. Для этого формула (3.14) может быть представлена в виде:

$$\lambda_{оп} = \frac{h_l d^5 t^2}{0{,}0827 l W^2} \qquad (3.16)$$

и тогда расчет ошибки может быть выполнен по зависимости:

$$\delta\lambda = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\Delta h_l}{h_l} + \frac{5\Delta d}{d} + \frac{\Delta l}{l} + \frac{2\Delta W}{W} + \frac{2\Delta t}{t}. \qquad (3.17)$$

Таблица 3.1

Определение коэффициента гидравлического трения

Наименование параметров	Номер опыта					
	1	2	3	4	5	6
1. Диаметр трубы **d** ,см						
2. Длина рабочего участка ***l***, см						
3. Площадь живого сечения **ω**, $см^2$						
4. Эквивалентная шероховатость **Δ**,см						
5. Температура воды **T**, °C						
6. Кинематический коэффициент вязкости воды **ν**, $см^2/с$						
7. Объём воды в мерном баке **W**,$см^3$						
8. Время заполнения объёма **t**, с						
9. Расход воды **Q**, $см^3/с$						
10. Средняя скорость воды **v**, см/с						
11. Показание первого пьезометра $p_1/(\rho g)$, см						
12.Показание второго пьезометра $p_2/(\rho g)$, см						
13.Потери напора h_l, см						
14.Опытное значение коэффициента $\lambda_{оп}$						
15.Число Рейнольдса **Re**						
16.Режим движения и область сопротивления турбулентного режима						
17.Теоретическое значение коэффициента $\lambda_{теор}$						
18. Отклонение ε, %						

Абсолютные погрешности измеряемых величин Δ... принимаются следующим образом:

$\Delta d = 0{,}1$ мм; $\Delta W = 0{,}1$ наименьшего деления шкалы мерного бака; $\Delta t = 0{,}1$ с; $\Delta h_l = 0{,}5$ цены деления шкалы пьезометра; погрешностью измерения длины трубы можно пренебречь вследствие малости.

3.2.5. Вопросы для самопроверки и составления выводов по работе

1. Что такое гидравлические сопротивления, какие виды гидравлических сопротивлений учитывают в инженерных расчетах?
2. Каковы причины, вызывающие потери напора по длине? Какие имеются формулы для определения потерь по длине?
3. От каких параметров зависит коэффициент гидравлического трения?
4. Какие зоны турбулентного режима различают?
5. Какой смысл вкладывается в понятия «гидравлически гладкие» и «гидравлически шероховатые» трубы?
6. Что такое «эквивалентная шероховатость», как ее можно определить?
7. Какие имеются рекомендации для определения границ зон турбулентного режима?
8. Какие показатели степени у скорости в общем, законе сопротивления при различных режимах и в разных зонах сопротивления турбулентного режима?
9. Как в данной работе экспериментально определяются потери напора по длине?
10. Из каких элементов состоит лабораторная установка?
11. Какие замеры выполняются в каждом опыте на установке?

Состав отчета

Отчет составляется на стандартных листах формата А4 и содержит следующие моменты:

- краткие теоретические положения, обязательно включающие используемые расчетные формулы с расшифровкой обозначений и их размерностями;
- схему установки с названиями входящих в нее элементов;
- выводы по работе, в которых даются ответы на вопросы: 1, 2, 3, 7, а также приводятся значения границ зон турбулентного режима для данной трубы и обоснование выбранных расчетных формул для теоретического значения коэффициента Дарси; в заключении отмечаются опыты с наилучшей сходимостью опытных и теоретических значений коэффициента.

Лабораторная работа №4

Определение местных потерь напора и коэффициентов местных сопротивлений

4.1.Теоретические положения

Местными сопротивлениями называются различного рода устройства, при прохождении через которые меняется направление движения потока жидкости или величина скорости, или и то, и другое. К местным сопротивлениям относятся краны, задвижки, повороты труб, тройники, внезапное сужение потока, внезапное расширение и т.п.

Потери напора в местном сопротивлении рассчитываются по формуле Вейсбаха:

$$h_r = \zeta \frac{v^2}{2g}, \qquad (4.1)$$

где ζ - коэффициент местного сопротивления, показывающий долю скоростного напора, затрачиваемого на преодоление данного сопротивления.

Течение жидкости через местные сопротивления – очень сложное явление, и теоретические значения коэффициентов ζ получены лишь для немногих видов местных сопротивлений.

Для большинства местных сопротивлений значения коэффициентов ζ получены из экспериментов и приводятся в гидравлических справочниках.

На величину коэффициента ζ влияют многие факторы, в том числе геометрические параметры устройства, режим течения, шероховатость его стенок. Для запорных устройств (кранов, вентилей, задвижек, клапанов, дросселей и т. д.) большое влияние на величину ζ оказывает степень открытия.

Рассмотрим подробнее несколько видов местных сопротивлений, а именно тех, которые используются в данной лабораторной работе.

Вентиль (рис.4.1, а). Это очень распространенный элемент запорной арматуры. Выпускается промышленностью с различной конструкцией и конфигурацией внутренних клапанов. На рисунке показана примерная структура потока при прохождении вентиля. При различном открытии вентиля коэффициент ζ будет иметь свои значения. Кроме того, эти значения зависят от диаметра трубопровода, от расположения делительных стенок. В справочной литературе значения коэффициента ζ чаще всего приводятся для полностью открытого вентиля.

Диафрагма (измерительная шайба) (рис.4.1, б). Такое устройство часто применяется в качестве измерительного прибора для определения величины расхода. В самом деле, потери напора $\mathbf{h_r}$ пропорциональны напору $\mathbf{v^2/(2g)}$ и, следовательно, расходу жидкости **Q**. Если предварительно выполнить тарировочные работы, т.е. опытным путем получить для диафрагмы зависимость $\mathbf{h_r=f(Q)}$ или, наоборот, $\mathbf{Q=f(h_r)}$ то, построив график этой зависимости (рис.4.1, в), можно его применять в дальнейшем для определения величины расхода по показаниям пьезометров или дифманометра.

Значение коэффициента сопротивления ζ для диафрагмы зависят от размера проходного отверстия.

Пробковый кран (4.1, г). Эти устройства часто применяются в гидросистемах для регулирования расхода, для включения и выключения системы. Коэффициент ζ зависит от угла поворота пробки относительно оси. Примерные значения ζ при турбулентном режиме течения с числами $\mathbf{Re>10^4}$ приведены в табл.4.1.

Таблица 4.1

Коэффициент сопротивления пробкового крана

α,град	5	10	20	30	40	50	55	67
ζ	0,05	0,31	1084	6,15	20,7	95,3	275	∞

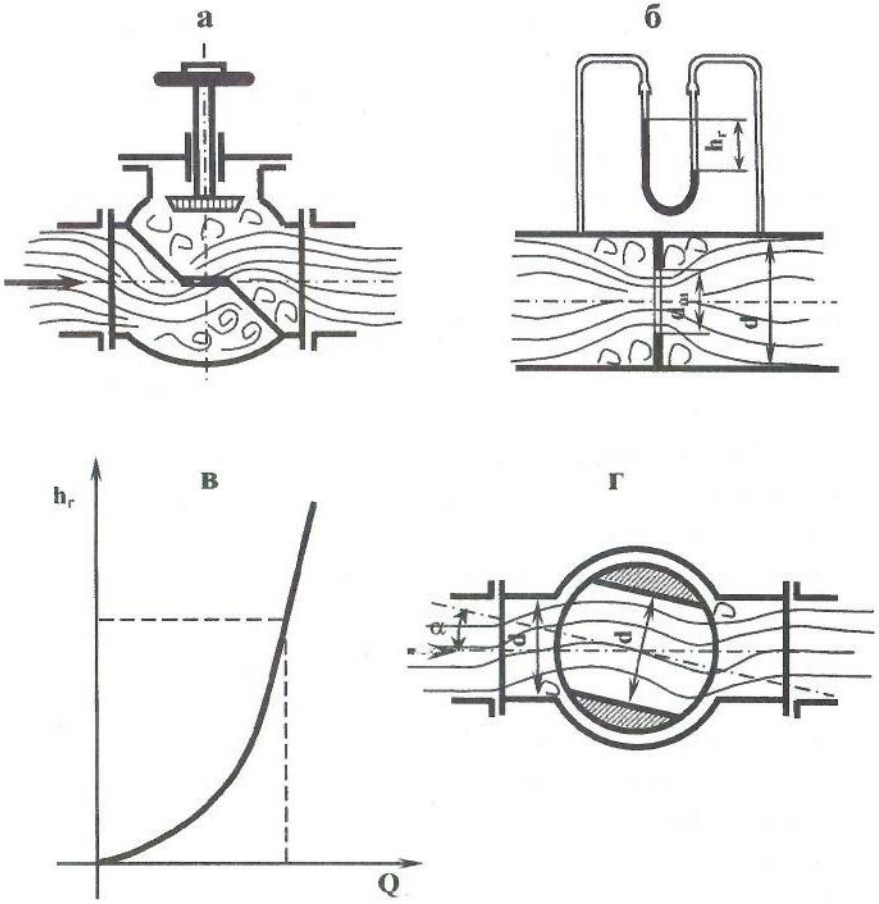


Рис. 4.1. Примеры местных сопротивлений

Значения коэффициентов ζ для местных сопротивлений строго индивидуальны и даже при соблюдении рекомендаций по установке стандартной аппаратуры в каждом случае могут появиться отклонения значений ζ от табличных справочных данных. Поэтому важно уметь определять коэффициенты сопротивлений опытным путем.

4.2. Выполнение лабораторной работы

4.2.1. Цель лабораторной работы

1. Определить опытным путем коэффициенты местных сопротивлений различных устройств: вентиля, пробкового крана, диафрагмы.

2. Изменить угол открытия пробкового крана в пределах от 5° до 45° и, определив коэффициенты сопротивления пробкового крана при разных углах открытия, сравнить опытные значения с табличными.

4.2.2. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка для изучения потерь напора в местных сопротивлениях аналогична установке для определения потерь напора по длине. Обе питаются от одного напорного бака, смонтированы на одной раме, имеют аналогичные измерительные приборы.

Лабораторная установка (рис. 4.2) состоит из напорного бака **1**, трубопровода постоянного диаметра **2** с вентилем **3** для регулирования расхода и с рабочими местными сопротивлениями: вентилем **4**; пробковым краном **5**, диафрагмой **6**. На трубе у каждого местного сопротивления, до и после него, имеются штуцеры, к которым присоединены пьезометры **7**. Мерная емкость **8** оборудована сливом **9**. У напорного бака **1** для обеспечения постоянного напора имеется подпиточная **10** и сливная **11** трубы.

4.2.3. Порядок выполнение лабораторной работы

Перед началом выполнения опытов осмотреть установку, внимательно разобраться с присоединением пьезометров к местным сопротивлениям, установить их нумерацию по ходу движения жидкости для каждого местного сопротивления. Убедиться, что в резиновых трубках, идущих к пьезометрам, нет пузырьков воздуха.

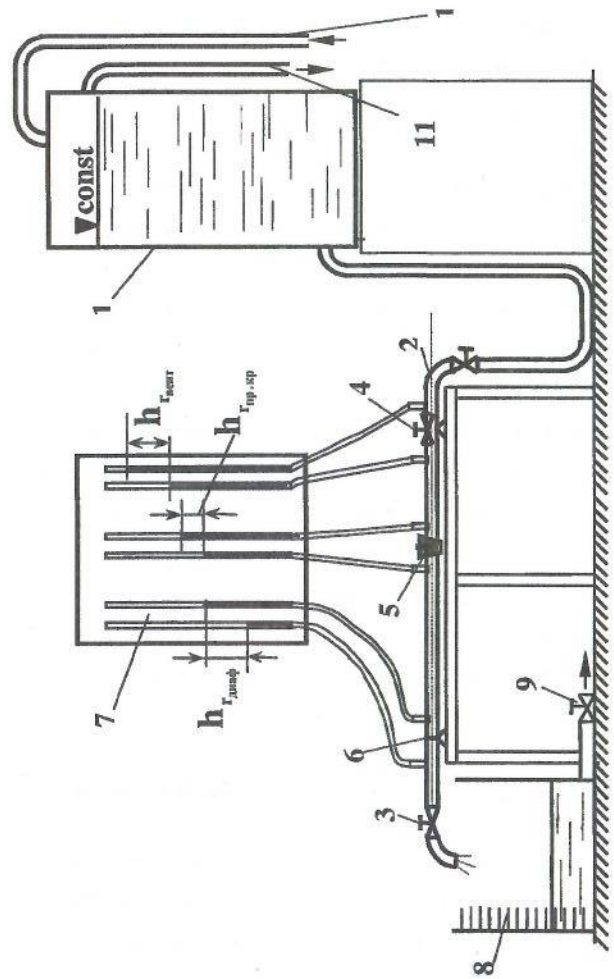


Рис.4.2. Установка для изучения потерь напора в местных сопротивлениях:
1 – напорный бак; **2** – исследуемая труба; **3** – вентиль для регулирования скорости; **4** – вентиль; **5** – пробковый кран; **6** – диафрагма (шайба); **7** – пьезометры; **8** – мерный бак; **9** – сливная труба; **10** - подпиточная труба; **11** – переливная труба

На установке можно проводить различные опыты, в том числе тарирование измерительной диафрагмы, определение зависимости коэффициентов сопротивления пробкового крана от угла поворота пробки.

Чаще всего определяются коэффициенты ζ для всех сопротивлений при двух различных расходах воды.

Порядок эксперимента следующий:

1. Открыть полностью вентиль **4** и пробковый кран **5**.
2. Вентилю **3** дать значительное открытие, так чтобы установился развитый турбулентный режим (открывать вентиль **3** можно до тех пор, пока есть показания во 2-ом пьезометре измерительной шайбы).
3. Подпиточным краном или насосом установить постоянный уровень воды в напорном баке.
4. Перекрыв вентиль слива мерного бака, измерить время заполнения установленного объема. Снять показание всех пьезометров (у каждого местного сопротивления). Открыть слив и измерить температуру воды в мерном баке. Данные опыта заносятся в таблицу 4.2.
5. Следующая серия опытов проводится при измерении угла открытия пробкового крана. Гаечным ключом пробка поворачивается на определенный угол в интервале от 5° до 45°. Опыт повторяется при новом расходе.

4.2.4. Обработка результатов лабораторной работы

Обработка экспериментальных данных аналогична обработке данных лабораторной работы №3 по определению потерь напора на трение по длине. В расчетах принять ускорение свободного падения $\mathbf{g = 981}$ см/с^2.

Таблица 4.2.

Определение коэффициентов местных сопротивлений

Наименование параметров	Вентиль		Пробковый кран		Диафрагма	
	1 опыт	2 опыт	1 опыт	2 опыт	1 опыт	2 опыт
1. Диаметр трубы **d** ,см						
2. Площадь живого сечения ω, см^2						
3. Температура воды **T**, °C						
4. Кинематический коэффициент вязкости воды ν,см^2/с						
5. Объём воды в мерном баке **W**, см^3						
6. Время опыта **t**, с						
7. Расход воды **Q**, см^3/с						
8. Средняя скорость воды **v**, см/с						
9. Показание первого пьезометра $\mathbf{p_1/(\rho g)}$, см						
10.Показание второго пьезометра $\mathbf{p_2/(\rho g)}$, см						
11.Потери напора $\mathbf{h_r}$, см						
12. Коэффициент местного сопротивления ζ						
13.Число Рейнольдса **Re**, режим течения						

1. Рассчитывается площадь живого сечения трубы:

$$\omega = \pi d^2 / 4.$$

2. В соответствии с температурой по табл. 2.2 .выбирается кинематический коэффициент вязкости воды ν.

3. Находится величина расхода воды в каждом опыте:

$$Q = W / t.$$

4. Определяется средняя скорость воды в каждом опыте:

$$v = Q / \omega.$$

5. Вычисляются местные потери напора:

$$h_r = p_1/(\rho g) - p_2/(\rho g). \qquad (4.2)$$

6. Определяется значение коэффициентов местных сопротивлений:

$$\zeta = 2gh_r/v^2 . \qquad (4.3)$$

7. Для каждого опыта вычисляется число Рейнольдса **Re**

$$Re = \frac{vd}{\nu}$$

и определяется режим движения воды.

8. Все расчетные данные заносятся в таблицу 4.2.

9. По заданию преподавателя для одного из опытов может быть выполнен расчет погрешности определения ζ. Для этого формула (4.3) может быть представлена в виде:

$$\zeta = 12{,}08\, h_r\, d^4\, t^2/W^2 \qquad (4.4)$$

и тогда расчет относительной систематической погрешности может быть выполнен по зависимости:

$$\delta\zeta = \frac{\Delta\zeta}{\zeta} = \frac{\Delta h_r}{h_r} + \frac{4\Delta d}{d} + \frac{2\Delta W}{W} + \frac{2\Delta t}{t}. \qquad (4.5)$$

Абсолютные погрешности измеряемых величин Δ... принимаются следующим образом:

$\Delta d = 0{,}1$ мм; $\Delta W = 0{,}1$ наименьшего деления шкалы мерного бака; $\Delta t = 0{,}1$ с; $\Delta h_r = 0{,}5$ цены деления шкалы пьезометра.

4.2.5. Вопросы для самопроверки и составления выводов по работе

1. Что такое местное сопротивление?
2. По какой формуле рассчитываются местные потери напора?
3. Какие местные сопротивления используются при выполнении лабораторной работы?
4. Как экспериментально в данной работе определялись местные потери напора?
5. От чего зависит коэффициент местного сопротивления для запорной аппаратуры?
6. Из каких элементов состоит лабораторная установка?
7. Какие измерения выполняются в каждом опыте?
8. Для чего измеряется температура в опыте?

Состав отчета

Отчет составляется на стандартных листах формата А4 и содержит следующее:

- краткие теоретические положения, обязательно включающие используемые расчетные формулы с расшифровкой обозначений и их размерностями;
- схему установки с названиями входящих в нее элементов и построением пьезометрической линии для одного из опытов;
- выводы по работе, в которых даются ответы на вопросы: 1, 2, 3, 4. Так же следует указать, каким был угол открытия ***пробкового крана*** в 1 и 2 опытах, как изменилось значение коэффициента сопротивления крана при изменении угла. Сравнить экспериментальные значения коэффициента с табличными (таб. 4.1). Если по таблице интерполирование значения коэффициента $\zeta_{кр}$ не дает достаточной точности, то значение коэффициента $\zeta_{кр}$ требуется найти по графику (рис. 4.3).

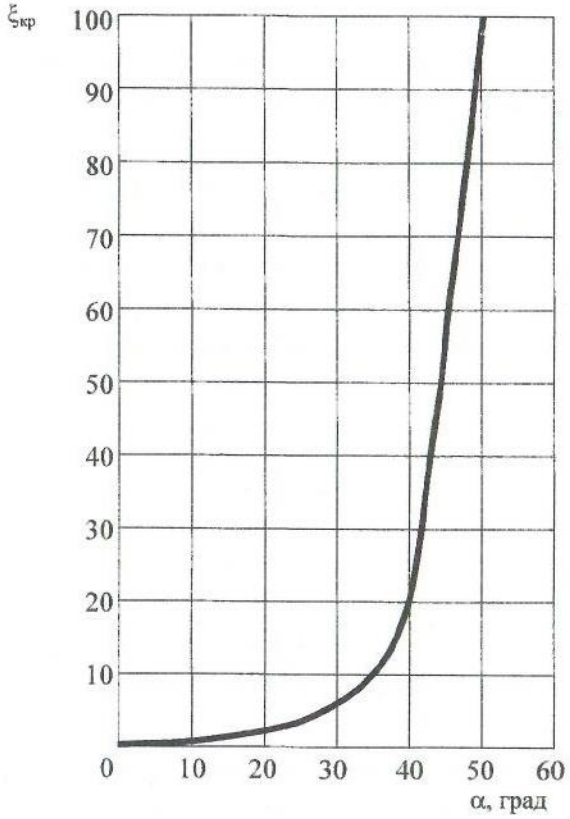


Рис. 4.3. График зависимости коэффициента сопротивления пробкового крана от угла поворота

Лабораторная работа №5

Истечение жидкости через отверстия и насадки

5.1. Теоретические положения

В инженерной практике часто приходится встречаться с явлниями истечения жидкости через отверстия различной формы и через насадки - короткие патрубки разной конфигурации длиной $(3\div5)\mathbf{d}_{отв}$ (диаметров отверстий), к которым они присоединены. Через отверстия и насадки происходит перетекание жидкости из одного резервуара в другой, опорожнение резервуаров. Насадки и их комбинации являются конструктивными элементами различных аппаратов и устройств.

Отверстия различают малые и большие, в тонкой или толстой стенке. Истечение может происходить при постоянном или переменном напоре.

Насадки по форме патрубка могут быть цилиндрические (внутренние и внешние), конические (сходящиеся и расходящиеся) и коноидальные, выполненные по форме выходящей струи.

Отверстие можно считать малым, если его высота не превышает 0,1H. При этом условии скорость в точках сжатого сечения (на расстоянии полудиаметра, рис.5.1) практически одинакова и может быть определена по формуле

$$\mathbf{v} = \varphi\sqrt{\mathbf{2gH}}\ , \qquad (5.1)$$

где **H** – напор над центром тяжести отверстия;

φ - коэффициент скорости, которым учитываются потери энергии на формирование струи, выходящей из отверстия с коэффициентом местного сопротивления $\zeta_{отв}$,

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \zeta_{отв}}} \qquad (5.2)$$

α - коэффициент Кориолиса, $\alpha = 1$ при турбулентном режиме.

Площадь сжатого сечения струи определяется через площадь отверстия ω и коэффициент сжатия ε: $\omega_{сж} = \varepsilon\omega$, тогда $\varepsilon = \omega_{сж}/\omega$ и для круглого отверстия

$$\varepsilon = d_{сж}^2/d^2 \ . \qquad (5.3)$$

При установившимся движении пропускная способность **Q** (расход) малых отверстий и насадков вычисляется по зависимости:

$$Q = \mu\omega\sqrt{2gH}\ , \qquad (5.4)$$

в которой μ – коэффициент расхода, связанный с остальными коэффициентами соотношением

$$\mu = \varepsilon\varphi. \qquad (5.5)$$

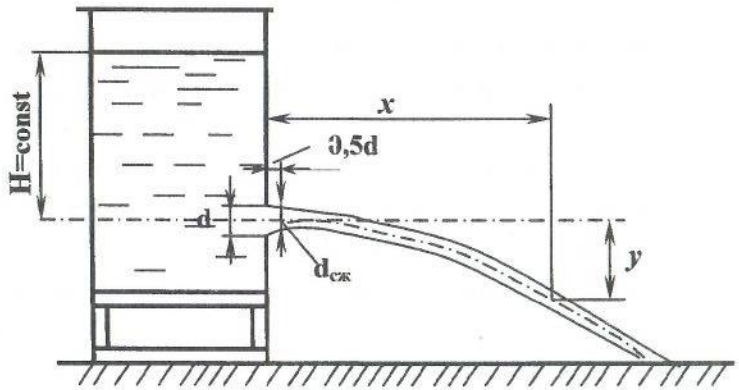


Рис.5.1. Истечение жидкости через малое отверстие в тонкой стенке

Коэффициенты истечений $\zeta_{отв}$, ε, φ, μ зависят от формы отверстий и насадков, характера обработки кромок отверстия, от полноты и совершенства сжатия струи, а для конических насадков – от угла конусности. Для некоторых видов отверстий и насадков значения коэффициентов приведены в табл.5.1.

Таблица 5.1

Коэффициенты скорости, сжатия струи и расхода

Вид конструктивного элемента	φ	ε	μ
Круглое отверстие в тонкой стенке с полным совершенным сжатием	0,97	0,64	0,62
Внешний цилиндрический насадок	0,82	1,00	0,82
Конический сходящийся насадок с углом конусности $13^{\circ}24'$	0.96	0.98	0,94
Конический расходящийся насадок с углом конусности 7°	0,50	1,00	0,50

Явление сжатия струи весьма сложно: форма поперечного сечения струи изменяется по сравнению с формой сечения струи в самом отверстии. Это явление называется ***инверсией струй***. Так, при вытекании жидкости из круглого отверстия струя имеет в сжатом сечении форму эллипса; из квадратного - форму креста; из треугольного - форму буквы γ.

Для вывода формул опытного определения коэффициентов истечения рассматривается свободное истечение струи через малое отверстие в тонкой стенке с полным совершенным сжатием. Траектория струи имеет форму параболы (рис.5.1). Координаты траектории струи можно получить, допустив, что каждая частица струи движется, как свободная материальная точка, на которую действует только сила тяжести.

Тогда горизонтальное перемещение равно $x = vt$,

вертикальное – $y = gt^2/2$.

Исключив **t**, выразим скорость через координаты x и y

$v = x\sqrt{g/(2y)}$. Приравнивая полученное выражение к скорости по формуле (5.1), получим

$$\varphi = \frac{x}{2\sqrt{yH}} \qquad (5.6)$$

Отличительной особенностью истечения жидкости через гидравлические насадки является образование сжатого сечения внутри насадка на расстоянии **0,5d** и возникновение вакуума в области сжатия струи. Сужаясь на входе в насадок, как при истечении через отверстие, струя жидкости затем расширяется, заполняя все сечение. Сжатие струи отсутствует в коноидальном насадке, форма которого очерчена по форме вытекающей струи.

Наличие вакуума внутри насадка, присоединенного к отверстию, способствует дополнительному подсосу жидкости и увеличению пропускной способности отверстия, т.к. для насадка действующий напор увеличивается. Он складывается из пьезометрического (**H**) и вакуумметрического ($\mathbf{H_{вак}}$) напоров. Для насадков величина вакуума составляет: цилиндрический ≈ **0,75H**; конический сходящийся ≈ **0,8H**; конический расходящийся ≈ **0,85H**.

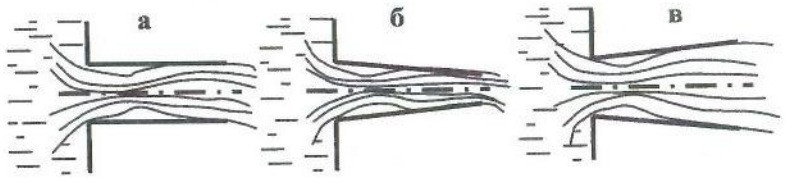


Рис.5.2. Истечение жидкости через насадки
а - внешний цилиндрический насадок, **б** - конический сходящийся насадок, **в** - конический расходящийся насадок

Особенности истечения жидкости через насадки – наличие вакуума - учитываются величиной коэффициентов скорости φ, сжатия ε и расхода μ (табл.5.1).

5.2. Выполнение лабораторной работы

5.2.1. Цель лабораторной работы

Целью лабораторной работы является экспериментальное изучение процесса истечения жидкости через малое отверстие в тонкой стенке и насадки при постоянном напоре с определением коэффициентов скорости, сжатия и расхода.

5.2.2. Описание лабораторной установки

Установка для проведения лабораторных работ (рис.5.3) по изучению истечения жидкости через отверстия и насадки состоит из металлического напорного бака **1**, на торцевой стенке которого имеются малое отверстие в тонкой стенке **2** и гидравлические насадки: внешний цилиндрический **3**, конический расходящийся **4** и конический сходящийся **5**. Краном **6** регулируется поступление воды в бак и поддерживается постоянный действующий напор **H** при проведении эксперимента. Напор **H** на уровне оси отверстия измеряется с помощью пьезометра **7**. Подвижным координатником **8** измеряются координаты (**x**, **y**) вытекающей струи. Расход жидкости определяется объемным методом по установленному объему и времени заполнения его в подвижном мерном баке **9**. Кран **10** служит для выпуска воздуха из бака **1** при заполнении его водой. При помощи клапанов **11** осуществляется открытие отверстия и насадков. Для гидравлических насадков величина вакуума определяется с помощью U -образного вакуумметра **12**.

5.2.3. Порядок выполнения лабораторной работы

1. С помощью штангенциркуля проводятся замеры геометрических размеров отверстия и насадков, а именно, внутреннего диаметра. Линейкой замеряется координата *y* на подвижном координатнике **8**. Это расстояние от оси отверстия до натянутой нити в координатнике.

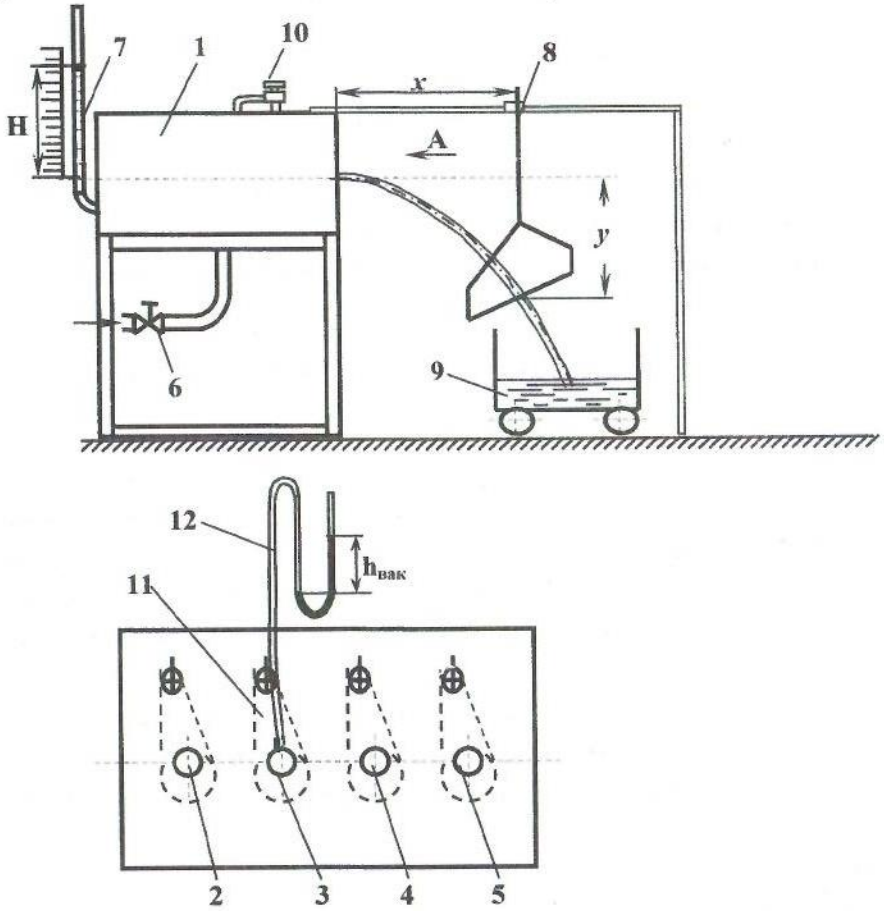


Рис.5.3. Схема установки для изучения истечения жидкости через отверстие и насадки

Данные вносятся в табл. 5.2 для отверстия или в табл. 5.3 для насадков.

2. Открывается регулировочный кран **6.** Заполняется напорный бак **1** и устанавливается некоторый действующий напор **H**. При заполнении напорного бака установка освобождается от воздуха путем открытия крана **10**.

3. Поворотом клапана **11** открывается малое отверстие или один из насадков в зависимости от цели эксперимента.

4. При помощи регулировочного вентиля **6** устанавливается постоянный действующий напор **H**, который фиксируется по пьезометру (**7**).

5. Производится визуальное наблюдение за характером истечения жидкости, видом вытекающей струи, ее траекторией. Для малого отверстия наблюдается явление инверсии струи.

6. Одновременно измеряются и записываются следующие параметры: действующий напор **H** по пьезометру **7**; время **t** наполнения установленного объема жидкости в подвижном баке, принимающем вытекающую струю; координата ***x*** траектории вытекающей струи, при этом натянутая нить координатника **8** должна быть установлена по оси струи; диаметр струи в сжатом сечении $d_{сж}$ на расстоянии **0,5d** от входа в отверстие.

Все данные вносятся в соответствующие таблицы: табл. 5.2 или табл. 5.3.

7. При истечении жидкости через насадки замеряется величина вакуума с помощью U - образного вакуумметра **9**, заполненного жидкостью, плотность которой больше плотности воды, например, четыреххлористым углеродом CCl_4 или ртутью.

В табл. 5.3 вносится величина $h_{вак}$,, равная высоте столба жидкости в U - образном манометре и соответствующая вакууму.

При проведении опытов с насадками наличие вакуума можно наглядно продемонстрировать следующим образом: на расстоянии **0,5d** в месте сжатия струи и возникновения вакуума выводится штуцер, на который одевается резиновая трубка с зажимом, трубка опускается в сосуд с подкрашенной жидкостью. При открытии зажима подкрашенная жидкость вследствие вакуума всасывается в насадок, и струя, выходящая из насадка, окрашивается.

8. В конце опыта закрывается клапан **11**, а по окончании всех опытов закрывается кран **6** на трубе, подающей воду в напорный бак **1**. Затем выпускается вода из напорного бака.

Таблица 5.2

Истечение жидкости через малое отверстие

Наименование параметров	№ опыта				
	1	2	3	4	5
1. Диаметр отверстия **d** ,см					
2. Площадь живого сечения **ω**, $см^2$					
3. Действующий напор **H**, см					
4. Объем воды в мерной емкости **W**, $см^3$					
5. Время наполнения принятого объема **t**, с					
6. Объемный расход воды **Q**, $см^3/с$					
7. Коэффициент расхода **μ**					
8. Координата траектории струи **x**, см					
9. Координата траектории струи **y**, см					
10. Коэффициент скорости **φ**					
11. Коэффициент сжатия **ε**					
12. Диаметр струи в сжатом сечении $d_{сж}$, см					
13. Опытное значение коэффициента сжатия $ε_{оп}$					

Таблица 5.3

Истечение жидкости через гидравлические насадки

Наименование параметров	Цилиндрический насадок		Конический расходящийся насадок		Конический сходящийся насадок	
	Опыты		Опыты		Опыты	
	1	2	1	2	1	2
1. Диаметр насадка **d** ,см						
2. Площадь живого сечения **ω**, $см^2$						
3. Действующий напор **H**, см						
4. Показание вакуометра $h_{вак}$, см						
5. Вакуумметрический напор $H_{вак}$, см вод. ст.						
6. Расчетный напор $H_{расч}=H+H_{вак}$, см						
7. Объем воды в мерной емкости **W**, $см^3$						
8. Время наполнения принятого объема **t**, с						
9. Объемный расход воды **Q**, $см^3/с$						
10. Коэффициент расхода **μ**						
11. Координата траектории струи **x**, см						
12. Координата траектории струи **y**, см						
13. Коэффициент скорости **φ**						
14. Коэффициент сжатия **ε**						

5.2.4. Обработка экспериментальных данных

Для удобства вычислений линейную размерность следует принять в см, поэтому ускорение $g = 981$ см/с^2.

До начала обработки экспериментальных данных следует проверить, чтобы в табл.5.2 или табл. 5.3 были внесены следующие величины, полученные в результате измерений:

d - диаметр отверстия или насадков;

H - действующий напор;

W - объем воды в мерной емкости;

t – время заполнения фиксированного объема воды;

x и ***y*** - координаты вытекающей струи;

$\mathbf{d_{сж}}$ - диаметр сжатого сечения струи для малого отверстия;

$\mathbf{h_{вак}}$ - показание вакуумметра для насадков.

При обработке опытных данных следует вычислить следующие параметры и внести в соответствующую таблицу.

1. Площадь живого сечения $\omega = \pi d^2 / 4$.
2. Объемный расход воды $Q = W / t$.
3. Коэффициент расхода $\mu = Q / \omega\sqrt{2gH}$. (5.6)
4. Коэффициент скорости, определяется по формуле 5.2

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \zeta_{отв}}}.$$

5. Значение коэффициента сжатия ε определяется, исходя из величины коэффициентов расхода μ и скорости φ согласно формуле 5.5:

$$\varepsilon = \mu / \varphi.$$

6. Опытное значение коэффициента сжатия ($\varepsilon_{оп}$) можно получить путём геометрических замеров диаметра отверстия и диаметра струи в сжатом сечении и рассчитать по формуле 5.3: $\varepsilon = d_{сж}^2 / d^2$.

7. Величину вакуумметрического напора в гидравлических насадках рассчитываем в см вод. ст., исходя из следующих рассуждений. Вакуумметрическое давление внутри насадка определяется по зависимости:

$$p_{вак} = \rho_ж g h_{вак}, \quad (5.7)$$

где $\rho_ж$ – плотность жидкости в приборе (уточняется у преподавателя);

$\mathbf{h_{вак}}$- показание U-образного вакуумметра.

Вакуумметрический напор внутри насадка в см вод.ст. найдется из соотношения

$$H_{вак}\,(\text{см вод.ст.}) = p_{вак}/\rho_{воды} g = \rho_ж h_{вак} / \rho_{воды}. \quad (5.8)$$

Показание $\mathbf{h_{вак}}$ U-образного манометра следует снимать в см.

Закончив обработку экспериментальных данных, следует проанализировать полученные величины коэффициентов расхода, скорости и сжатия и сравнить их с табличными значениями, приведенными в табл. 5.1.

5.2.5. Вопросы для самопроверки и составления вывода по работе

1. Какое отверстие называется малым отверстием в тонкой стенке?
2. Какое явление называется инверсией струи?
3. Что такое гидравлический насадок? Классификация насадков.
4. Приведите расчетную формулу пропускной способности **Q**, (расхода) для отверстий и насадков.
5. Каковы особенности истечения жидкости через насадки?
6. Как влияет возникновение вакуума в насадке на величину расхода?
7. Какими коэффициентами характеризуется процесс истечения через отверстия и насадки? От чего зависит величина этих коэффициентов?
8. Опишите принцип действия лабораторной установки для изучения процесса истечения жидкости через отверстия и насадки.
9. Какие показания снимаются в процессе проведения лабораторной работы?

10. Какие параметры и коэффициенты рассчитываются, исходя из опытных данных?

11. Приведите примеры области применения отверстий и насадков.

Состав отчета

Отчет составляется на стандартных листах формата А4 и содержит следующее:

- краткие теоретические положения, обязательно включающие используемые расчетные формулы с расшифровкой обозначений и их размерностями;
- схему установки с названиями входящих в нее элементов;
- выводы по работе, в которых должны быть сформулированы цели и задачи эксперимента, описан процесс истечения жидкости через отверстие и особенности истечения через насадки. Провести сравнение опытных и табличных значений характеристических коэффициентов скорости, сжатия и расхода, дана оценка проведенным опытам.

Лабораторная работа № 6

Определение эквивалентной шероховатости трубопровода

6.1. Теоретические положения

При движении жидкости в напорном трубопроводе потери напора по длине трубы постоянного сечения зависят от геометрических размеров трубопровода l, d, скоростного напора $v^2/(2g)$ и коэффициента гидравлического трения λ и рассчитываются по формуле Дарси-Вейсбаха:.

$$h_l = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g}.$$

Как известно (см. лабораторную работу №3), коэффициент Дарси λ в общем случае является функцией числа Рейнольдса и шероховатости $\lambda = f(Re, \Delta/d)$. Движение воды в технических трубопроводах чаще всего происходит при турбулентном режиме, так как ламинарный режим в них весьма неустойчив. При турбулентном режиме определение коэффициента Дарси обусловлено областью (зоной) сопротивления. Понятие области сопротивления связано с шероховатостью и толщиной образующегося у стенки трубопровода пограничного слоя (или подслоя), называемого вязким (ранее – ламинарным) пристенным слоем, толщину которого можно оценить по формуле (3.5)

$$\delta = \frac{32{,}5d}{Re\sqrt{\lambda}}.$$

Данный слой характеризуется малыми скоростями движения жидкости, и его толщина влияет на характер трения при турбулентном режиме и на общий закон сопротивления (3.3)

$$I = \frac{h_l}{l} = av^n,$$

в связи с которым выделено 3 зоны сопротивления турбулентного режима.

Область гидравлически гладких труб. Это такое условие движения жидкости, когда толщина пограничного слоя больше высоты выступов абсолютной шероховатости, и она не влияет на величину коэффициента Дарси.

Согласно формуле (3.5) с увеличением числа **Re** толщина пограничного слоя δ уменьшается, происходит разрыв его выступами шероховатости. На величину коэффициента λ начинает влиять как число Рейнольдса, так и шероховатость трубы. Течение вдоль ***гидравлически шероховатых стенок,*** когда с возрастанием числа Рейнольдса толщина вязкого слоя уменьшается и при достижении определенного значения ($\mathbf{Re = 20\,d / \Delta_э}$), становится меньше абсолютной шероховатости, делится на 2 зоны.

Область доквадратичного сопротивления. Исследования показали, что потери по длине в этом случае пропорциональны скорости в степени $\mathbf{1{,}75<n<2{,}0}$. Значения коэффициента λ для технических труб с неравномерной шероховатостью определяются по формуле А.Д. Альтшуля

$$\lambda = 0{,}11\left(\frac{68}{Re} + \frac{\Delta_э}{d}\right)^{0.25}. \qquad (3.9)$$

Область квадратичного сопротивления. Для неравномерной шероховатости в технических трубах предельное значение числа Рейнольдса, при котором начинает действовать квадратичный закон сопротивления, можно с точностью до 5% принять $\mathbf{Re = 500d / \Delta_э}$. В этом случае коэффициент сопротивления является функцией только шероховатости и не зависит от числа **Re** . Для зоны квадратичного сопротивления существует ряд формул для расчёта коэффициента λ, например, Б.Л. Шифринсона (3.12)

$$\lambda = 0{,}11(\Delta_э/d)^{0{,}25}.$$

Обычно естественная действительная неравномерная шероховатость имеет многообразные нерегулярные формы (рис.3.1, а, б) и установить ее среднее значение невозможно. Поэтому параметр шероховатости вводится как условная величина - ***гидравлически эквивалентная шероховатость*** $\Delta_э$ (рис.3.1 в). Это - равномерно зернистая условная шероховатость, которая определяется путем измерения сопротивления. Она зависит:

- от материала и способа производства труб (например, чугунные трубы изготовленные центробежным литьем более гладкие, чем сварные); трубы, изготовленные одним и тем же способом, имеют одинаковую эквивалентную шероховатость независимо от диаметра;
- от свойства жидкости, протекающей по трубе; влияние жидкости на внутреннюю поверхность трубы может проявиться в виде коррозии стенок, образовании наростов и осадка;
- от продолжительности эксплуатации труб.

Рекомендации по величине $\Delta_э$ можно найти в справочной литературе (например, И.Е. Идельчик "Справочник по гидравлическим сопротивлениям) для различного вида труб, как металлических – стальных, чугунных, так и бетонных, асбестоцементных, деревянных, фанерных, стеклянных и т.д. Весьма важно уметь определять $\Delta_э$ опытным путем.

6.2 Выполнение лабораторной работы

6.2.1. Цель лабораторной работы

Целью лабораторной работы является определение эквивалентной шероховатости трубы.

Так как лабораторная работа выполняется на установке, схема которой представлена на рис. 3.3, и для расчета $\Delta_э$ необходимо определить коэффициент Дарси, то описание лабораторной установки и выполнение

эксперимента следует смотреть в разделах **3.2.2** и **3.2.3**. Исходные, экспериментальные и расчетные данные заносятся в таблицу 6.1.

6.2.2.Обработка результатов лабораторной работы.

1. Рассчитывается площадь живого сечения трубы:

$$\omega = \pi d^2 / 4.$$

2. В соответствии с температурой по табл. 2.2.выбирается кинематический коэффициент вязкости воды ν.

3. Находится величина расхода воды в каждом опыте:

$$Q = W / t.$$

4. Определяется средняя скорость воды в каждом опыте:

$$v = Q / \omega.$$

5. Вычисляются потери напора:

$$h_l = p_1/(\rho g) - p_2/(\rho g).$$

6. Рассчитывается опытное значение коэффициента гидравлического трения:

$$\lambda_{оп} = \frac{2gdh_l}{lv^2}.$$

7. Для каждого опыта вычисляется число Рейнольдса **Re**

$$Re = \frac{vd}{\nu}.$$

8. Вычисляется значение эквивалентной шероховатости Δ, по зависимости, полученной из формулы Альтшуля:

$$\Delta_э = d\left[\left(\frac{\lambda}{0{,}11}\right)^4 - \frac{68}{Re}\right]. \qquad (6.1)$$

9. Определяется по формуле (3.5) толщина пристенного вязкого слоя

$$\delta = \frac{32{,}5d}{Re\sqrt{\lambda}}.$$

10. По соотношению $\Delta_э$ и δ выясняется область сопротивления турбулентного режима.

6.2.3. Вопросы для самопроверки и составления выводов по работе

1. Какие потери напора называются потерями по длине? Расчётная формула потерь по длине.

2. Функцией каких параметров является коэффициент сопротивления **λ**?

3. Что лежит в основе методики выбора расчётной зависимости коэффициента **λ**?

4. Какие области сопротивления различают при турбулентном режиме?

5. От чего зависит коэффициент гидравлического трения в каждой области сопротивления?

6. Каковы расчётные формулы коэффициента **λ** для каждой области сопротивления при турбулентном режиме?

7. Как экспериментально определяются потери напора по длине? Из каких частей состоит лабораторная установка для определения потерь по длине и эквивалентной шероховатости труб?

8. Как определяется расход воды в системе?

9. Как рассчитывается скорость воды в трубе

10. С какой целью определяется температура воды?

11. Как определяется режим движения воды? Каков он в опытах?

12. Как рассчитывается эквивалентная шероховатость?

13. Как определяется толщина вязкого слоя?

14. Какое заключение можно сделать из сравнения полученной эквивалентной шероховатости и толщины пограничного слоя?

Таблица 6.1

Определение эквивалентной шероховатости

Наименование параметров	Номер опыта					
	1	2	3	4	5	6
1. Диаметр трубы **d** ,см						
2. Длина рабочего участка *l*, см						
3. Площадь живого сечения **ω**, см^2						
4. Температура воды **T**, °C						
5. Кинематический коэффициент вязкости воды **ν**, см^2/с						
6. Объём воды в мерном баке **W**,см^3						
7. Время заполнения объёма **t**, с						
8. Расход воды **Q**, см^3/с						
9. Средняя скорость воды **v**, см/с						
10. Показание первого пьезометра $p_1/(\rho g)$, см						
11. Показание второго пьезометра $p_2/(\rho g)$, см						
12. Потери напора h_l, см						
13. Опытное значение коэффициента $\lambda_{оп}$						
14. Число Рейнольдса **Re**						
15. Эквивалентная шероховатость $\Delta_э$, см						
17. Толщина вязкого слоя δ, см						
18. Область сопротивления						

Состав отчета

Отчет составляется на стандартных листах формата А4 и включает в себя:

- краткие теоретические положения, где обязательно приводятся используемые расчетные формулы с расшифровкой обозначений и их размерностями;
- схему установки с названиями входящих в нее элементов;
- выводы по работе, в которых даются ответы на следующие вопросы: 11,12, 13, 14.

Список использованной литературы

1. ***Альтшуль А.Д.*** Гидравлические сопротивления. М.: Недра,1970.
2. ***Гейер В.Г., Дулин В.С.*** и др. Гидравлика и гидропривод. - М.: Недра, 1990.
3. ***Константинов Н.М.*** и др. Гидравлика, гидрология, гидрометрия. - М.: Высшая школа, 1987.
4. ***Идельчик И.Е.*** Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М.:Машиностроение, 1992.
5. ***Лабораторный курс гидравлики, насосов и гидропередач.*** / под ред.С.С. Руднева и Л.Г. Подвидза. – М.: Машинотроение, 1984.
6. ***Чугаев Р.Р.*** Гидравлика (техническая механика жидкости). М.: Энергия, 1986

Татьяна Павловна Бебенина
Светлана Ивановна Часс
Наталья Владимировна Савинова

Лабораторный практикум по гидродинамике

Корректура кафедры технической механики
Подписано в печать 15.03.2004 г.
Бумага писчая. Формат 60x84 1/16.
Печ.л. 4,4. Уч.изд. л.3,89. Тираж 350 экз. Заказ №46

Издательство УГГГА
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральская государственная горно-геологическая академия
Лаборатория множительной техники

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Б1.В.04 ГИДРОМЕХАНИКА

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Технологическая безопасность и горноспасательное дело

Авторы: Двинин Л.А., доцент, к.т.н., Двинина Л. Б., доцент, к.т.н.

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией
Технической механики	Горнотехнологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____ *(подпись)*	Председатель _____ *(подпись)*
Волков Е.Б.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 15.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

Методические указания адресованы студентам, обучающимся по направлению подготовки 25.05.04 Горное дело, и призваны обеспечить эффективную самостоятельную работу по курсу «ГИДРОМЕХАНИКА».

Форма контроля самостоятельной работы студентов – проверка на практическом занятии, контрольные работы, зачет.

ФОРМЫ И СОДЕРЖАНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Расчетно-графическая работа

Расчетно-графические работы выполняются по методической литературе, изданной кафедрой:

Часс С. И. [Текст]: Гидромеханика. Сборник задач. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. – 145 с.

Часс С. И. [Текст]: Гидравлика. Гидромеханика. Сборник задач и контрольных заданий. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009. – 137 с.

Номера вариантов берутся по номеру в списке группы или назначаются преподавателем, номера заданий берутся по таблице.

Методические рекомендации для решения задач и примеры для самостоятельного решения приведены в учебных пособиях:

Бебенина Т.П: Гидромеханика: Конспект лекций. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2016. – 224 с.

Часс С. И.: Гидравлика, гидромеханика. Механика жидкости и газа. Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. – 215 с.

Тематика расчетно-графических работ:

1. Определение давления в точке жидкости, приборы для измерения давления. Гидростатический закон распределения давления, закон Паскаля.
2. Аналитический метод и графоаналитический метод определения силы на плоские поверхности.
3. Определение силы давления на криволинейные поверхности, закон Архимеда.
4. Ламинарный и турбулентный режимы движения, гидравлические сопротивления, расчет простых коротких трубопроводов.
5. Элементы расчетов сложных трубопроводных систем.

Для подготовки к практическим занятиям преподаватель может привлекать дополнительную литературу, а также раздаточный материал.

Подготовка к контрольной работе проводится студентом самостоятельно в рамках часов, выделенных на самостоятельную работу в учебном плане.

Контрольная работа № 1

1.Дать понятие вязкости жидкости. Представить коэффициенты, характеризующие вязкость жидкости, единицы измерения коэффициентов. Записать закон Ньютона.

2.Представить давление ***p***=720 мм рт. ст. в единицах измерения системы СИ.

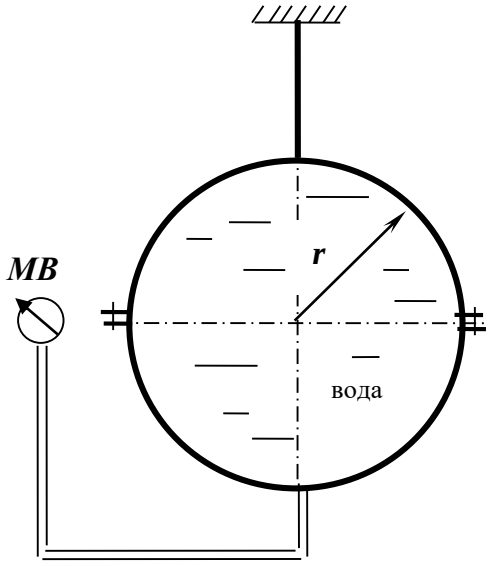
3.Определить какое давление – манометрическое или вакуум – показывает мановакуумметр, если абсолютное давление в измеряемой области равно 68 кПа. Величину давления представить в барах.

4.Определить давление в резервуаре, заполненном водой, на глубине ***h*** = 1,2 м, если избыточное давление на поверхности жидкости $p_{изб}$=62 кПа.

5.Сформулировать закон Архимеда.

Задача

Шаровой сосуд радиусом ***r*** = 0,4 м, заполненный водой, висит на тяге, прикрепленной к его верхней половине. Найти давление в центре сосуда (показание пружинного мановакуумметра ***MB***), при котором нижнюю половину сосуда, имеющую силу тяжести ***G*** =1500 Н, можно не закреплять. Каким должно быть показание прибора, если силу тяжести не учитывать?



Контрольная работа № 2

1.Записать формулу связи коэффициентов вязкости: динамического μ и кинематического ν.

2.Представить давление $\boldsymbol{p}$ = 1,2 ат в единицах измерения системы СИ.

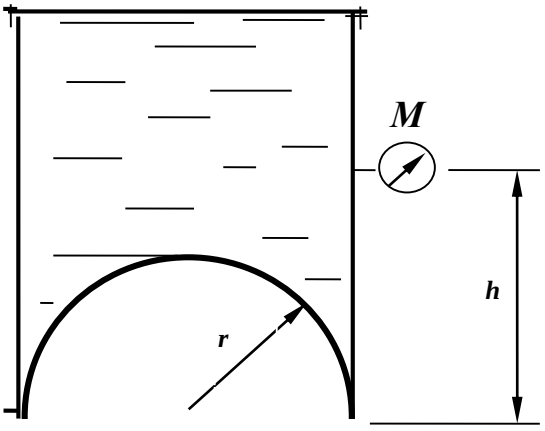
3.Определить абсолютное давление в резервуаре, заполненном воздухом, если показание вакуумметра, установленного на резервуаре, равно $\boldsymbol{p}_{вак}$=0,6 ат.

4.Определить каким будет показание манометра (в бар), установленного на глубине $\boldsymbol{h}$ =1,2 м открытого резервуара, заполненного бензином. Плотность бензина $\rho_{б}$= 700 кг/м^3.

5.Записать дифференциальные уравнения равновесия жидкости.

Задача

Определить силу давления воды на полусферическое дно резервуара радиуса $\boldsymbol{r}$ = 1 м, если показание манометра $\boldsymbol{M}$, установленного на расстоянии $\boldsymbol{h}$ = 1,3 м, равняется $\boldsymbol{p}_{ман}$= 0,2 бар.



Контрольная работа № 3.

1.Дать понятие физического свойства жидкости ***сжимаемость.***
Привести формулу коэффициента объемного сжатия.

2.Представить давление p = 196 кПа в атмосферах технических (ат).

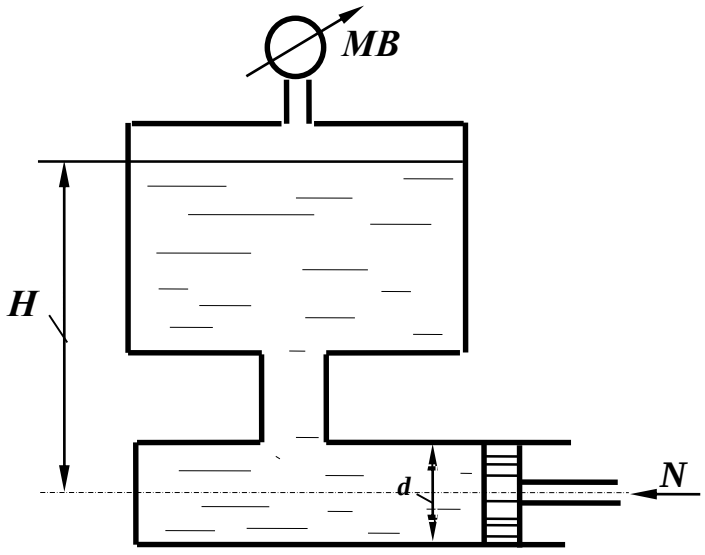
3.Манометрическое давление в измеряемой области равно $p_{ман}$ = 32 кПа. Записать величину абсолютного давления в области измерения.

4.Избыточное давление на поверхности масла в закрытом резервуаре равно $p_{изб}$= 0,13 ат. На какой глубине h установлен манометр, если его показание равно $p_{ман}$= 0,31 ат; плотность масла $\rho_м$= 900 кг/м^3.

5.Записать гидростатический закон распределения давления.

Задача

Определить усилие N, которое надо приложить к штоку поршня для удержания его на месте, если показание мановакуумметра $p_{мв}$= 0,5 ати, диаметр штока d = 100 мм, высота уровня масла над осью штока H = 1,5 м, плотность масла $\rho_м$ = 800 кг/м^3.



Контрольная работа № 4

1.Дать понятие физического явления ***кавитация***.
2.Представить давление $\boldsymbol{p}$ = 500 мм рт.ст. в единицах измерения системы СИ.

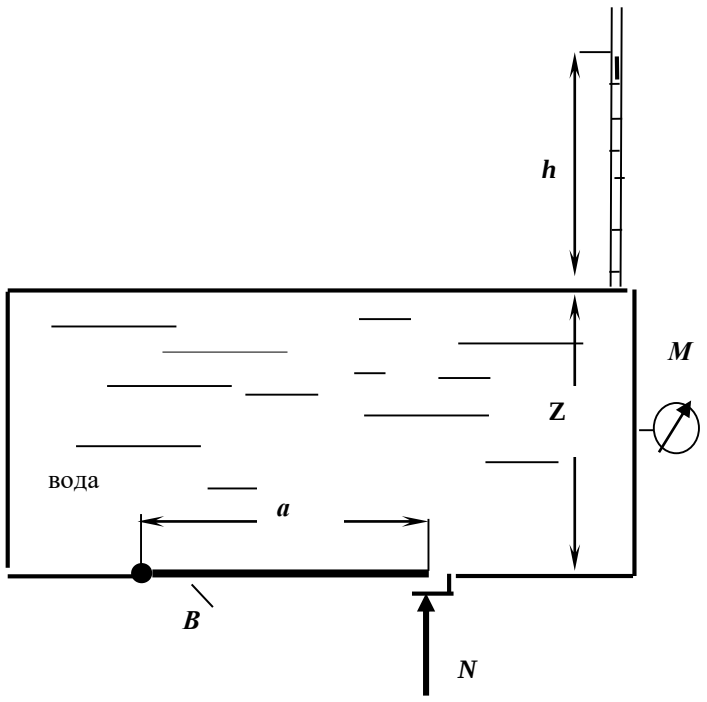
3.Вакуумметрическое давление в измеряемой области равно $\boldsymbol{p}_{вак}$=38 кПа, записать величину абсолютного давления в области измерения.

4.Определить, каким должно быть давление на поверхности масла закрытого резервуара, если показание манометра на глубине $\boldsymbol{h}$ = 0,8 м равно $\boldsymbol{p}_{ман}$= 0,12 ат. Плотность масла принять равной $\rho_м$ =900 кг/м^3.

5.Сформулировать закон Паскаля.

Задача

Определить показание манометра ***M*** в центре боковой стенки резервуара с водой, а также усилие ***N***, приложенное к запорному устройству плоской квадратной крышки ***B*** при следующих данных: ***Z*** = 3 м; ***h*** = 2 м; ***a*** = 1 м.



Контрольная работа № 5

1.Дать понятие гидростатического давления. Свойства гидростатического давления. Единицы измерения давления в системе СИ.

2.Представить давление p = 200 мм рт. ст. в Па.

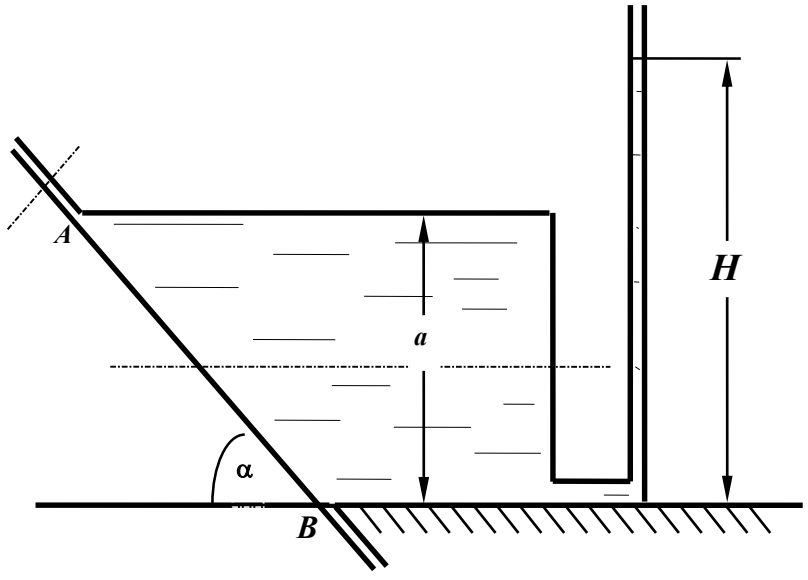
3.Определить, какое давление, манометрическое или вакуум, показывает мановакуумметр и его величину, если абсолютное давление в измеряемой области равно $p_{абс}$= 0,8 ат.

4.Определить, каким будет показание мановакуумметра на глубине h = 2,2 м закрытого резервуара, заполненного водой, если на поверхности жидкости действует вакуумметрическое давление $p_{вак}$= 0,1 ат.

5.Дать определение свойства жидкости ***вязкость***.

Задача

Определить силу давления на крышку маслобака AB, если показание пьезометра H = 400 мм, угол наклона крышки α = 45°. В сечении бак имеет форму квадрата со стороной a = 200 мм. Плотность масла $\rho_м$ = 900 кг/м^3.



Контрольная работа № 6

1. Дать понятие плоскости уровня, представить уравнение плоскости уровня.

2. Представить перевод давления p =1,2 ат в м вод.ст., в Па.

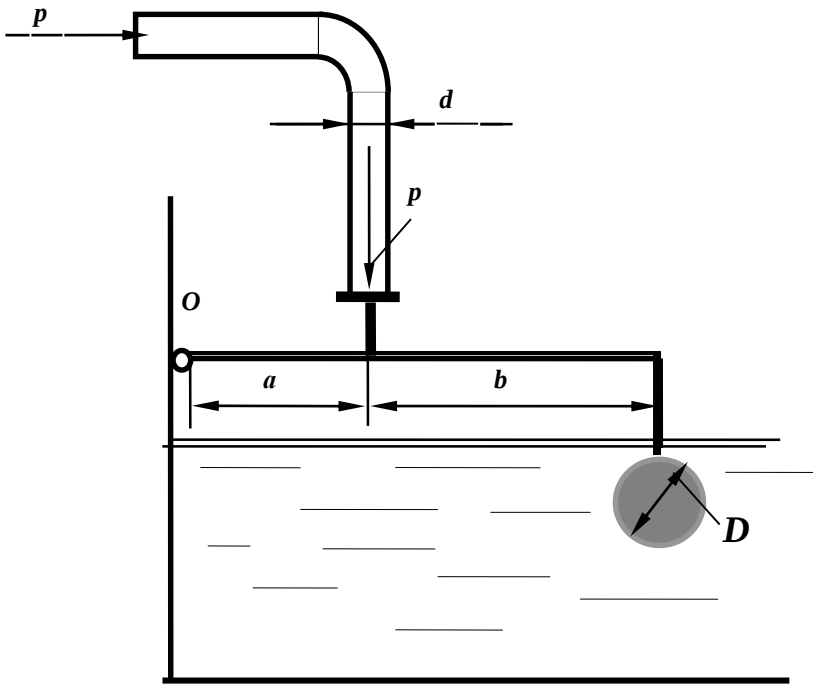
3. Дать понятие абсолютного давления. Записать абсолютное давление при манометрическом давлении $p_{ман}$= 32 кПа.

4. Показание манометра на определенной глубине в открытом резервуаре с водой равно $p_{ман}$=0,14 ат. Определить, как изменится показание манометра на той же глубине, если резервуар заполнить маслом плотностью $\rho_м$= 800 кг/м^3.

5. Нарисовать схему пьезометра для измерения абсолютного давления.

Задача

Вода, подаваемая под давлением p = 2,5 ати по трубе d = 150 мм, заполняет резервуар. Определить минимально необходимый диаметр D шарообразного поплавка, обеспечивающий автоматическое закрытие клапана при наполнении резервуара, если: a = 100 мм; b = 500 мм. Собственным весом рычага, клапана и поплавка пренебречь



Контрольная работа № 7

1. Записать основное уравнение гидростатики, пояснить все входящие в него параметры.

2. Представить давление $\boldsymbol{p}$ = 1,6 ат в единицах измерения системы СИ.

3. Дать понятие абсолютного давления. Записать величину абсолютного давления при вакуумметрическом давлении $\boldsymbol{p}_{вак}$= 38 кПа.

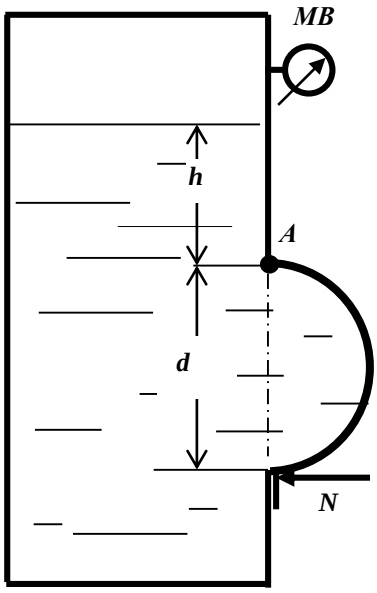
4. Показание манометра на определенной глубине открытого резервуара, заполненного бензином плотностью $\rho_{бен}$= 700 кг/м^3, равно $\boldsymbol{p}_{ман}$= 0,12 ат. Как изменится показание манометра на той же глубине, если резервуар заполнить маслом плотностью $\rho_{мас}$= 900 кг/м^3.

5. По какой формуле следует определять силу давления жидкости на плоскую стенку, если на свободной поверхности жидкости действует абсолютное давление $\boldsymbol{p_0}$ больше атмосферного, а не смоченная сторона стенки находится под атмосферным давлением?

Задача

Закрытый резервуар заполнен дизельным топливом с плотностью ρ = 846 кг/м^3. В вертикальной стенке резервуара имеется прямоугольное отверстие, закрытое полуцилиндрической крышкой. Она может поворачиваться вокруг горизонтальной оси в точке ***A***. Пренебрегая силой тяжести крышки, определить усилие ***N***, которое нужно приложить к крышке, чтобы она не открывалась при следующих данных: $\boldsymbol{p_{MB}}$ = 11,4 кПа; $\boldsymbol{d}$ = 1 м; $\boldsymbol{h}$ = 1 м; $\boldsymbol{b}$ =1,2 м.

Размер $\boldsymbol{b}$ перпендикулярен плоскости чертежа.



Контрольная работа № 8

1.Записать гидростатический закон распределения давления. Дать определение геометрического и пьезометрического напоров.

2.Представить давление $\boldsymbol{p}$ =196 кПа в технических атмосферах (ат).

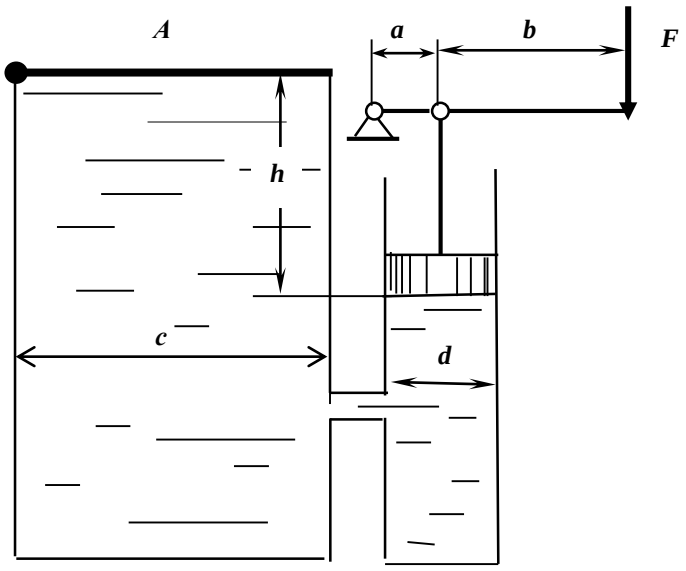
3.Определение абсолютного давления. Чему равно абсолютное давление при манометрическом давлении $\boldsymbol{p}_{ман}$= 62 кПа.

4.Показание манометра, установленного на закрытом резервуаре, заполненном маслом плотностью $\rho_{мас}$= 800 кг/м^3, равно $\boldsymbol{p}_{ман}$= 0,12 ат. Рассчитать, какой должна быть высота уровня масла в пьезометре, выведенном на уровне установки манометра.

5.Дать понятие тела давления, на примерах пояснить различные тела давления.

Задача

К рычагу гидроусилителя приложена сила $\boldsymbol{F}$. Определить силу давления жидкости с плотностью ρ = 900 кг/м^3 на квадратную крышку $\boldsymbol{A}$ при следующих данных: $\boldsymbol{F}$ = 180 Н; $\boldsymbol{d}$ = 40 мм; $\boldsymbol{c}$ =1 м; $\boldsymbol{h}$ = 1 м; $\boldsymbol{a}$ = 10 мм; $\boldsymbol{b}$ =40 мм.



Контрольная работа № 9

1.Понятие гидростатического давления. Расчетная формула давления. Единицы измерения давления.

2.Представить давление, равное p = 12 м вод. ст., в единицах измерения системы СИ.

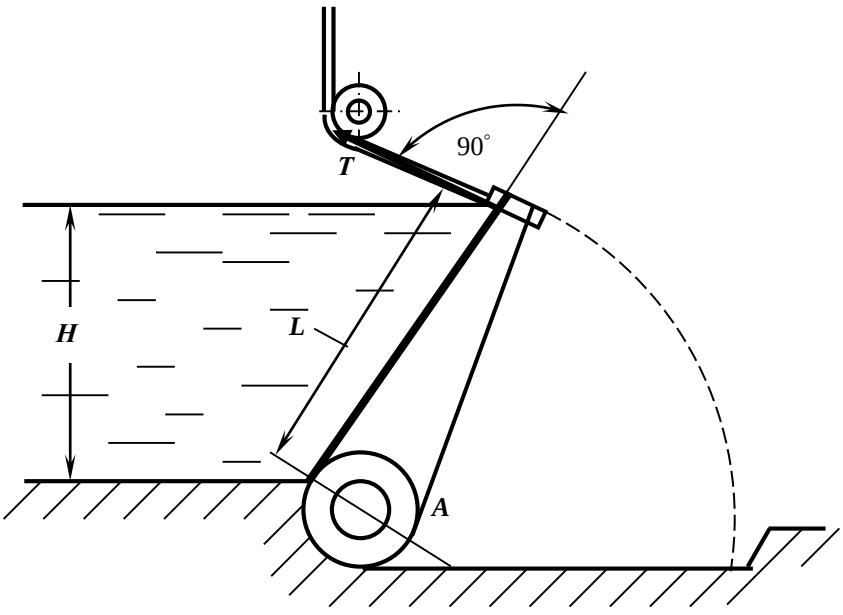
3.Абсолютное давление в измеряемой области равно $p_{абс}$= 0,38 ат. Установить, каким прибором следует пользоваться для измерения давления, рассчитать его величину в системе СИ.

4.Определить давление на поверхности жидкости закрытого резервуара, если показание ртутного U- образного манометра, установленного на глубине h = 1,5 м равно p = 100 мм рт.ст.

5.Какой зависимостью выражается гидростатический напор?

Задача

Плоский прямоугольный затвор с размерами L = 2,5 м и B = 10 м создает подпор воды H = 2,3 м. Затвор может вращаться относительно оси шарнира ***A.*** Определить силу натяжения троса T, удерживающую затвор в заданном положении. Размер B перпендикулярен плоскости чертежа



Контрольная работа № 10

1.Понятие физического свойства ***вязкость.*** Коэффициенты, характеризующие вязкость, единицы их измерения.

2.Перевести давление, равное 12 м вод.ст., в мм рт.ст.

3.Дать понятие абсолютного давления. Записать величину абсолютного давления в измеряемой области, если показание манометра в этой области равно $p_{ман}$= 0,8 ат.

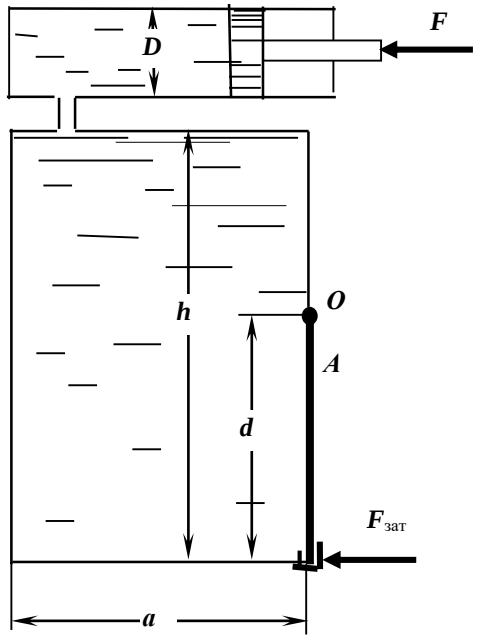
4.Вакуумметрическое давление на поверхности воды в закрытом резервуаре равно $p_{вак}$= 0,6 ат. Установить, каким прибором следует измерить давление на глубине h = 1,5 м и рассчитать его величину.

5.Как расположена линия действия силы избыточного (весового) давления жидкости, действующей на плоскую фигуру любой формы?

Задача

Жидкость в емкости «$a \cdot h$» нагревается до температуры 20ºС. Определить усилие F, которое требуется приложить к поршню расширительного цилиндра диаметром D, чтобы сохранился прежний объем жидкости?

Также найти усилие $F_{зат}$, на которое должен быть рассчитан затвор круглой крышки диаметром d при следующих данных: плотность ρ = 1000 кг/м^3, d =500 мм, D =260 мм, h = 2 м, a =1,5 м; $\beta_т$=150·10^{-6}1/град; $\beta_р$=0,5 ·10^{-10}Па$^{-1}$.



Контрольная работа № 11

1. Понятие ***плоскости уровня***. Уравнение плоскости уровня. Значение параметров, входящих в уравнение.

2. Представить перевод давления p = 100 мм рт. ст. в единицах измерения системы СИ.

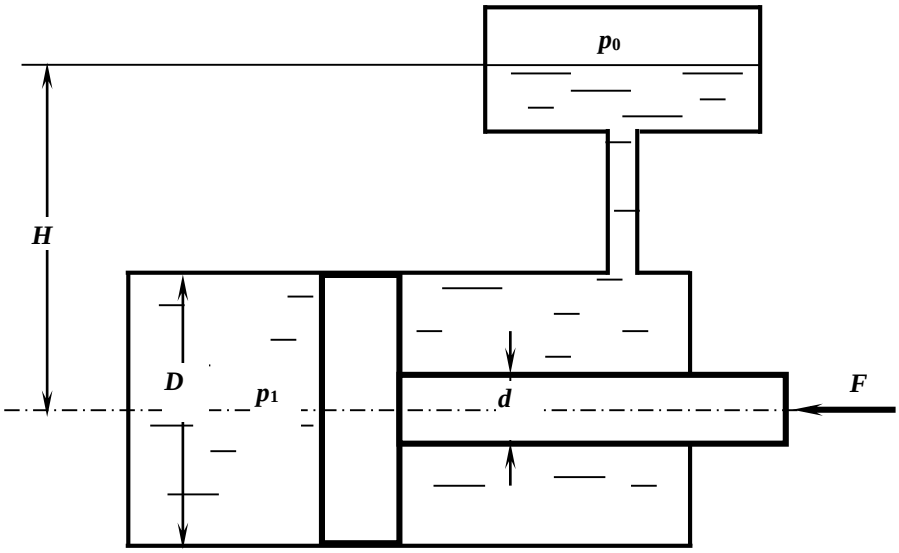
3. Записать величину абсолютного давления в измеряемой области, если показание вакуумметра в этой области $p_{вак}$= 0,6 ат.

4. Вакуумметрическое давление на поверхности закрытого резервуара равно $p_{вак}$= 0,1 ат. Установить каким прибором следует измерить давление на глубине h = 3,0 м и рассчитать его величину.

5. Размерность кинематического коэффициента вязкости в системе СИ

Задача

Определить давление жидкости p_1 в гидроцилиндре, необходимое для преодоления усилия на штоке F при следующих данных: F = 10 кН; диаметр поршня D =160 мм; диаметр штока d = 80 мм; p_0 = 20 кПа, H = 10 м; ρ =900 кг/м^3.



Контрольная работа № 12

1.Записать гидростатический закон распределения давления. Дать понятие геометрического и пьезометрического напоров.

2.Представить давление p = 68 кПа в м вод. ст.

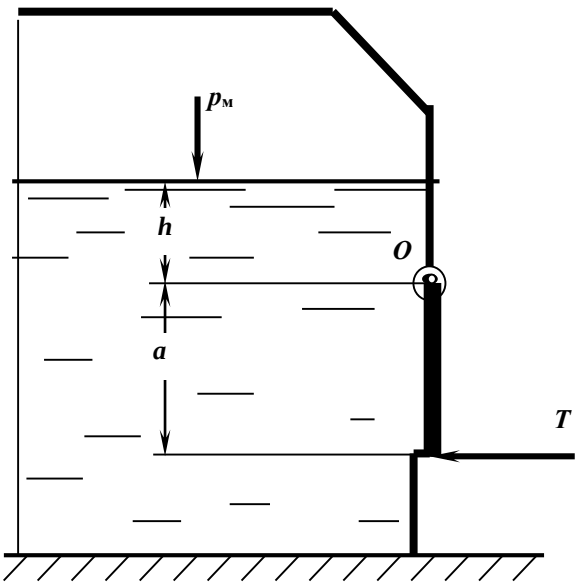
3.Абсолютное давление в измеряемой области равно $p_{абс}$ =198 кПа. Установить, каким прибором следует пользоваться для измерения давления и рассчитать показание этого прибора.

4.Показание манометра на глубине h =1,5 м закрытого резервуара, заполненного водой, равно $p_{ман}$= 0,121 ат. Определить, каким будет показание манометра на той же глубине, если резервуар будет заполнен маслом. Плотность масла равна $\rho_{мас}$= 800 кг/м^3.

5.Записать дифференциальные уравнения равновесия жидкости; пояснить параметры, входящие в уравнения.

Задача

Усилие T удерживает плоскую квадратную крышку со стороной a в закрытом положении. Определить предельно допустимое значение избыточного давления над уровнем жидкости $p_м$, при котором крышка остается в закрытом положении, при следующих данных: T = 2100 Н, a = 50 см, h = 2 м, ρ =1000 кг/м^3.



Контрольная работа № 13

1. Понятие физического свойства жидкости ***капиллярность***.

2. Представить давление $\boldsymbol{p}$ = 300 мм рт.ст. в единицах измерения системы СИ.

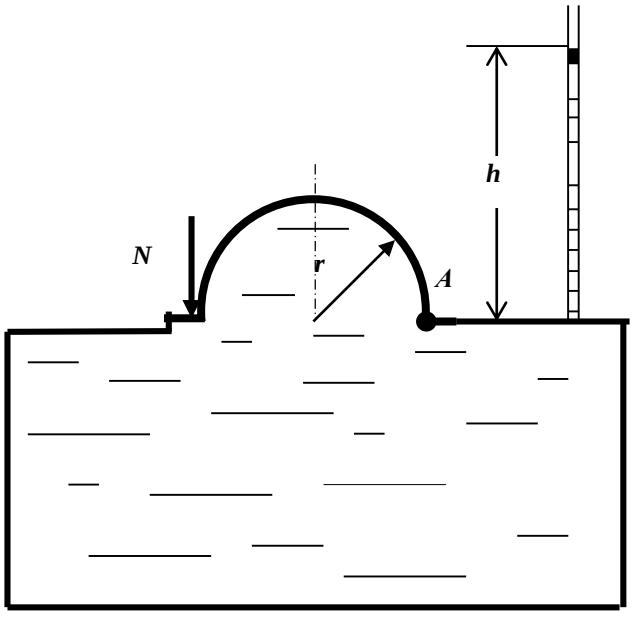
3. Показание манометра в измеряемой области равно $\boldsymbol{p}_{\text{ман}}$= 0,12 ат. Представить расчет абсолютного давления в этой области и его величину в системе СИ.

4. В закрытом резервуаре, заполненном бензином, показание манометра на некоторой глубине составляет $\boldsymbol{p}_{\text{ман}}$= 0,07 ат. Определить пьезометрическую высоту, соответствующую этому давлению: $\rho_б$=700 кг/м^3.

5. Каковы единица измерения ***динамической вязкости*** ?

Задача

Определить усилие $\boldsymbol{N}$, которое нужно приложить к цилиндрическому затвору, установленному на квадратном отверстии крышки резервуара с водой, при следующих данных: $\boldsymbol{h}$ = 1м, $\boldsymbol{r}$ = 0,2 м. Затвор поворачивается вокруг шарнира в точке $\boldsymbol{A}$.



Контрольная работа № 14

1. Представить ***основное уравнение гидростатики***, дать определение, пояснить значение входящих параметров.

2. Представить давление p = 730 мм рт.ст. в ат.

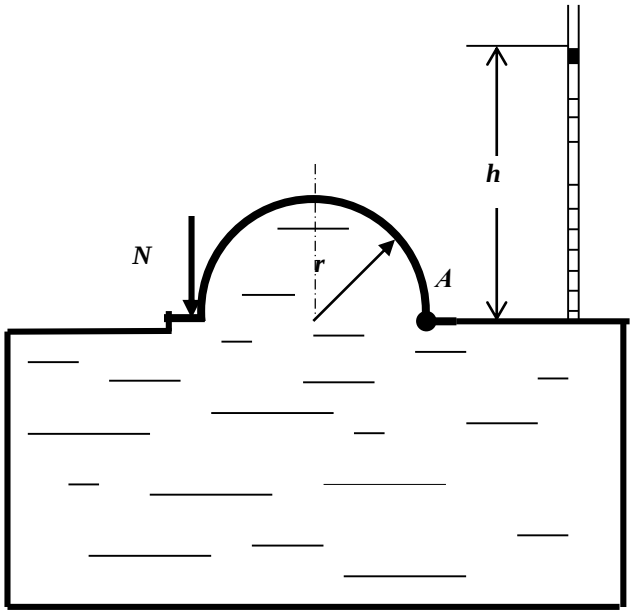
3. Абсолютное давление в измеряемой области равно $p_{абс}$= 68 кПа. Определить, каким будет показание мановакуумметра, установленного в этой области, и величину давления.

4. В закрытом резервуаре, заполненном маслом, показание манометра на определенной глубине составляет $p_{ман}$= 0,06 ат. Определить какой будет пьезометрическая высота (напор) на уровне установки манометра. Плотность масла принять $\rho_м$ = 800 кг/м^3.

5. Дать определение свойства жидкости ***сжимаемость.***

Задача

Запорное устройство полусферической крышки радиусом r рассчитано на усилие N. Определить показание манометра в центре боковой стенки при максимально допустимом давлении в жидкости плотностью ρ = 900 кг/м^3: N = 90 кН, a =3 м, r =0,4 м.



Контрольная работа № 15

1.Записать уравнения Эйлера для равновесного состояния жидкости. Пояснить параметры, входящие в уравнение.

2.Показание манометра на глубине h =2,5 м закрытого резервуара, заполненного водой, равно $p_{ман}$= 0,32 ат. Определить, каким будет показание манометра на той же глубине, если резервуар будет заполнен маслом. Плотность масла равна $\rho_{мас}$= 800 кг/м^3.

3.Определить показание механического вакуумметра (в ат), установленного на воздушном резервуаре, если показание ртутного вакуумметра, присоединенного к тому же резервуару, составляет 0,2 м.

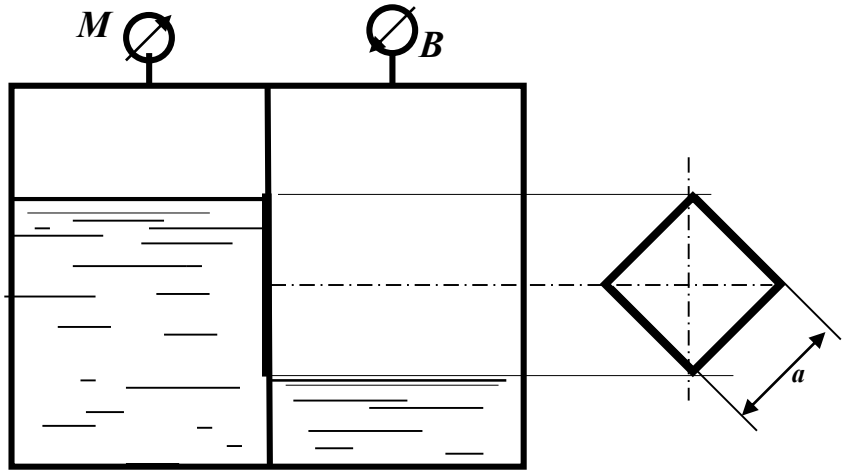
4.В чем физический смысл понятия ***гидростатического давления***.

5.Какие силы действуют в жидкости?

Задача

Замкнутый резервуар с нефтью (ρ =900 кг/м^3) разделен на две части плоской перегородкой, имеющей квадратное отверстие со стороной a = 1 м. Давление над нефтью в левой части резервуара определяется показанием манометра p_M= 0,15 ат, а в правой – показанием вакуумметра p_B= 0,2 ат.

Найти величину силы давления, действующей на крышку, закрывающую отверстие в перегородке, и точку ее приложения.



Контрольная работа № 16

1. Какое движение жидкости называется установившимся?

2. Определить диаметр трубы для пропуска воды с расходом Q = 2,0 л/с при скорости V= 1,0 м/с.

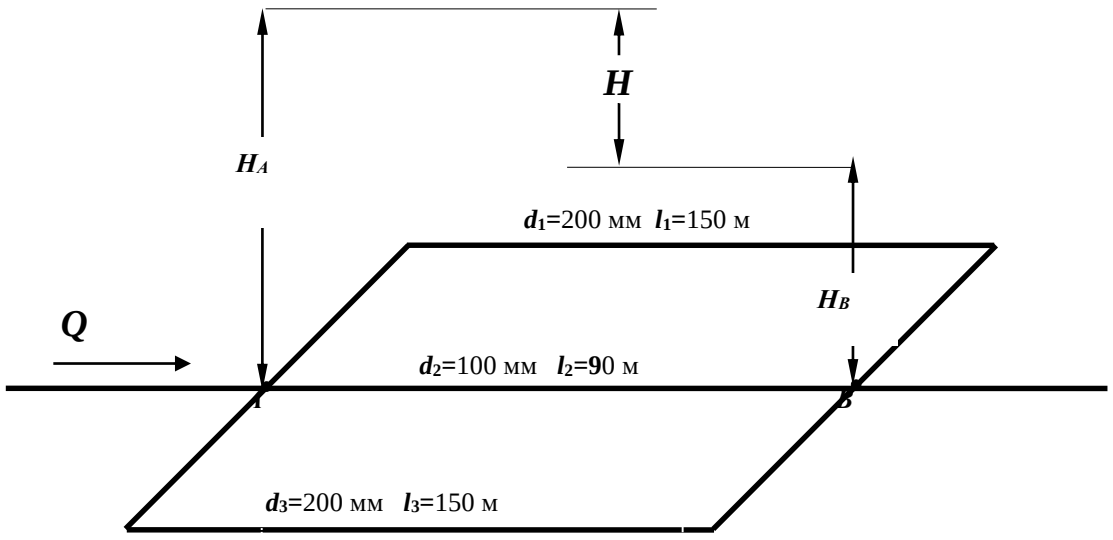
3. Рассчитать коэффициент сопротивления вентиля $\zeta_{вент}$, если потери напора в нем составляют $h_{вент}$= 0,25 м при скорости V= 0,5 м/с.

4. Записать уравнение Бернулли для целого потока реальной жидкости, представить диаграмму уравнения.

5. Определить режим движения жидкости в трубе d = 100 мм, шероховатостью Δ = 0,05 мм при скорости движения V = 0,21 м/с. Коэффициент кинематической вязкости жидкости ν = $0{,}7 \times 10^{-6}$ м^2/с. Для турбулентного режима проверить область сопротивления.

Задача

Определить расход воды, подводимый к системе параллельно соединенных труб, если действующий напор H=10 м. Трубы стальные, новые. Местными потерями пренебречь.



Контрольная работа № 17

1.Какое движение жидкости называется равномерным?

2.Определить скорость движения воды в трубе диаметром d_1 = 50 мм, если при постоянном расходе скорость в трубе d_2= 100 мм равна V_2 = 1,0 м/с.

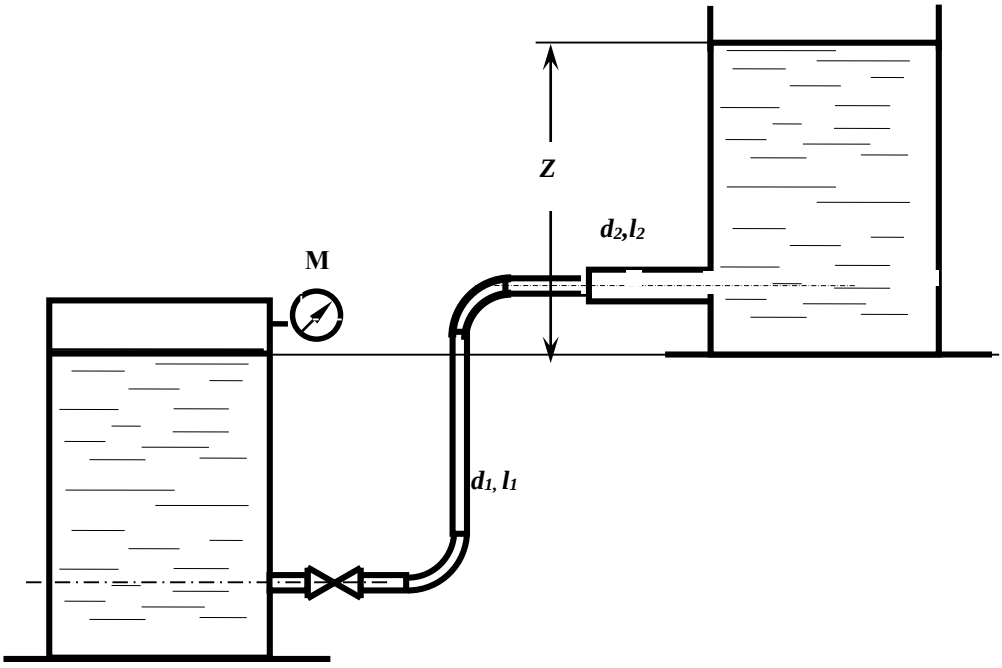
3.Геометрический смысл уравнения Бернулли для идеальной жидкости. Диаграмма уравнения.

4.Определить потери напора в пробковом кране $h_{кр}$, если коэффициент сопротивления крана $\zeta_{кр}$= 17,0, а скорость движения воды V = 1,2 м/с.

5.Определить потери напора при подаче воды по трубопроводу d=200 мм и длиной l=1500 м при скорости потока V=13,1 см/с и температуре 10^0С (ν=0,0131 см^2/с). Трубы стальные, новые (Δ=0,05мм).

Задача

Определить максимально возможную высоту наполнения верхнего резервуара Z из нижней емкости при расходе воды Q = 8 л/с по двум коротким трубам d_1= 100 мм, l_1= 40 м, d_2 = 150 м, l_2 = 60 м при показании манометра $p_м$ = 50 кПа; ν = 0,01 Ст; Δ = 0,1 мм; пробковый кран закрыт на 30^o.



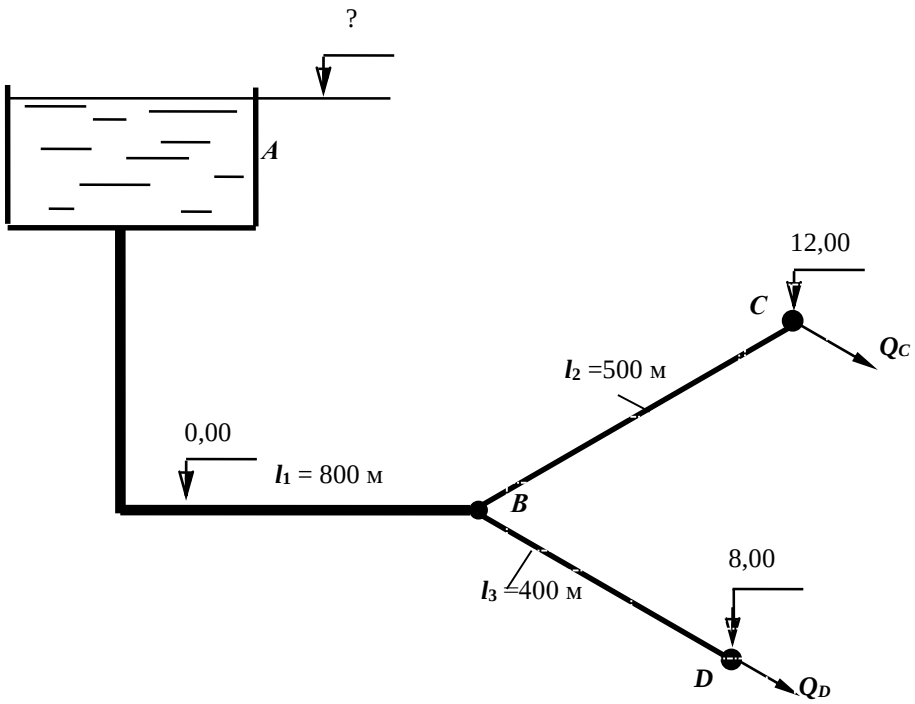
Контрольная работа № 18

1.Какой трубопровод называется коротким?
2.Рассчитать расход воды в трубе d = 100 мм при скорости V =1,27 м/с.
3.Как экспериментально определяется скоростной напор и рассчитывается скорость в точке потока? Нарисовать схему прибора.
4.Какие гидравлические сопротивления называются местными? Привести расчетную формулу определения потерь напора в местных сопротивлениях.
5.Определить режим движения жидкости в трубе d = 100 мм и шероховатостью Δ = 0,05 мм при пропускной способности Q = 1,6 л/с, если коэффициент кинематической вязкости $\nu = 0{,}7 \times 10^{-6}$ м^2/с. Для случая турбулентного режима движения установить область сопротивления.

Задача

Из напорного бака ***A*** идет магистральный трубопровод длиной ***l*** =800 м.

В т.***B*** магистраль разделяется на две нитки: одна идет к пункту ***C***, где расходуется $\boldsymbol{Q}_C$ =11 л/с, другая –к пункту ***D***, где потребляется $\boldsymbol{Q}_D$ =95 л/с. Определить диаметры каждого участка и отметку уровня воды в баке, при условии, что $\boldsymbol{V} \leq$ 1,2 м/с.



Контрольная работа № 19

1.От чего зависит величина коэффициента гидравлического трения в квадратичной области сопротивления турбулентного режима?

2. Рассчитать диаметр трубы для пропуска расхода *Q* =2 л/с при скорости V =1,0 м/с.

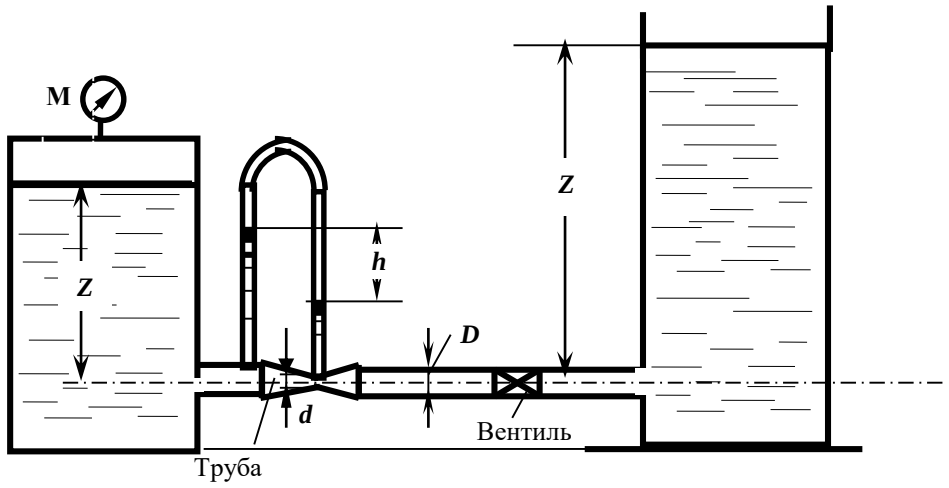
3.Каким прибором определяется полный напор в точке потока жидкости? Начертить схему прибора.

4.Какие внешние факторы вызывают потери напора по длине? Записать расчетные зависимости для определения этих потерь.

5.Определить режим движения жидкости в трубе диаметром ***d*** = 50 мм при расходе **Q** = 1,2 л/с, если коэффициент кинематической вязкости жидкости равен $\nu = 0{,}3 \times 10^{-4}$ м^2/с.

Задача

В трубопроводе диаметром ***D*** = 100 мм длиной ***l*** = 100 м установлен расходомер Вентури с модулем $d^2/D^2 = 0{,}3$.Определить расход воды ***Q*** по перепаду уровней жидкости в дифманометре ***h*** = 0,5 м. Определить избыточное давление на поверхности жидкости в баке, под действием которого происходит движение при следующих данных: $Z_1 = 2$ м, $Z_2 = 5$ м, коэффициенты сопротивления вентиля принять $\zeta_{вен} = 7{,}0$; трубы Вентури $\zeta_{Вент} = 0{,}5$; остальные коэффициенты местных сопротивлений по таблице. Труба водопроводная нормальная (коэффициет Дарси при турбулентном режиме можно определить по таблице).



Контрольная работа № 20

1.Какой трубопровод называется простым?

2.Рассчитать гидравлический радиус потока жидкости в круглой трубе диаметром ***d*** = 100 мм и в трубе квадратного сечения со стороной ***a*** = 200 мм.

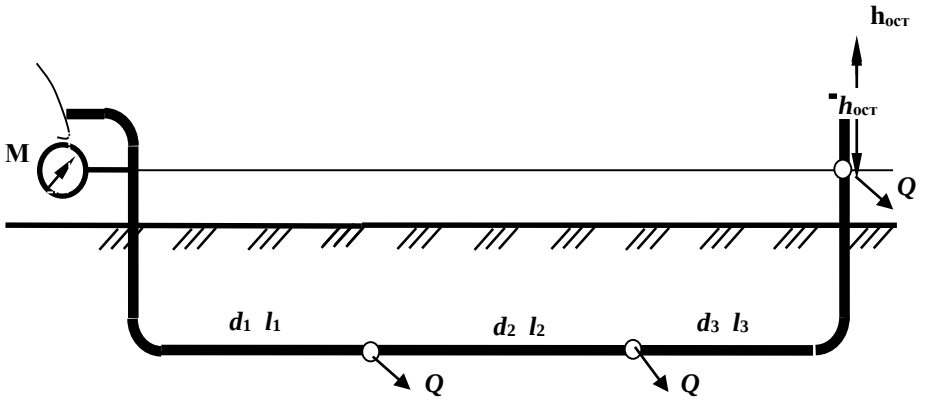
3.Представить уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости, начертить диаграмму уравнения. Дать пояснение всех параметров, входящих в уравнение.

4.Как изменятся потери напора по длине при постоянном расходе, если диаметр трубопровода уменьшится в 2 раза? Показать расчетом.

5.Определить, при каком значении коэффициента кинематической вязкости ν возможен ламинарный режим в трубе ***d*** = 50 мм при скорости движения ***V*** =1,2 м/с.

Задача

Определить расходы воды у потребителей в системе трех последовательно соединенных труб: d_1 = 200 мм, l_1 = 600 м, d_2 = 150 мм, l_2 = 300 м, d_3 = 100 мм, l_3 = 200 м, если показания манометра в начале системы $p_м$ = 3,0 ат и остаточный напор у потребителя должен быть не менее 10 м. Местные потери принять равными 5% от потерь по длине. Построить пьезометрическую линию.



Контрольная работа № 21

1.Дать определение ламинарного режима.

2.Определить, при какой скорости воды в трубе диаметром ***d*** = 100 мм будет обеспечен расход **Q** = 2 ,0 л/с.

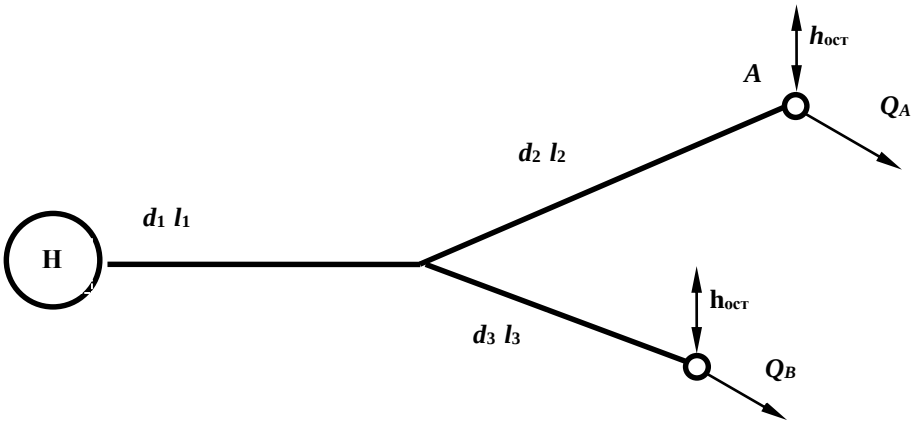
3. Записать уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости, построить диаграмму уравнения, пояснить параметры, входящие в уравнение.

4.Рассчитать потери напора по длине в трубе диаметром ***d*** = 100 мм длиной ***L*** = 10 м при расходе ***Q*** = 8,2 л/с и коэффициенте гидравлического трения λ = 0,04.

5.Определить режим движения воды в трубе диаметром *d* = 100 мм при скорости *V* =1,2 м/с, если кинематический коэффициент вязкости $\nu = 10^{-6}$ м^2/с, шероховатость внутренней поверхности трубы Δ=0,5мм. При турбулентном режиме установить область сопротивления.

Задача

Рассчитать тупиковую водопроводную систему, снабжающую водой шахты ***A*** и ***B***, а также определить высоту водонапорной башни ***H*** (действующий напор), если остаточный напор у потребителя должен быть не менее 10 м , расходы шахт составляют Q_A = 40 л/с; Q_B = 60 л/с, эксплуатационная скорость в трубах $V_{экс}$ =1,5 м/с; длины участков: l_1 = 1000 м, l_2 = 1200 м, l_3 = 900 м. Местные потери принять равными 10% от потерь по длине. Построить пьезометрическую линию. Чертеж представлен в плане



Контрольная работа № 22

1.Охарактеризовать турбулентный режим движения.

2.Определить пропускную способность (расход) для трубы диаметром d = 100 мм при скорости движения потока воды V =1,27 м/с.

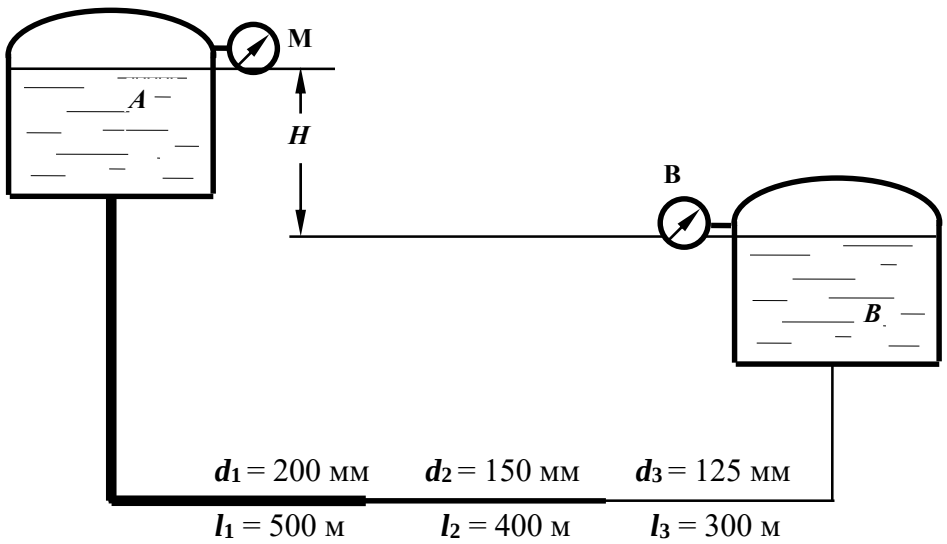
3.Записать уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости, построить диаграмму уравнения. Пояснить параметры, входящие в уравнение.

4.Рассчитать коэффициент гидравлического трения λ для водопроводной трубы d = *100* мм, длиной L = 40 м, если потери напора по длине h_l = 1,5 м при расходе Q = 9 ,5 л/с.

5.Определить режим движения воды в трубе диаметром d = 50 мм с шероховатостью Δ= 1,0 мм при скорости V =1,2 м/с, если кинематический коэффициент вязкости $\nu = 10^{-6}$ м^2/с. Для турбулентного режима установить область сопротивления.

Задача

Расход Q = 20 л/с поступает из напорного бака A в резервуар B по системе последовательно соединенных труб (размеры – на схеме). Определить H при следующих показаниях приборов: $p_{ман}$=0,5 ат, $p_{вак}$= 0,2 ат. Трубы водопроводные нормальные. Местные потери составляют 10% потерь по длине. Построить пьезометрическую линию.



Контрольная работа № 23

1.Что такое критическая скорость и как ее определить для трубопровода?

2.Определить пропускную способность (расход) для трубы диаметром d = 100 мм, при скорости движения потока воды V =2,0 м/с; какой режим движения в трубе при этой скорости?

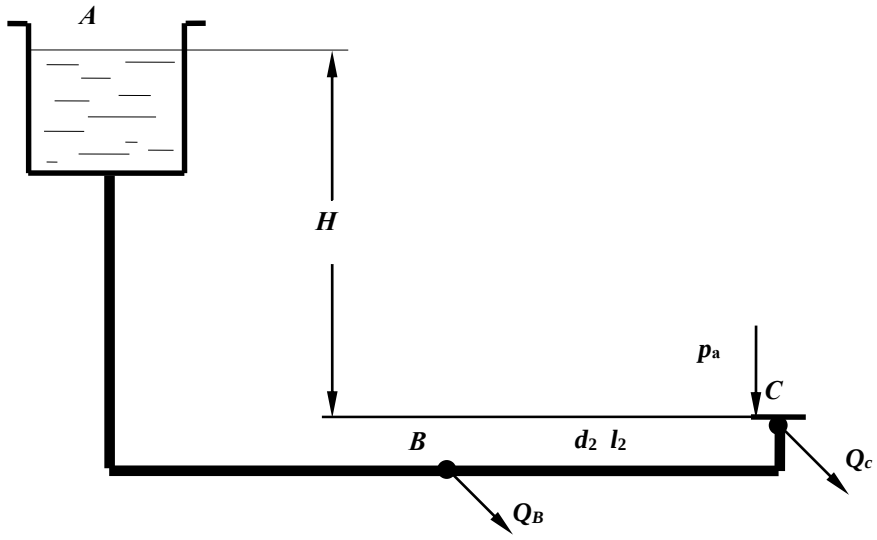
3.Построить диаграмму уравнения Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости; пояснить геометрический смысл уравнения.

4.Как изменятся потери напора по длине, если расход жидкости увеличится в 2 раза, показать расчетом.

5.Определить, при какой скорости возможен ламинарный режим для потока жидкости в трубе диаметром d = 50 мм, если коэффициент кинематической вязкости жидкости равен $\nu = 0{,}3 \times 10^{-4}$ м^2/с.

Задача

Из водонапорного бака A в пункты B и C подаются одинаковые расходы воды $Q_B = Q_c = Q$. Определить величину Q расхода у потребителей, если напор H =15 м, трубы водопроводные, нормальные, соединены последовательно: d_1 = 100 мм, l_1 = 500 м, d_2 = 75 мм, l_2 = 300 м. Местные потери принять равными 5% от потерь по длине.



Контрольная работа № 24

1.Записать уравнение неразрывности потока.

2.Дать понятие гидростатического напора в сечении потока. Как он определяется экспериментально?

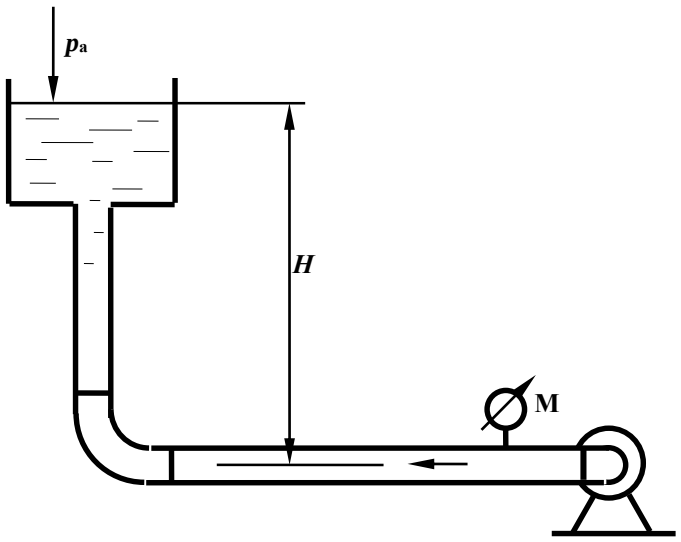
3.Рассчитать при каком значении коэффициента сопротивления пробкового крана $\zeta_{кр}$ будет обеспечен расход $\mathbf{Q}$ = 1 л/с в трубе диаметром $\boldsymbol{d}$ = 50 мм, если величина потерь напора в кране составляет $\boldsymbol{h_{кр}}$= 25 см.

4.Определить потери напора по длине в трубе длиной $\boldsymbol{L}$ = 20 м диаметром $\boldsymbol{d}$ = 50 мм с абсолютной шероховатостью Δ= 0,5 мм при расходе $\mathbf{Q}$ = 2,5 л/с, если коэффициент кинематической вязкости воды $\boldsymbol{\nu} = 10^{-6}$ м^2/с.

5.Рассчитать гидравлический радиус потока жидкости в круглой трубе диаметром $\boldsymbol{d}$ = 200 мм и в трубе квадратного сечения со стороной $\boldsymbol{a}$ = 100 мм.

Задача

Определить манометрическое давление, которое должен создавать насос, чтобы подать воду в количестве $\boldsymbol{Q}$ = 5 л/с в водонапорный бак на высоту $\boldsymbol{H}$ = 12 м по трубопроводу длиной $\boldsymbol{l}$ = 50 м с высотой выступов шероховатости внутренней поверхности трубы $\Delta_э$ = 1мм; при температуре воды $\boldsymbol{t}$ = 15^{0}С (ν = 0,011463 см^2/с). Диаметр трубы $\boldsymbol{d}$=150 мм, коэффициент сопротивления колен $\zeta_{кол}$ = 0,29.



Контрольная работа № 25

1.Определение потерь напора по длине с помощью обобщенных параметров.

2. Рассчитать диаметр трубопровода для пропуска расхода **Q** =4 л/с при скорости ***V*** =1,6 м/с.

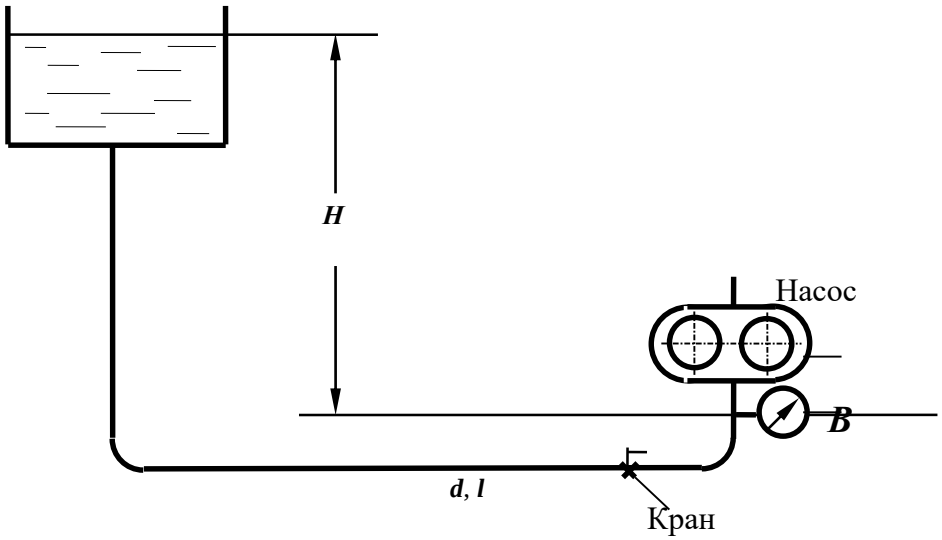
3.Записать уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости, построить диаграмму уравнения. Пояснить параметры, входящие в уравнение, исходя из геометрической интерпретации уравнения.

4.Определить потери напора в пробковом кране $h_{кр}$, если коэффициент сопротивления крана $\zeta_{кр}$= 27,0, а скорость движения воды ***V*** = 2,1 м/с.

5.Определить режим движения жидкости в трубе диаметром ***d*** = 100 мм с абсолютной шероховатостью Δ= 0,05 мм при скорости ***V*** =0,21 м/с, если коэффициент кинематической вязкости жидкости $\nu = 0{,}7 \times 10^{-6}$ м^2/с.

Задача

Определить расстояние ***H*** от уровня жидкости в маслобаке, если давление на входе в шестеренный насос системы смазки, подающий расход ***Q*** = 1 л/с машинного масла $p_{вак}$=0,1 ат; $\rho_м$ = 900 кг/м^3, $\nu = 38 \cdot 10^{-6}$ м^2/с, ***d*** = 35 мм, ***l*** = 5 м, , $\zeta_{кр}$ = 4, $\zeta_{кол}$ = 0,3.



Контрольная работа № 26

1.Дать определение понятия «***гидравлически гладкие стенки***».

2.Определить разность показаний трубки Пито и пьезометра, если скорость в точке установки прибора равна $\boldsymbol{u}$ =0,21 м/с. Начертить схему установки приборов.

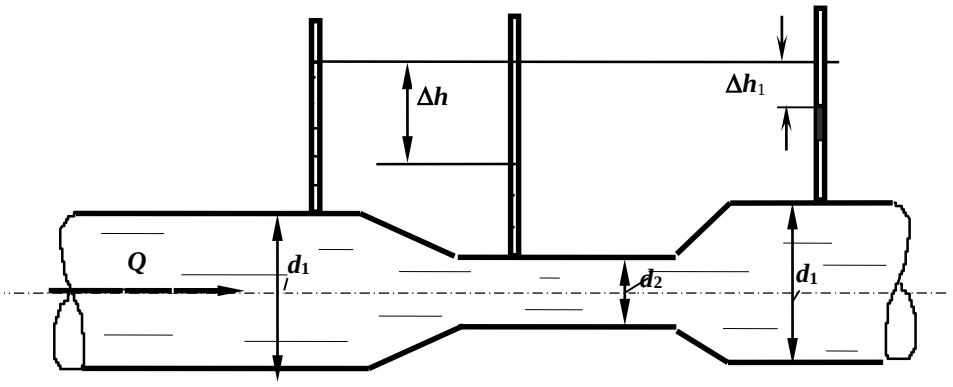
3.Как преобразуется уравнение Бернулли при переходе от элементарной струйки идеальной жидкости к элементарной струйке реальной вязкой жидкости; привести формулы, пояснить параметры.

4.Определить разность показаний пьезометров, установленных до и после пробкового крана, если скорость движения воды в трубопроводе равна $\boldsymbol{V}$ =0,8 м/с, а коэффициент сопротивления пробкового крана равен $\zeta_{кр}$= 7,0.

5.Определить, каким должно быть давление в начале трубы для транспортирования воды, если длина участка составляет $\boldsymbol{L}$ = 150 м, диаметр $\boldsymbol{d}$ = 100 мм с абсолютной шероховатостью Δ= 0,5 мм, показание манометра в конце участка $\boldsymbol{p}$ = 0,7 ат, пропускная способность трубы равна $\boldsymbol{Q}$ = 6,3 л/с, кинематической коэффициент вязкости жидкости $\nu = 10^{-6}$ м^2/с.

Задача

Определить разность показаний пьезометров $\Delta\boldsymbol{h}$, установленных на водомере Вентури с диаметрами $\boldsymbol{d_1}$ = 100 мм, $\boldsymbol{d_2}$ = 50 мм, если расход воды равен $\boldsymbol{Q}$ = 3 л/с. Потерями напора в водомере пренебречь, коэффициент Кориолиса α принять равным 1. Найти также $\Delta\boldsymbol{h}_1$ для случая учета сопротивления трубы Вентури , если принять $\zeta_{\text{Вентури}}$= 0,5.

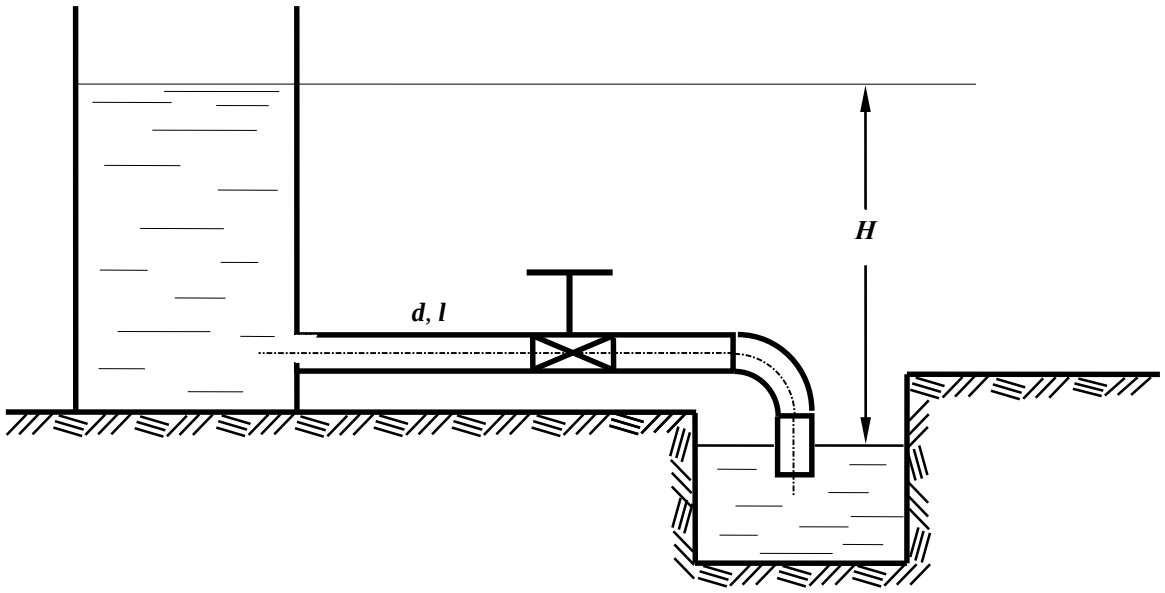


Контрольная работа № 27

1.Каким должен быть коэффициент сопротивления вентиля, чтобы при пропускной способности трубопровода $\boldsymbol{Q}$ = 2,5 л/с потери напора в вентиле составили $\boldsymbol{h_{вент}}$= 32 см. Диаметр трубопровода равен $\boldsymbol{d}$ = 50 мм.
2.Определить скорость по оси потока жидкости в горизонтальной трубе, если показание трубки Пито, установленной по оси потока равно 100 мм, а показание пьезометра – 50 мм. Начертить схему установки приборов.
3.Записать уравнение Бернулли для потока реальной жидкости, начертить диаграмму уравнения.
4.Разность показаний пьезометров, установленных на расстоянии $\boldsymbol{L}$ = 5 м в горизонтальной водопроводной трубе диаметром $\boldsymbol{d}$ = 50 мм, равна 30 см. Определить коэффициент гидравлического трения (λ), если расход воды составляет $\boldsymbol{Q}$ = 2,5 л/с.
5.Что такое квадратичная область сопротивления?

Задача

Определить, какой должна быть разность уровней трансформаторного масла в резервуаре и отстойнике, чтобы по трубе диаметром $\boldsymbol{d}$ = 50 мм и длиной $\boldsymbol{l}$ = 25 м проходил расход $\boldsymbol{Q}$ = 3,0 л/с. На трубе установлен пробковый кран с углом открытия α = 20°. Кинематический коэффициент вязкости масла $\nu = 0{,}38 \cdot 10^{-4}$ м^2/с.



Контрольная работа № 28

1.Пояснить, какие параметры составляют гидравлическую характеристику сечения потока. Дать определения.

2.В горизонтальной трубе с плавным сужением скорость в первом сечении равна V =0,5 м/с, пьезометрический напор – $p_1/\rho g$ = 0,8 м. Рассчитать пьезометрический напор во 30втором сечении, если диаметр трубы уменьшится в два раза.

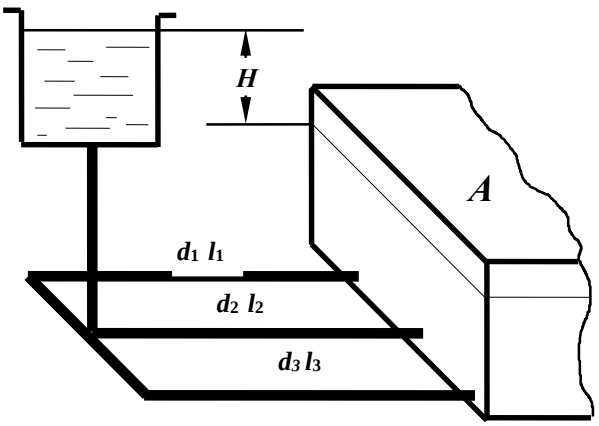
3.Как преобразуется уравнение Бернулли при переходе от элементарной струйки идеальной жидкости к элементарной струйке реальной жидкости. Записать уравнения.

4. Рассчитать критическую скорость для потока бензина в трубе диаметром d = 50 мм, 30пли кинематический коэффициент вязкости бензина равен $\nu = 0{,}7 \times 10^{-6}$ м^2/с.

5.Определить давление в начале водопроводной стальной трубы длиной L =200 м, диаметром d = 100 мм с абсолютной шероховатостью Δ= 0,5 мм, если показание манометра в конце участка p = 0,9 ат, пропускная способность трубы равна **Q =** 5,3 л/с, кинематической коэффициент вязкости жидкости $\nu = 10^{-6}$ м^2/с.

Задача

В бассейн A из напорного бака через три параллельно соединенных трубопровода поступает расход Q = 50 л/с. Определить необходимый напор H и расход в каждом трубопроводе, трубы водопроводные, нормальные; область сопротивления – квадратичная. Местные потери напора принять равными 10% от потерь по длине. Размеры труб: d_1=150 мм; l_2=450м d_2 =100 мм; l_2=400м; d_3=200мм; l_3=420м.



Контрольная работа № 29

1.Записать дифференциальные уравнения движения жидкости (уравнение Эйлера).

2.Рассчитать скоростной напор потока воды в трубе диаметром d = 100 мм, если при таком же расходе скоростной напор в трубе диаметром d = 50 мм равен 0,2 м.

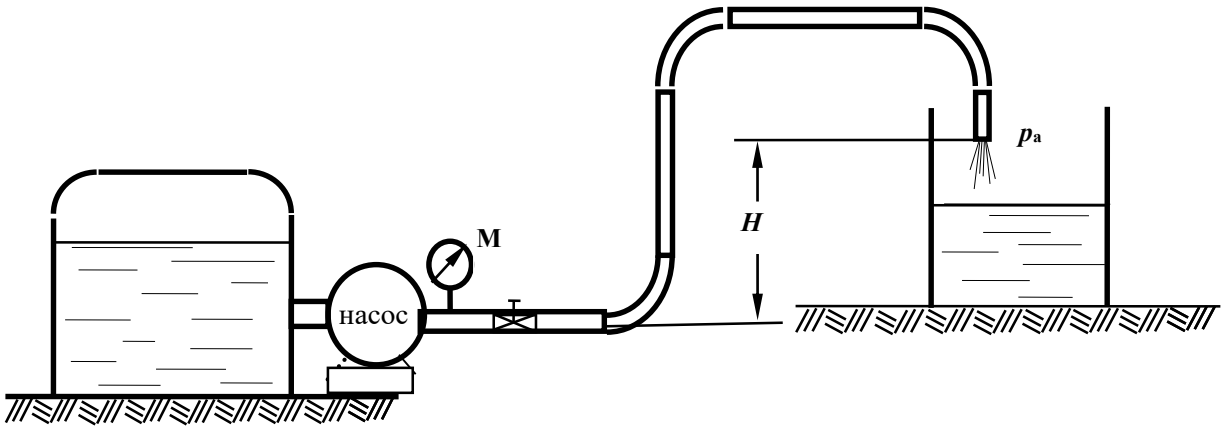
3.Записать уравнение Бернулли для элементарной струйки вязкой жидкости. Дать пояснения параметров, входящих в уравнение, учитывая его геометрическую интерпретацию. Построить диаграмму уравнения.

4.При какой скорости потока воды произойдет переход от ламинарного режима к турбулентному в стеклянной трубе диаметром d = 30 мм, если кинематический коэффициент вязкости равен $\nu = 10^{-6}$ м^2/с.

5.Определить потери напора при подаче воды по трубопроводу диаметром d = 50 мм и длиной l=150 м при скорости потока V=1,3 м/с и температуре 10^0С (ν=0,0131 см^2/с). Трубы стальные, новые (Δ=0,05мм).

Задача

Определить длину трубопровода диаметром d = 100 мм (Δ = 0,5 мм), с помощью которого бензин ($\rho_б$ = 700 кг/м^3 и $\nu = 3{,}0\cdot10^{-6}$м^2/с) может быть поднят на высоту H = 12 м при пропускной способности Q = 6 л/с, если показания манометра, установленного после насоса, $p_м$ = 1,2 ат. Истечение бензина происходит в атмосферу. Сумму коэффициентов местных сопротивлений принять равной $\sum\zeta$ = 6,0.



Контрольная работа № 30

1.Пояснить понятие ***коэффициент расхода трубопровода.***

2. Определить сторону ***a*** квадратного сечения трубопровода пропускной способностью ***Q*** = 2,5 л/с при скорости движения жидкости ***V*** = 1,0 м/с.

3.Как преобразуется уравнение Бернулли при переходе от элементарной струйки реальной жидкости к целому потоку? Записать уравнения.

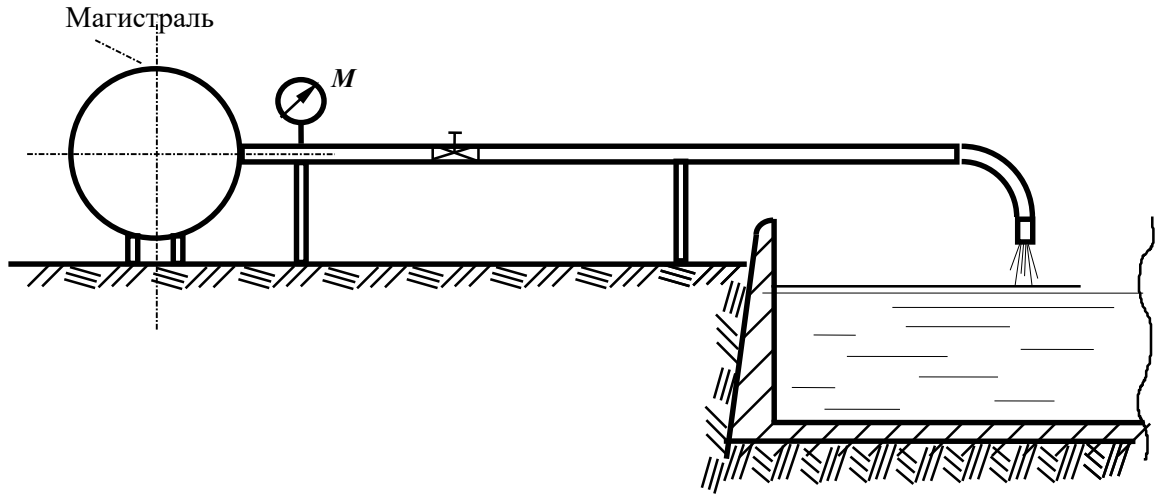
4.Определить при какой скорости движения воды в водопроводной трубе диаметром ***d*** = 50 мм и длиной ***L*** = 40 м потери напора по длине составят h_l = 30 см. Коэффициент гидравлического трения $\lambda = 0{,}03$.

5. Определить давление в конце водопроводной трубы длиной ***L*** = 150 м, диаметром ***d*** = 100 мм (Δ= 1,0 мм), если показание манометра в начале трубы ***p*** = 0,87 ат, расход составляет ***Q*** = 6,3 л/с ($\nu = 10^{-6}$ м^2/с).

Задача

Определить какой объем воды (***W***) наполнится в бассейне за 30 мин, если на трубе установлен пробковый кран с углом закрытия $\alpha = 30^o$ и одно колено.

Через нормальную водопроводную трубу длиной ***l*** = 50 м и диаметром ***d*** = 100 мм, присоединенную к магистральному трубопроводу с избыточным давлением $p_м$ = 100 кПа,



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Специальность
21.05.04 Горное дело

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»

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И ЗАДАНИЯ К РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Специальность
21.05.04 Горное дело

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 «Электротехника» изучает процессы в электрических и магнитных цепях, выявляет общие закономерности электромагнитных явлений и их прикладное применение для создания, передачи и распределения электроэнергии.

Целью преподавания дисциплины является теоретическая и практическая подготовка будущего инженера-электрика, инженера-электромеханика, инженера по автоматизации производственных процессов, развитие его творческих способностей, умение формировать и решать на высоком научном уровне проблемы осваиваемой специальности, умение творчески применять и самостоятельно повышать свои знания. Эти цели достигаются на основе повышения творческой активности и самостоятельной работы студентов.

Высокий научный и инженерный уровень дисциплины обусловлен глубоким проникновением в ее разделы законов и положений, которые даются в курсах «Физика» и «Математика».

Выполнение контрольных заданий.

При выполнении контрольных задний необходимо выполнить следующие требования:

1. Контрольные задания выполняют по данному методическому указанию.

2. Варианты задач в контрольных заданиях определяют по двум последним цифрам номера студенческого билета. Если две последние цифры превышают число 24 (общее количество вариантов), то номер варианта определяется по остатку от целочисленного деления этих цифр на число 24. • Например, двум последним цифрам 49-го номера студенческого билета соответствует первый вариант контрольного задания.

3. Контрольные задания выполняют в отдельной тетради, на обложке которой приводят сведения по следующей форме: фамилия, имя, отчество, номер студенческого билета, номер контрольного задания.

4. Графическую часть (схемы, графики) в контрольных заданиях выполняют карандашом, в масштабе, с указанием последнего.

5. Решение каждой задачи контрольного задания следует начинать с новой страницы.

6. Электрические схемы вычерчивают согласно стандарту.

7. Условие задачи выписывают полностью без сокращений.

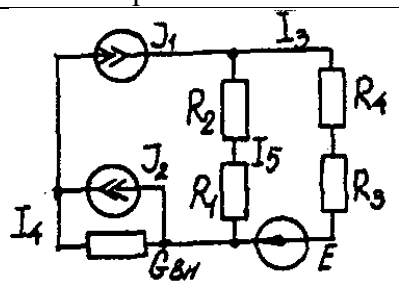
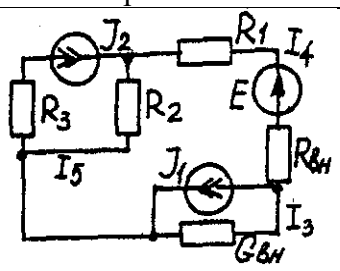
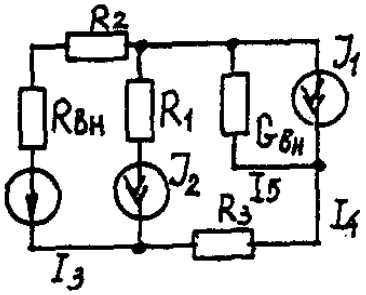
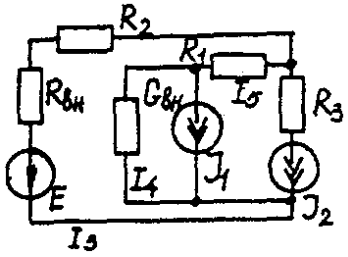
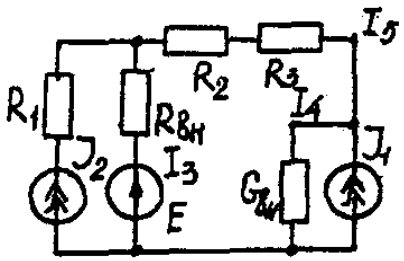
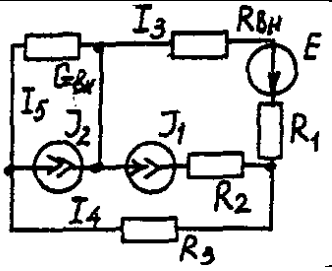
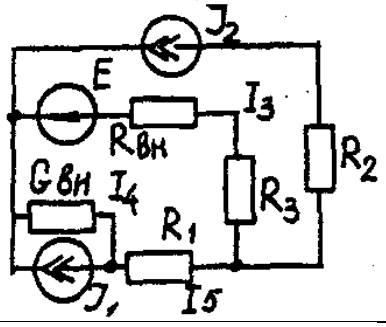
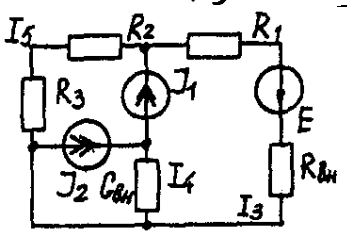
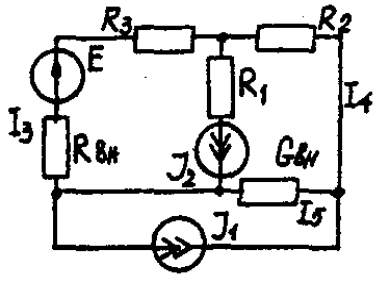
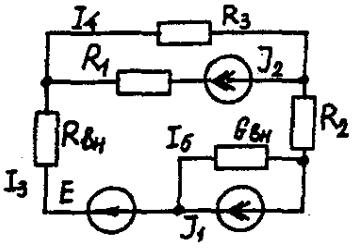
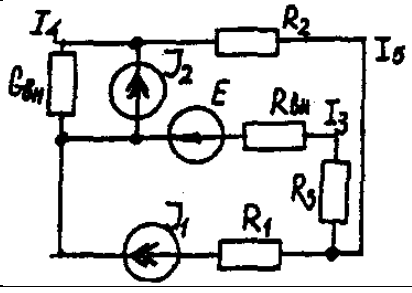
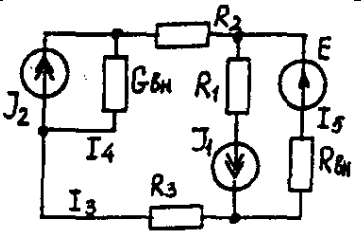
8. Решения задач сопровождают краткими пояснениями.

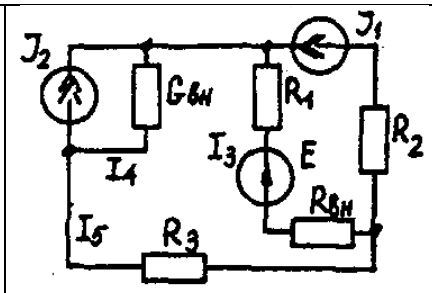
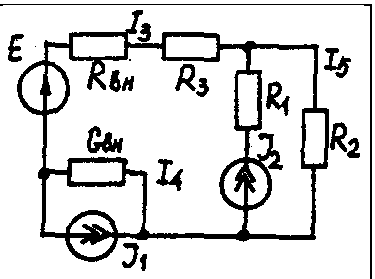
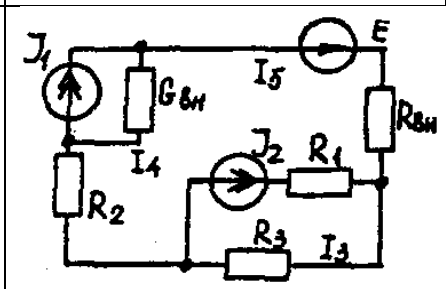
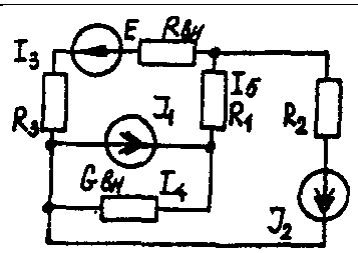
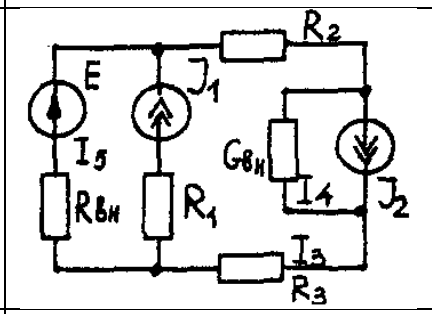
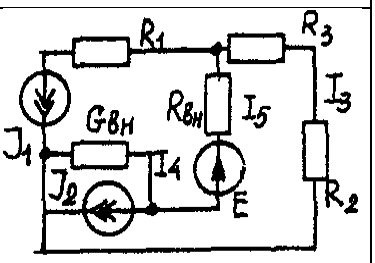
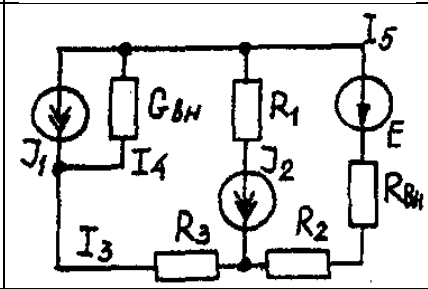
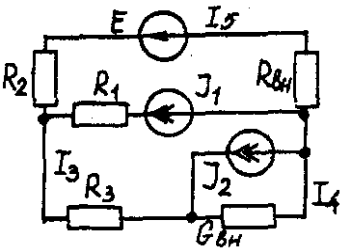
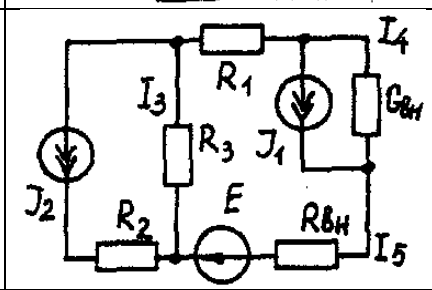
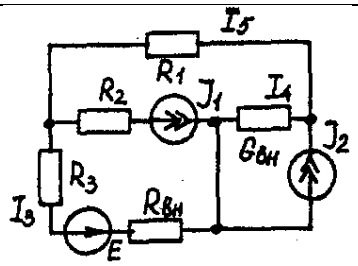
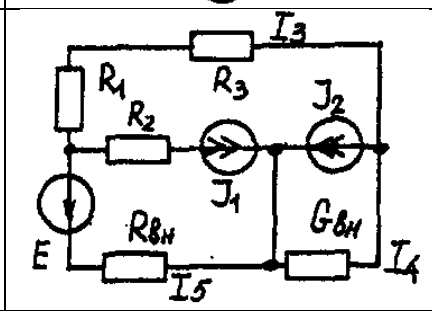
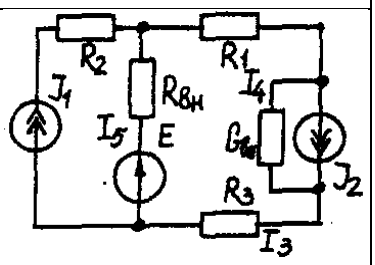
9. Контрольные задания представляются для проверки до начала соответствующей лабораторно-экзаменационной сессии.

10. Если контрольное задание не зачтено, студент обязан, исправив ошибки указанные преподавателем, представить задание на повторную рецензию.

11. Студенты, не сдавшие на проверку соответствующих решенных контрольных заданий, к сдаче экзамена не допускаются.

Задача 1. РАСЧЕТ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

№	Схема варианта	№	Схема варианта
1		2	
3		4	
5		6	
7		8	
9		10	
11		12	

13		14	
15		16	
17		18	
19		20	
21		22	
23		24	

Условие задачи.

Для заданной электрической схемы (табл. 1.1) с известными параметрами (табл. 1.2) определить токи в ветвях цепи следующими методами:

- составления уравнений электрического равновесия по законам Кирхгофа;
- контурных токов;

- наложения;
- узловых потенциалов;
- эквивалентного генератора.

Номер вариа-нта	Значение параметров							
	E, В	J_1, А	J_2, А	R_1, Ом	R_2, Ом	R_3, Ом	$R_{ВН}$, Ом	$G_{ВН}$, См
1	42	35	17	10	20	5	7	0,5
2	126	6	8	1	3	2	5	0,25
3	21	5	2	5	9	3	3	0,2
4	29	3	6	2	3	4	4	0,2
5	200	25	25	8	3	1	4	0,5
6	40	10	3	5	8	5	2	0,5
7	50	3	25	3	5	2	3	0,2
8	20	10	8	4	8	2	6	1
9	50	22	6	4	5	2	3	0,1
10	140	20	7	5	1	4	6	0,2
11	104	28	13	5	2	3	2	0,1
12	150	4	6	3	4	6	5	0,2
13	43	4	28	2	5	1	3	0,2
14	82	2	3	6	4	5	6	0,2
15	52	2	1	3	1	2	2	0,2
16	204	1	5	2	3	1	3	0,4
17	110	11	9	2	3	3	2	0,5
18	72	2	1	4	1	3	6	0,2
19	42	2	5	3	3	4	5	0,1
20	8	6	2	6	1	2	2	0,05
21	187	10	6	2	6	7	4	0,5
22	144	5	15	4	3	2	4	0.5
23	84	6	5	3	3	б	3	0,5
24	103	12	6	4	3	1	3	0,5

Метод составления уравнений электрического равновесия по законам Кирхгофа

Методические указания.

Этот метод основан на составлении и совместном решении системы уравнений электрического равновесия, составленных по первому и второму законам Кирхгофа. Общее число независимых уравнений (и) должно быть равно числу неизвестных токов, то есть числу ветвей электрической схемы *(р)* 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 [*р - (q* - 1)] уравнений электрического равновесия для независимых контуров. При составлении уравнений электрического равновесия следует обратить внимание на знаки. Если заданное или произвольно выбранное направление токов и э. д. с. совпадают с выбранным обходом контуров, то перед ними в уравнениях электрического равновесия ставят знак плюс, знак у падений напряжений берется в соответствии со знаком тока.

Решить полученную систему уравнений электрического равновесия относительно неизвестных токов в ветвях.

Выполнить проверку полученного решения по первому закону Кирхгофа для узлов заданной электрической схемы.

Метод контурных токов

Методические указания.

Этот метод заключается в представлении действительных токов в ветвях, являющихся общими для двух или большего числа смежных контуров, алгебраической суммой составляющих, каждая из которых является током, замыкающимся в одном из выбранных контуров. Эти составляющие называются контурными токами. При решении задачи этим методом в расчет вводят контурные токи, составляют уравнения электрического равновесия только на основании второго закона Кирхгофа. Вычислив контурные токи, определяют действительные токи в ветвях.

Последовательность решения.

Выбрать для рассматриваемой схемы независимые контуры, не содержащие источники тока *(J).*

Задавшись положительными направлениями обхода контуров, составить для выбранных независимых контуров уравнения электрического равновесия по второму закону Кирхгофа, принимая направления контурных токов, совпадающими с выбранным обходом контуров. В уравнениях электрического равновесия учитывать и падения напряжений, обусловленные источниками тока (J) на соответствующих сопротивлениях рассматриваемого контура. Определить контурные токи.

Вычислить действительные токи ветвей как алгебраические суммы токов как контурных, так и источников тока, протекающих через рассматриваемую ветвь.

Метод наложения

Методические указания.

Этот метод основан на том, что действительный ток в рассматриваемой ветви равен алгебраической сумме составляющих токов в этой ветви, вызванных каждой из э. д. с. и источника тока в отдельности при исключении действия остальных источников э. д. с. и тока.

Последовательность решения.

Составить (нарисовать) электрические цепи с одним источником э. д. с. или тока, при этом зажимы остальных источников тока размыкать, а источники э. д. с. замыкать накоротко.

Задаться положительными направлениями токов в ветвях.

Определить составляющие - токов в ветвях, вызванных рассматриваемым источником.

Определить действительные токи ветвей как алгебраическую сумму составляющих.

Метод узловых потенциалов

Методические указания.

Этот метод заключается в определении потенциалов узлов, на основании чего вычисляются токи в ветвях по закону Ома. Потенциалы узлов определяются на основании системы уравнений электрического равновесия (1.1), составленных по первому закону Кирхгофа. При этом токи в уравнениях электрического равновесия выражают через потенциалы согласно закону Ома для участка цепи. Потенциал одного из узлов принимается равным нулю.

$$\left.\begin{array}{l} \varphi_1 G_{11} - \varphi_1 G_{12} - \varphi_3 G_{13} = I_{11} \\ -\varphi_1 G_{21} - \varphi_1 G_{22} - \varphi_3 G_{23} = I_{22} \\ -\varphi_1 G_{31} - \varphi_1 G_{32} - \varphi_3 G_{33} = I_{33} \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{array}\right\} \quad (1.1)$$

Где $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$, - потенциалы узлов; $G_{11}, G_{22}, G_{33}, \ldots$ - собственная (узловая) проводимость, равная сумме проводимостей всех ветвей, сходящихся в этом узле, без учета проводимостей ветвей с источниками тока; $G_{11}, G_{12}, G_{13}, G_{21}, G_{23}, G_{32}, \ldots$ - взаимная проводимость, равная сумме проводимостей ветвей между двумя узлами, без учета проводимостей ветвей с источниками тока; $I_{11}, I_{22}, I_{33}, \ldots$ - узловой ток, равный алгебраической сумме токов (J) источников тока и произведений *(G-E)* (э. д. с. ветвей, сходящихся в рассматриваемом узле, на их проводимости); эти величины входят в выражения узловых токов со знаком плюс, если токи *(J)* и э. д. с. (Е) направлены к рассматриваемому узлу.

Последовательность решения.

Пронумеровать узлы. Потенциал одного из узлов принять равным нулю.

Составить систему *(q* - 1) уравнений электрического равновесия (1.1) Вычислить собственные и взаимные проводимости, узловые токи и подставить в систему уравнений электрического равновесия (1.1).

Определить потенциалы узлов, решив систему уравнений электрического равновесия (1.1). Определить токи ветвей по закону Ома.

Ток ветви равняется разности потенциалов двух узлов, деленной на сопротивление ветви,

$$I_{\text{ветви}} = [\,(\varphi_{\text{к}} - \varphi_{(\text{к}-1)})\,] / \sum R_{\text{ветви}} \quad (1.2)$$

Метод эквивалентного генератора

Методические указания.

Этот метод основан на применении теоремы об активном двухполюснике. Согласно теоремы любой активный двухполюсник, содержащий один или несколько источников энергии, можно заменить эквивалентным генератором, э. д. с. которого равна напряжению холостого хода на зажимах выделенной ветви, а внутреннее сопротивление равно входному сопротивлению двухполюсника (рис. 1.1).

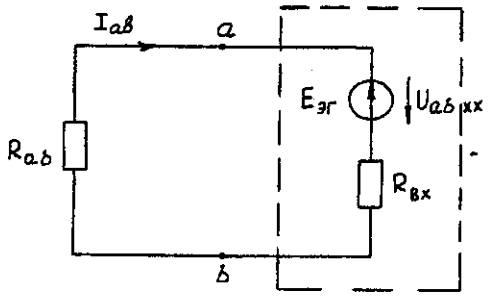


Рис. 1.1. К методу эквивалентного генератора

При определении тока, например, в ветви *ab* любой электрической схемы, эту схему представляют в виде двух частей: рассматриваемой ветви *ab* и остальной части схемы - эквивалентного генератора *($E_{эг}$).* Ток в ветви *ab* определяют по формуле:

$$I_{ab} = U_{ab\,xx} / (R_{ab} + R_{вх}) \quad (1.3)$$

где *Uab xx* - напряжение холостого хода активного двухполюсника (эквивалентного генератора) относительно зажимов рассматриваемой ветви; $R_{вх}$ - входное сопротивление пассивного двухполюсника относительно зажимов *ab;* R_{ab} - сопротивление рассматриваемой ветви *ab.*

Последовательность решения.

Определить напряжение U_{abxx} с помощью одного из известных методов расчета электрических цепей, согласно исходной схеме без рассматриваемой ветви *ab.*

Вычислить входное сопротивление $R_{вх}$ пассивного двухполюсника, т. е. сопротивление исходной электрической цепи относительно точек *ab* без ветви *ab,* при замкнутых источниках токов э. д. с. и разомкнутых источников токов.

Вычислить ток в рассматриваемой ветви *ab* (см. рис. 1.1) по формуле (1.3).

Пример решения задачи

Для заданной электрической цепи (рис. 1.2) с параметрами: E=65,5 В; J_1=3,5 А; J_2 = 8 А; R_1 = 9 Ом; R_2 = 7 Ом; R_3 = 5 Ом; $R_{вн}$ = 3 Ом; $G_{вн}$ = 0,5 См, определить токи в ветвях.

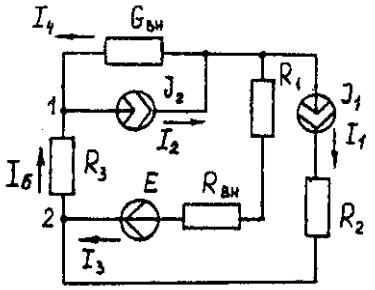


Рис. 1.2. Схема заданной электрической цепи

Метод составления уравнений электрического равновесия по законам Кирхгофа

В рассматриваемой электрической цепи неизвестными являются три тока *(I_3, I_4, I_5),* для определения этих токов необходимо иметь систему из трех уравнений электрического равновесия, которые составляем по законам Кирхгофа: два уравнения электрического равновесия по первому закону Кирхгофа, предварительно задавшись положительными направлениями токов в ветвях (для узлов 1 и 2); третье уравнение электрического равновесия по второму закону Кирхгофа. Принимаем контур *(R_3 – $G_{вн}$ – R_1 – $R_{вн}$ - E),* минуя ветви с источниками тока, и задаемся положительным направлением его обхода (см. рис. 1.2.)

$$\left.\begin{array}{l} I_4 - J_2 + I_5 = 0; \\ I_3 + J_1 - I_5 = 0; \\ I_5 R_3 - I_4 1/G_{вн} + I_3(R_1 + R_{вн}) = E. \end{array}\right\} \quad (1.4)$$

$$\left.\begin{array}{l} I_4 - 8 + I_5 = 0; \\ I_3 + 3{,}5 - I_5 = 0; \\ I_5 5 - I_4 * 1/0{,}5 + I_3(9 + 3) = 65{,}5. \end{array}\right\} \quad (1.5)$$

В результате решения системы уравнений (1.5) получим: I_3 = 3 А; I_4 = 1,5 А; I_5 = 6,5 А.

Метод контурных токов

Для определения трех неизвестных токов выбираем три независимых контура (рис 1.3) и задаемся положительными направлениями их обхода, совмещая положительные направления контурных токов I_{11}, I_{22}, I_{33} с направлениями их обхода I_{11}= J_1= 3,5 А ; I_{22} = J_2 = 8 А.

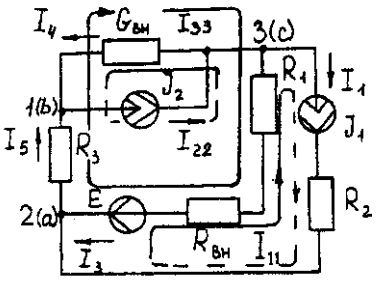


Рис. 1.3. Схема электрической цепи для метода контурных токов

Таким образом, неизвестным является лишь контурный ток I_{33}. Для третьего контура (R_3 - $G_{ВН}$ – R_3 – $R_{вн}$- E) составляем уравнение электрического равновесия по второму закону Кирхгофа и определяем контурный ток I_{33}

$$-I_{11}(R_1+R_{вн})-I_{22}*1/G_{вн}+I_{33}(R_1+R_{вн}+R_3+1/G_{вн})= E; \quad (1.6)$$

$$-3{,}5(9 + 3) - 8 * 1/0{,}5 + I_{33}\ (9 + 3 + 5 + 1/0{,}5) = 65{,}5;$$

отсюда I_{33} = 6,5 А.

Действительные токи в ветвях:

I_3=I_{33}-I_{11}=6,5-3,5 = 3А;

$I_4 = I_{22}-I_{33}$ = 8-6,5 = l,5A,

$I_5 = I_{33}$=6,5A.

Метод узловых потенциалов

Заземляем один из узлов (например 3, рис. 1.4), потенциал этого узла (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.

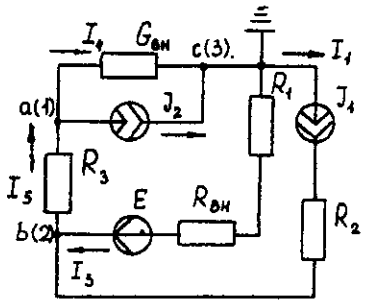


Рис. 1.4. Схема электрической цепи для метода узловых потенциалов

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.

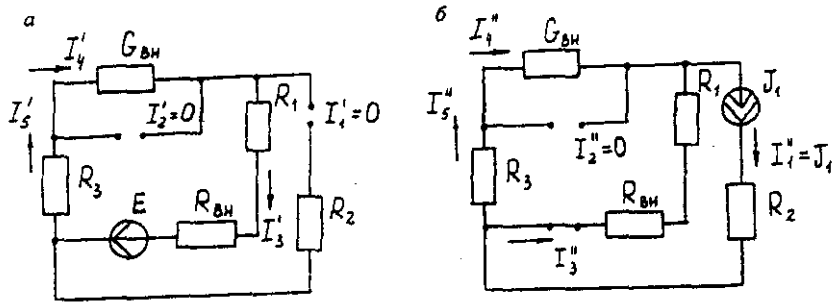


Рис. 1.5. Схема электрической цепи для метода наложения при исключении источника тока (а) и вызванные источником тока *(б)*

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

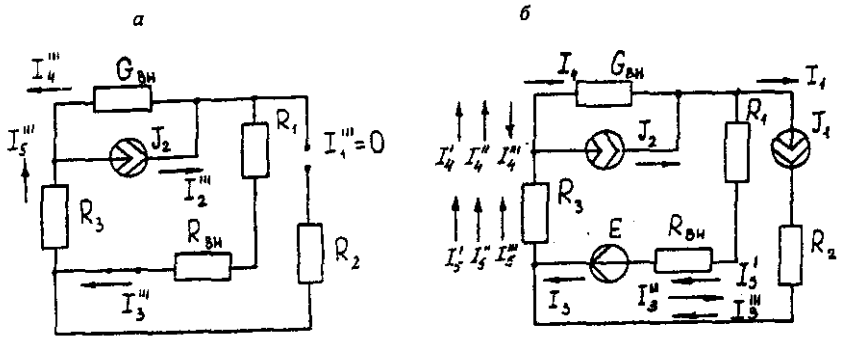


Рис. 1.6. Схема электрической цепи для определения составляющих токов в ветвях, вызванных источником тока (а) и при исключении (б)

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.*

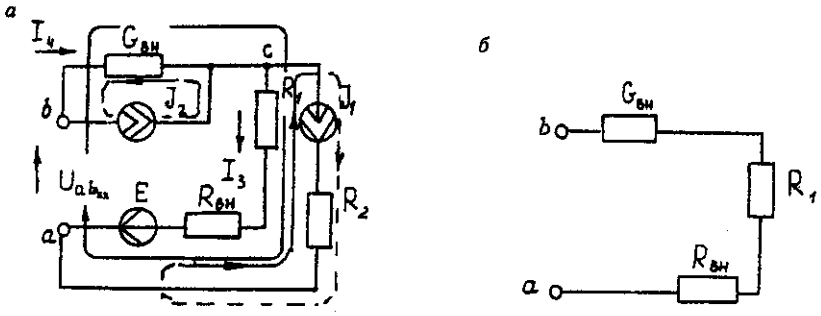


Рис. 1.7. Схема электрической цепи для метода эквивалентного генератора: *а* - исходная; *б* – преобразованная

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 $i = \int(\omega t), u = \int(\omega t), f = 50\,Гц, \psi_1 = 0$

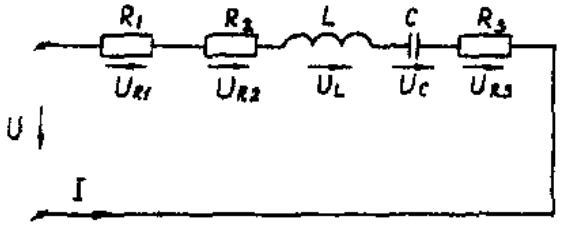


Рис. 2.1. Неразветвленная электрическая цепь

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.

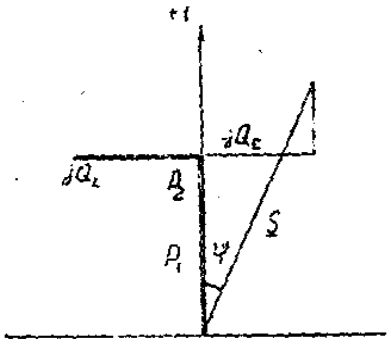


Рис. 2.1,с

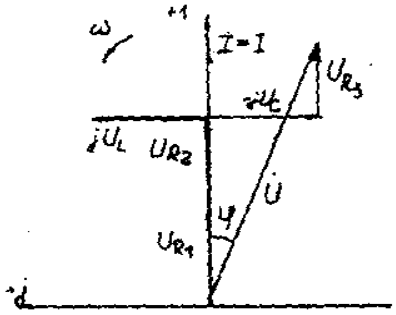


Рис. 2.1,в

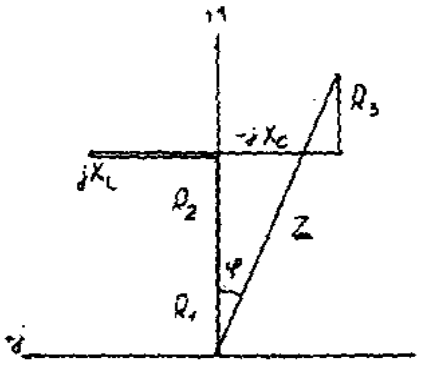


Рис. 2.1,а

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 $i = \int(\omega t), u = \int(\omega t),\ f = 50\,Гц, \psi_1 = 0$

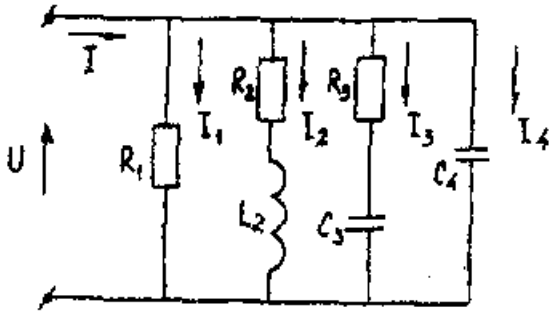


Рис. 2.2. Разветвленная электрическая цепь

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.

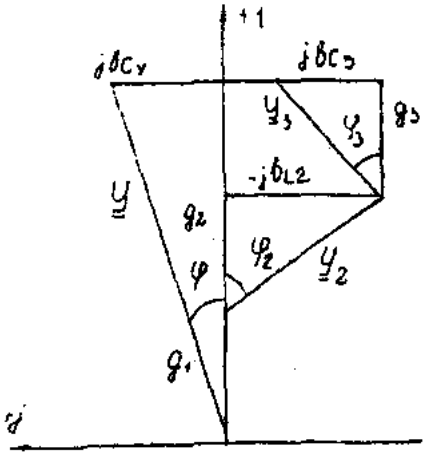


Рис. 2.2.а

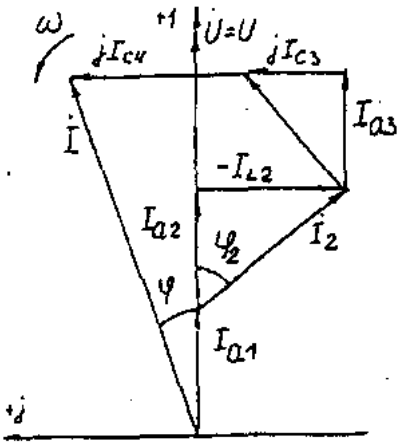


Рис. 2.2.в

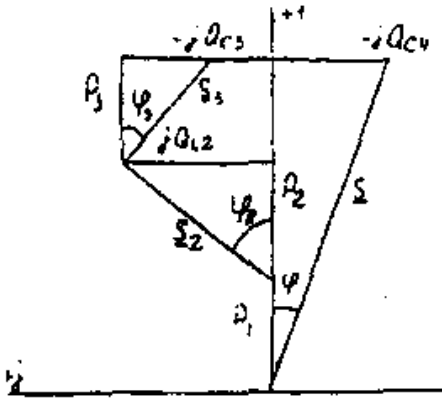


Рис. 2.2.с

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.

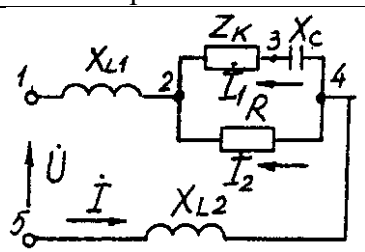
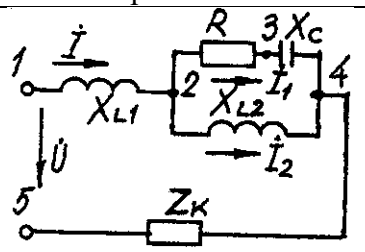
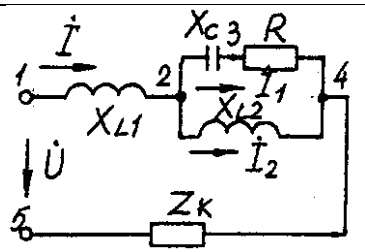
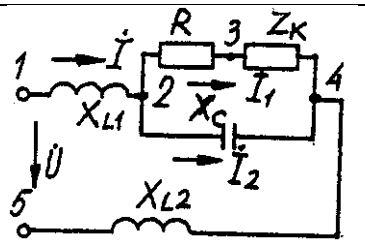
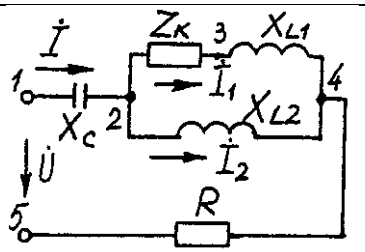
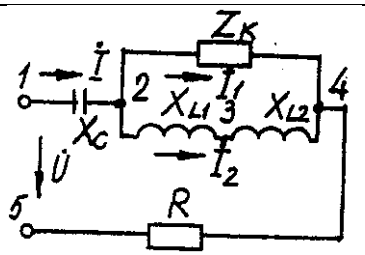
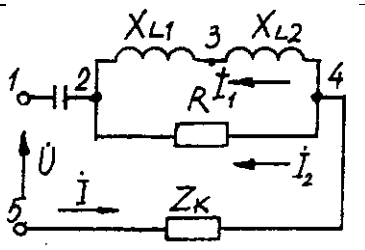
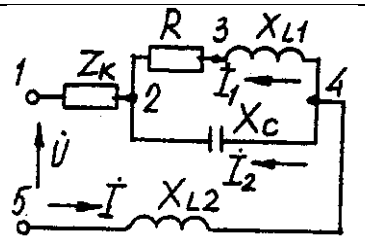
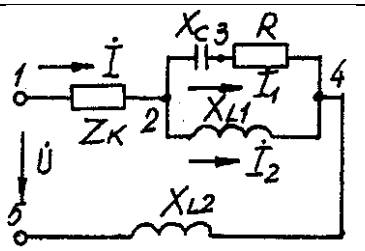
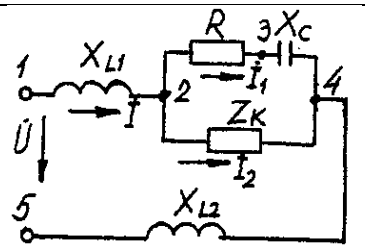
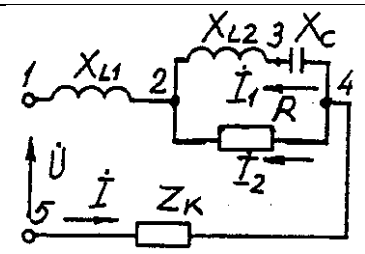
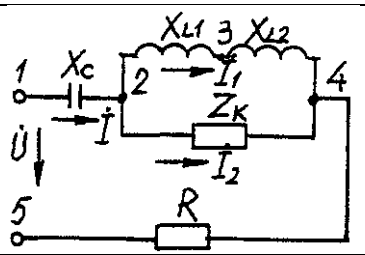
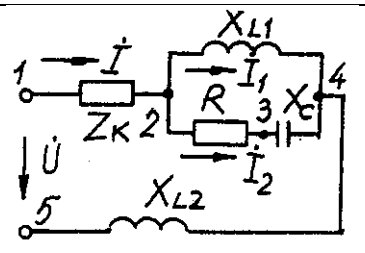
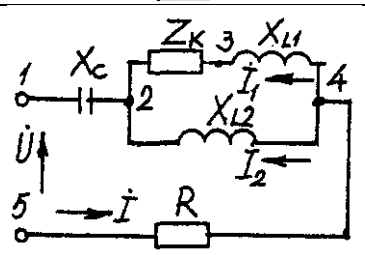
Методические указания.

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	

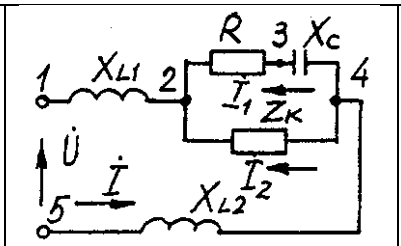
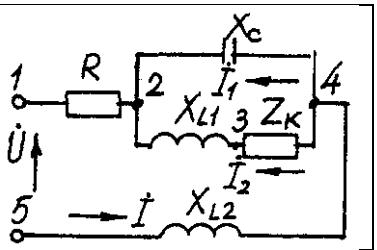
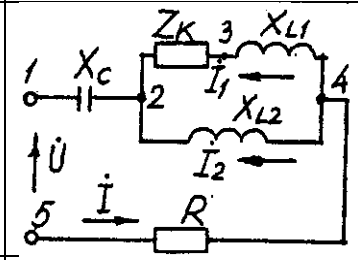
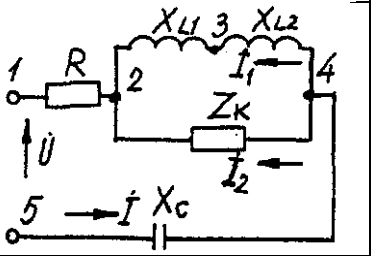
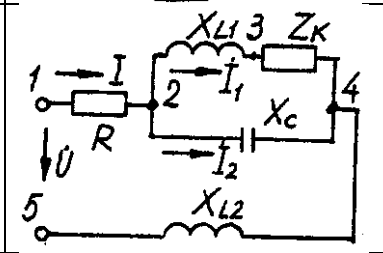
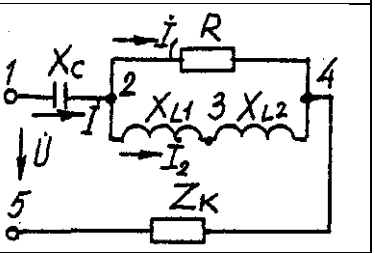
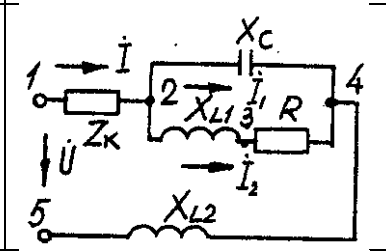
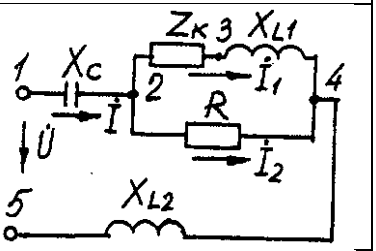
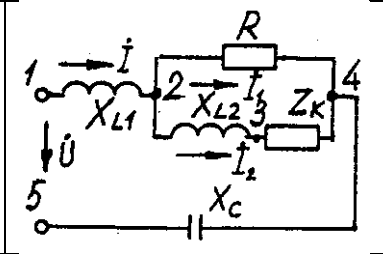
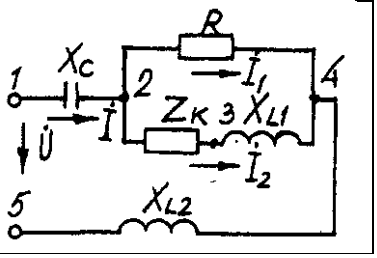
8		20	
9		21	
10		22	
11		23	
12		24	

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.

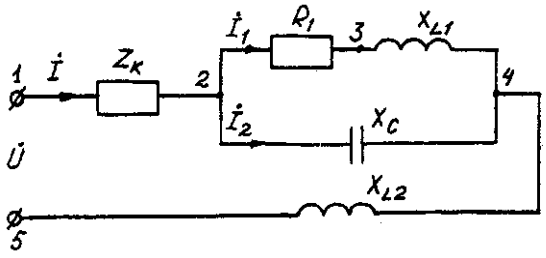


Рис. 2.3. Схема электрической цепи

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, $İ_1$, $İ_2$)*, составляем систему (2.1) из трех уравнений электрического равновесия по законам Кирхгофа (одно по первому и два по второму законам) в комплексной форме:

$$\left.\begin{array}{c} \dot{I} - \dot{I}_1 - \dot{I}_2 = 0 \\ \dot{I}(R_к + jX_{Lк}) + \dot{I}_1(R_1 + jX_{L1}) + \dot{I}\,jX_{L2} = \dot{U}; \\ \dot{I}_1(R_1 + jX_{L1}) - \dot{I}_2(-jX_C) = 0. \end{array}\right\} \quad (2.10)$$

$$\left.\begin{array}{c} \dot{I} - \dot{I}_1 - \dot{I}_2 = 0 \\ \dot{I}(6 + j6) + \dot{I}_1(8 + j6) + \dot{I}\,j11 = 100; \\ \dot{I}_1(8 + j6) - \dot{I}_2(-j10) = 0. \end{array}\right\} \quad (2.11)$$

Определяем токи в ветвях, решая систему уравнений(2.11), А

$İ_1=(-1-j5,5)=5,59e^{-j100°}$,

$İ_2=(5-j2,5)=5,59e^{j27°}$,

$İ=(4-j3)=5e^{-j37°}$А.

Определяем падения напряжения на отдельных участках цепи, В:

$\mathring{U}_{12}=İ*\underline{Z}_К=(4-j3)(6+j6)=(42+j6)=42,4e^{j8°}$;

$\mathring{U}_{23}=İ_1*R_1=(-1-j5,5)8=(8-j44)=42^{-j100°}$;

$\mathring{U}_{34}=İ_1*jX_{L1}=(-1-j5,5)j6=(33-j6)=33,54e^{-j10°}$;

$\mathring{U}_{24}=(25-j50)=55,9e^{-j63°}$;

$\mathring{U}_{45}=İ*jX_{L2}=(4-j3)j11=(33+j44)=55e^{53°}$.

Проверка решений, В:

$\mathring{U}=\mathring{U}_{12}+\mathring{U}_{23}+\mathring{U}_{34}+\mathring{U}_{45}=100$.

Определяем мощности, ВА:

$\underline{S}_{12}=\mathring{U}_{12}\cdot Ï=42,4\ e^{j8°}\cdot 5e^{j37°}=212e^{j45°}=150+j150$;

$\underline{S}_{24}=\mathring{U}_{24}Ï_1+\mathring{U}_{24}\cdot Ï_2=55,9e^{-j63°}\cdot 5,59e^{j100°}+55,9e^{-j63°}\cdot 5,59e^{-j27°}=313e^{j37°}+313e^{-j90°}=250+j188-j313;$

$\underline{S}_{45}=\mathring{U}_{45}\cdot Ï=55\ e^{j53°}\cdot 5e^{j37°}=275e^{j90°}=j275$;

$\underline{S}=\underline{S}_{12}+\underline{S}_{24}+\underline{S}_{45}=150+j150+250+j188-j313+j275=400+j613-j313=P+jQ_L-jQ_C$.

$\underline{S}=\mathring{U}\cdot Ï=100\ 5e^{j37°}=500e^{j37°}=(400+j300)$.

где *Ï*- сопряженные комплексы токов.

Строим векторные диаграммы токов и напряжений (рис. 2.4).

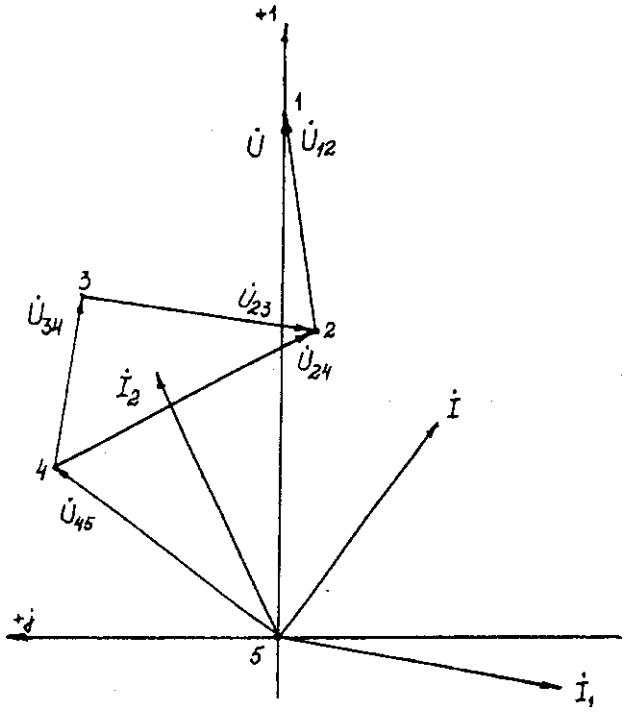


Рис. 2.4. Векторная диаграмма токов и напряжений

Задача 3. РАСЧЕТ ТРЕХФАЗНЫХ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

3.1. Расчет трехфазных линейных электрических цепей при соединении фаз приемника звездой

Номер вариа-нта	Значения параметров									
	U_A, В	Сопротивление фазы «a», Ом			Сопротивлени е фазы «b», Ом			Сопротивление фазы «c», Ом		
		R	X_L	X_C	R	X_L	X_C	R	X_L	X_C
1	127	10	-	-	-	-	127	3	4	-
2	127	3	-	4	10	-	-	-	12,7	-
3	127	-	-	10	4	3	-	12,7	-	-
4	127	3	4	-	-	-	10	12,7	-	-
5	220	20	-	-	6	8	-	12	-	16
6	220	-	-	22	20	-	-	16	12	-
7	220	20	-	-	6	8	.	8	-	6
8	220	20	-	-	16	-	12	12	16	-
9	380	50	-	-	-	-	30	-	-	190
10	380	-	-	50	16	12	-	-	-	38
11	380	12	16	-	38	-	-	16	12	-
12	380	38	-	-	15	-	20	20	20	-
13	127	-	-	12,7	10	-	-	4	3	.
14	127	12,7	-	-	4	3	-	б	-	8
15	127	3	4	-	-	-	10	-	-	12,7
16	127	8	6	-	3	-	4	12,7	-	-
17	220	20	-	-	-	-	22	8	б	-
18	220	6	-	8	22	-	-	-	-	22
19	220	16	12	-	-	-	20	22	-	-
20	220	-	-	22	-	-	22	22	-	-
21	380	38	-	-	-	-	38	-	38	-
22	380	-	10	-	16	12	-	38	-	-
23	380	20	-	-	-	-	20	-	20	-
24	380	38	-	-	20	15	-	15	-	20

Условие задачи.

Для заданной электрической схемы (рис. 3.1) с известными параметрами (табл. 3.1) определить токи и напряжения в четырехпроводной цепи. Вычислить активную, реактивную и полную мощности цепи. Построить в масштабе векторную диаграмму линейных и фазных напряжений и токов генератора и приемника.

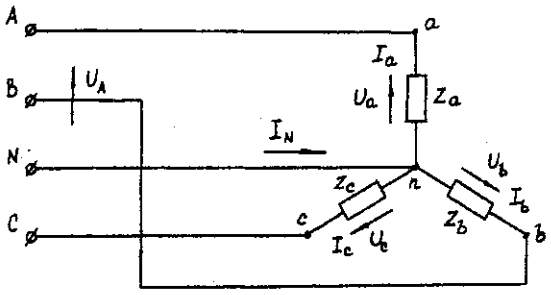


Рис. 3.1. Соединение фаз приемника звездой

Определить фазные напряжения и токи после обрыва нейтрального провода. Построить векторную диаграмму линейных и фазных напряжений и токов генератора и приемника.

Методические указания.

Задачу решить, используя символический метод расчета.

Для четырехпроводной звезды напряжения фаз генератора (источника) и приемника принять равными (т. е. пренебречь потерями в соединительных проводах).

Вектор напряжения фазы "А" генератора рекомендуется совместить с положительным направлением оси вещественных чисел *($\mathring{U}_A = U$).*

Трехфазную систему фазных и линейных напряжений генератора принять симметричной (т. е. напряжения равны по модулю и сдвинуты друг относительно друга на 120°).

Пример решения задачи

Трехфазная нагрузка включена четырехпроводной звездой. Фазное напряжение генератора $\mathring{U}_A$ = 220 В; $\underline{Z}_a$= 22 Ом; $\underline{Z}_b$ = (16 +j12) =$20e^{j37^\circ}$ Ом; $\underline{Z}_c=(12-j16)=20e^{-j53^\circ}$ *Ом.*

Определить токи в фазах и нейтральном проводе, мощность цепи. Построить векторную диаграмму напряжений и токов. Решение произвести для двух режимов:

а) нейтральный провод исправен; б) нейтральный провод оборван.

а). Нейтральный провод исправен.

$\mathring{U}_a = \mathring{U}_A$=220В;

$\mathring{U}_b = \mathring{U}_B = 220e^{-j120^\circ} = (-110-j190)$ *В;*

$\mathring{U}_c = \mathring{U}_C = 220e^{j120}(-110+j190)$ *В.*

$\dot{I}_a = \mathring{U}_a/\underline{Z}_a = 220/22 = 10$ *А;*

$\dot{I}_b = \mathring{U}_b/\underline{Z}_b = 220e^{-j120^\circ}/20e^{j37^\circ} = 11e^{-j157^\circ} = (-10,13-j4,3)$ *А;*

$\dot{I}_c = \mathring{U}_c/\underline{Z}_c = 220e^{j120^\circ}/20e^{-53^\circ} = 11e^{j173^\circ} = (-10,92+j1,34)$ *А.*

$\dot{I}_N = \dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c = 10+(-10,13-j4,3)+(-10,92+j1,34) = (-11,05-j2,96) = 11,44e^{-j165^\circ}$ *А.* (3.1)

$\underline{S}^{(3)} = \underline{S}_a + \underline{S}_b + \underline{S}_c = \mathring{U}_a\dot{I}_a + \mathring{U}_b\dot{I}_b + \mathring{U}_c\dot{I}_c = 220*10 + 220e^{-120^\circ}11e^{j157^\circ} + 220e^{j120^\circ}11e^{j173^\circ} = 2200 + 2420e^{j37^\circ} + 2420e^{-j53^\circ} = 2200 + (1933+j1456) + (1456-j1933) = (5589-j477) = 5610e^{-j5^\circ}$ *ВА.*

Векторная диаграмма напряжений и токов представлена на рис. 3.2.

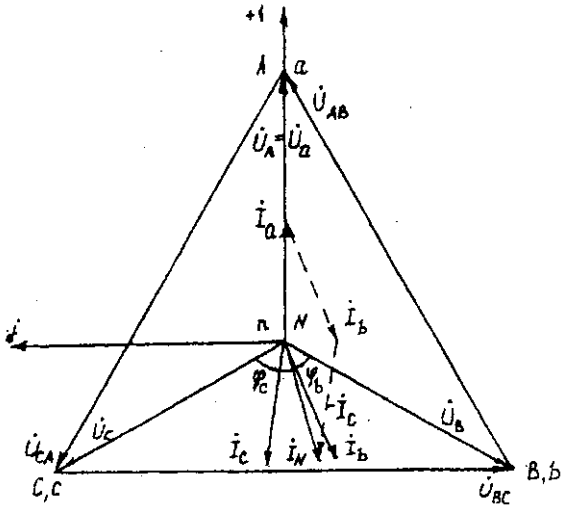


Рис. 3.2. Векторная диаграмма напряжений и токов

б). Нейтральный провод оборван.

Четырехпроводная звезда преобразуется в трехпроводную звезду, поэтому между нейтральными точками генератора и несимметричной нагрузки появляется напряжение смещения U_{nN}, вычисляемое по формуле:

$U_{nN}=(U_A\underline{Y}_a+ U_B\underline{Y}_b + U_C\underline{Y}_c)/(\underline{Y}_a+ \underline{Y}_b + \underline{Y}_c)$. (3.2)

Проводимости фаз нагрузки, См

$\underline{Y}_a$ =1/Z_a= 1/22 =0,045;

$\underline{Y}_b = 1/ Z_b = 1/ 20e^{j37^\circ} = 0,05e^{-j37^\circ}=(0,04 –j0,03)$;

$\underline{Y}_c = 1/ Z_c = 1/20e^{-j53^\circ} = 0,05e^{j53^\circ} = (0,03 +j0,04)$.

Вычисления упрощаются, если в числителе формулы (3.2) использовать значение I_N из предыдущего расчета при исправном нейтральном проводе

$\mathring{U}_{nN}$ = (-11,05 -j2,96) / [0,045 + (0,04 -j0,03) + (0,03 +j0,04)] = 11,44e^{-j165°/0,1154e^{j5°=99e^{-j170° = (-97,5 -j17,2) В.

Вычисляем напряжения фаз нагрузки, В

$\mathring{U}_a = \mathring{U}_A - \mathring{U}_{nN}= 220-(-97,5 -j17,2) = (317,5 +j17,2)=318\ e^{j3^\circ}$;

$\mathring{U}_b = \mathring{U}_B - \mathring{U}_{nN}=(-110 -j190)-(-97,5 -j17,2)=(-12,5 -j172,8)=173,3e^{-j94^\circ}$;

$\mathring{U}_c=\mathring{U}_C - \mathring{U}_{nN}= (-110+j190) - (-97,5 -j17,2)=(-12,5+j207,2)=207,4e^{j94^\circ}$.

Векторная диаграмма напряжений генератора и нагрузки представлена на рис. 3.3.

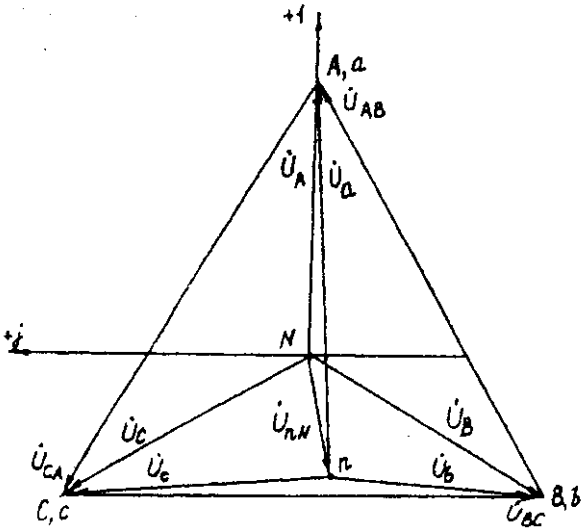


Рис. 3.3. Векторная диаграмма напряжений генератора и нагрузки

3.2. Расчет трехфазных линейных электрических цепей при соединении фаз приемника треугольником

Номер вариа-нта	Значения параметров									
	U_A, В	Сопротивление фазы «a», Ом			Сопротивление фазы «b», Ом			Сопротивление фазы «c», Ом		
		R	X_L	X_C	R	X_L	X_C	R	X_L	X_C
1	220	6	8	-	-	-	20	22	-	-
2	220	20	-	-	12	16	-	16	-	12
3	220	-	-	10	3	-	4	8	6	-
4	220	-	22	-	-	-	22	22	-	-
5	380	19	-	.	12	-	16	20	15	-
б	380	-	-	38	15	-	20	20	-	-
7	380	20	15	-	38	-	-	24	-	32
8	380	-	38	-	-	-	38	38	-	-
9	220	-	-	22	-	22	-	22	-	-
10	220	20	-	-	20	-	-	-	-	20
11	220	-	-	10	6	8	.	8	-	б
12	220	3	4	-	-	-	5	4	3	-
13	380	12	16	-	16	-	12	20	-	-
14	380	-	-	19	19	-	-	-	19	-
15	380	-	38	-	-	-	38	38	-	-
16	380	20	15	-	15	-	20	20	-	-
17	220	-	-	20	20	-	.	-	20	-
18	220	12	-	16	16	12	-	20	-	-
19	220	-	-	5	6	8	-	8	-	б
20	220	6	8	-	8	-	6	10	-	-
21	380	24	32	-	19	.	-	32	-	24
22	380	-	-	38	32	24	-	24	.	32
23	380	38	-	-	-	38	-	-	-	38
24	380	-	38	-	24	-	32	19	-	-

Условие задачи.

Для заданной электрической схемы (рис. 3.4) с известными параметрами (табл. 3.2) определить линейные и фазные токи.

Вычислить активную, реактивную и полную мощности трехфазной цепи. Построить векторную диаграмму линейных и фазных напряжений и токов генератора и приемника.

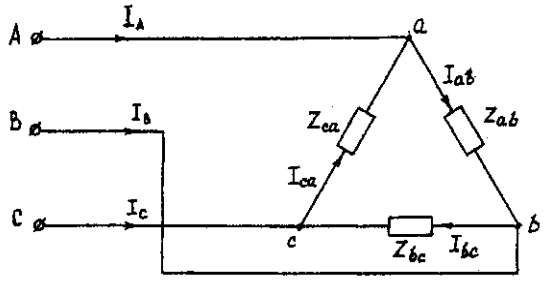


Рис. 3.4. Соединение фаз приемника треугольником

Методические указания.

Задачу решить, используя символический метод расчета.

Фазные напряжения приемника принять равными линейным напряжениям генератора (т. е. сопротивлениями соединенных проводов пренебречь).

Вектор линейного напряжения $\mathring{U}_{AB}$ рекомендуется совместить с положительным направлением оси вещественных чисел, т. е. $\mathring{U}_{ab}= \mathring{U}_{AB}$

Трехфазную систему линейных и фазных напряжений генератора и приемника принять как симметричную трехфазную систему напряжений (т. е. напряжения равны по модулю и сдвинуты друг относительно друга по фазе на 120°).

Последовательность решения.

Начертить схему, конкретизируя нагрузку фаз приемника в соответствии с заданием.

Записать комплексы фазных напряжений приемника

$$\mathring{U}_{ab}=\mathring{U}_{AB}=U$$
$$\mathring{U}_{bc}=\mathring{U}_{BC}=Ue^{-j120°}$$
$$\mathring{U}_{ca}=\mathring{U}_{CA}=Ue^{j120°}$$

Вычислить фазные токи приемника по формулам:

$$\dot{I}_{ab}=\mathring{U}_{ab}/\underline{Z}_{ab};$$
$$\dot{I}_{bc}=\mathring{U}_{bc}/\underline{Z}_{bc};$$
$$\dot{I}_{ca}=\mathring{U}_{ca}/\underline{Z}_{ca}.$$

Вычислить линейные токи по формулам:

$$\dot{I}_A= \dot{I}_{ab}- \dot{I}_{ca};$$
$$\dot{I}_B= \dot{I}_{bc}- \dot{I}_{ab};$$
$$\dot{I}_C= \dot{I}_{ca}- \dot{I}_{bc}.$$

Вычислить активную мощность цепи по формуле

$$P^{(3)} = P_{ab} + P_{bc} + P_{ca} = Re(\mathring{U}_{ab}\ddot{I}_{ab})+Re(\mathring{U}_{bc}\ddot{I}_{bc})+Re(\mathring{U}_{ca}\ddot{I}_{ca})$$

Построить векторную диаграмму напряжений и токов.

Пример решения задачи

Трехфазная нагрузка соединена треугольником. Задано линейное напряжение генератора $\mathring{U}_{AB}$ = 380В, $\underline{Z}_{ab} = 22$ *Ом,* $\underline{Z}_{bc}$=(16 +j12) Ом, Z_{CA} = (16 *–j12)* Ом. Определить фазные и линейные токи, активную мощность цепи. Построить векторную диаграмму напряжений и токов.

Записываем комплексы фазных напряжений приемника, В

$$\mathring{U}_{ab}= \mathring{U}_{AB}=380;$$
$$\mathring{U}_{bc}= \mathring{U}_{BC}=380e^{-j120°};$$
$$\mathring{U}_{ca}= \mathring{U}_{CA}=380e^{j120°}.$$

Вычисляем фазные токи приемника по формулам, А:

$$\dot{I}_{ab}= \mathring{U}_{ab}/ \underline{Z}_{ab}=380/22=17,3;$$
$$\dot{I}_{bc}= \mathring{U}_{bc}/ \underline{Z}_{bc}=380e^{-j120°}/(16+j12)=(-17,5-j7,5)=19e^{-j157°};$$
$$\dot{I}_{ca}= \mathring{U}_{ca}/\underline{Z}_{ca}=380e^{j120°}/(16-j12)=(-17,5+j7,5)=19e^{j157°.}$$

Вычисляем линейные токи по формулам, А:

$$\dot{I}_A= \dot{I}_{ab}- \dot{I}_{ca}17,3-(-17,5+j7,5)=(34,8-j7,5)=35,6e^{-j12°};$$
$$\dot{I}_B= \dot{I}_{bc}- \dot{I}_{ab}=(-17,5+j7,5)-17,3=(34,8-j7,5)=35,6e^{-j168°};$$
$$\dot{I}_C= \dot{I}_{ca}- \dot{I}_{bc}=(-17,5+j7,5)- (-17,5+j7,5)=j15.$$

Вычисляем активную мощность цепи по формуле , Вт:

$$P^{(3)} = P_{ab} + P_{bc} + P_{ca} = Re(\mathring{U}_{ab}\ddot{I}_{ab})+Re(\mathring{U}_{bc}\ddot{I}_{bc})+Re(\mathring{U}_{ca}\ddot{I}_{ca})=Re(380\cdot17,3)+Re(380e^{-j120°}\cdot19e^{j157°})+Re(380e^{j120°}\cdot19e^{-j157°})=6600+5776+5776=18152.$$

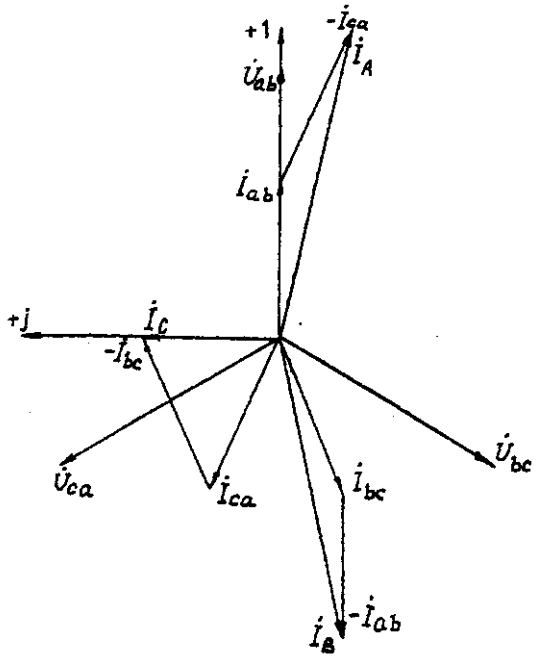


Рис. 3.5. Векторная диаграмма напряжений и токов

Задача 4. РАСЧЕТ СЛОЖНЫХ ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Номер вариан-та	Исходные данные					
	$U_Л$, В	$Z_{Л1}$, Ом	$Z_{Л2}$, Ом	Z_2, Ом	P_1, кВт	$\cos\varphi_1$
1	127	0,8	1,4+ j1,0	4+ j6	3	0,7
2	220	0,9	1,2+j1,4	6+j8	5	0,5
3	380	0,7	1,6+j1,4	9+j12	6	0,8
4	660	0,2	1,8+j2,0	16+j16	18	0,9
5	127	1,2	1,0+j1,4	4+ j3	4	0,5
б	220	1,1	1,4+j1,2	6+j10	б	0,6
7	380	0,9	1,6+j1,2	10+j14	8	0,7
8	660	0,7	1,8+j1,6	18+j16	16	0,8
9	127	1,0	1,2+j1,0	2+ j3	3	0,5
10	220	1,3	1,4+j1,8	7+ j6	б	O,5
11	380	0,8	1,0+j1,8	12+j16	10	0,5
12	660	0,3	1,8+j1,4	16+j20	14	0,7
13	127	1,4	1,4+j2,0	5+ j3	4	0,6
14	220	1,5	1,6+j1,0	8+j6	5	0,6
15	380	0,6	1,2+j1,6	16+j8	8	0,6
16	660	0,4	1,8+j1,2	20+j20	12	0,6
17	127	0,6	1,0+j1,6	5+j4	2	0,5
18	220	1,6	1,2+j2,0	9+ j6	8	0,5
19	380	0,5	1,8+j1,0	12+j10	14	0,8
20	660	0,5	1,6+j2,0	20+j24	10	0,6
21	127	0,4	1,2+j1,8	6+j4	2	0,7
22	220	1,8	1,2+j1,6	9+j7	7	0,8
23	380	0,7	1,0+j1,2	14+j10	12	0,8
24	660	0,6	1,6+j1,8	18+j24	16	0,7

Условие задачи.

К зажимам симметричного трехфазного источника энергии присоединены два симметричных приемника (рис. 4.1). Первый из них соединен по схеме «звезда», потребляет активную мощность P_1 при коэффициенте мощности $\cos\varphi$ ($\varphi_1 > 0$) и подключен непосредственно к зажимам источника. Второй приемник соединен по схеме "треугольник", имеет нагрузку в каждой фазе Z_2 и подключен к источнику энергии через линию электропередачи с сопротивлением $Z_{Л2}$.

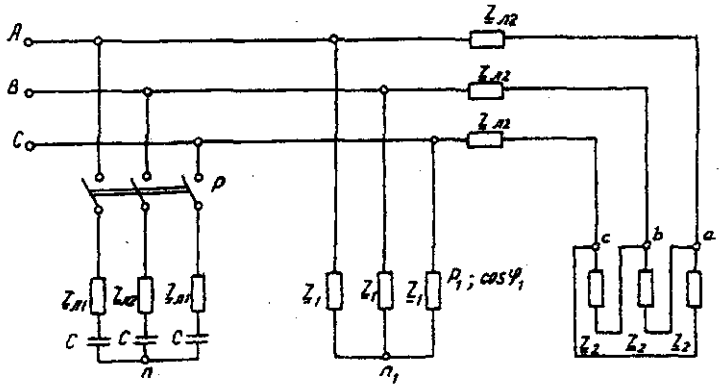


Рис. 4.1. Электрическая схема трехфазных потребителей

Для повышения коэффициента мощности приемников до единицы к тому же источнику через линию электропередачи с сопротивлением $Z_{Л1}$ в каждой фазе подключается батарея конденсаторов С, соединенная по схеме "звезда".

Определить линейные и фазные токи и напряжения приемников при отключенной батарее конденсаторов и при включении ее; реактивную мощность в фазе батареи конденсаторов, необходимую для повышения коэффициента мощности приемников до единицы; емкость и ток в фазе батареи конденсаторов. Построить векторную топографическую диаграмму напряжений и векторную диаграмму токов источника и приемников электрической энергии. Исходные данные приведены в табл. 4.1.

Методические указания.

Задачу решить комплексным методом, совместив один из векторов фазного или линейного напряжений источника энергии с положительным направлением оси вещественных чисел. Для определения линейных и фазных токов и напряжений второго приемника рекомендуется провести эквивалентные преобразования треугольника в звезду.

Последовательность решения.

Записать линейные и фазные напряжения источника энергии в комплексной форме. Провести соответствующие эквивалентные преобразования второго приемника. Определить линейные токи приемников при отключенной батарее конденсаторов. Определить падение напряжений в проводах линии электропередачи $Z_{Л2}$. Определить фазные токи второго приемника. Определить реактивную мощность в фазе батареи конденсаторов, необходимую для повышения коэффициента мощности приемников до единицы. Определить емкость и ток в фазе батареи конденсаторов. Определить линейные токи источника энергии при включении батареи конденсаторов. Построить векторную топографическую диаграмму напряжений и векторную диаграмму токов источника энергии и приемников.

Пример решения задачи

Для заданной электрической схемы трехфазных потребителей (рис. 4.1) по известным параметрам: $U_Л$= 220 В; $\underline{Z}_{Л1}$= 1,7 Ом; $\underline{Z}_{Л2}$= (1,4+j1,6) Ом; $\underline{Z}_2$= (9+j7) Ом; P_1= 4 Вт; cos φ_1=0,7; определить линейные и фазные токи и напряжения приемников при отключенной батарее конденсаторов и при включении ее; реактивную мощность в фазе батареи конденсаторов, необходимую для повышения коэффициента мощности приемников до единицы; емкость и ток в фазе батареи конденсаторов. Построить векторную топографическую диаграмму напряжений и векторную диаграмму токов источника и приемников электрической энергии.

1. Выразим линейные и фазные напряжения источника энергии в комплексной форме, В

$$U_ф=\frac{U_Л}{\sqrt{3}}=\frac{220}{\sqrt{3}}=127.$$

Вектор фазного напряжения источника венных чисел, тогда, В

$\mathring{U}_A$ направим по оси вещественных чисел, тогда, В

$$\mathring{U}_A=\mathring{U}_Ф=127;$$
$$\mathring{U}_B=\mathring{U}_A\cdot e^{-j120°}=127\cdot e^{-j120°};$$
$$\mathring{U}_C=\mathring{U}_A\cdot e^{-j120°}=127\cdot e^{j120°};$$
$$\mathring{U}_{AB}=\mathring{U}_A-\mathring{U}_B=127\cdot 127\cdot e^{-j120°}=220e^{j30°};$$
$$\mathring{U}_{CA}=\mathring{U}_C-\mathring{U}_A=127\cdot e^{j120°}-127=220e^{j150}.$$

2. Преобразуем треугольник сопротивлений *a,b, c* второго приемника (рис. 4.2) в эквивалентную звезду, Ом

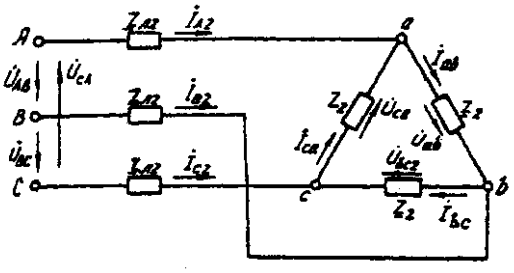


Рис. 4.2. Треугольник сопротивлений второго приемника

Поскольку приемник симметричный, то сопротивление фазы эквивалентной звезды в три раза меньше сопротивления фазы треугольника.

Для симметричных приемников, соединенных в звезду, потенциалы нулевых точек должны быть одинаковыми. В связи с этим дальнейший расчет выполним для одной фазы (фазы А) (рис. 4.3).

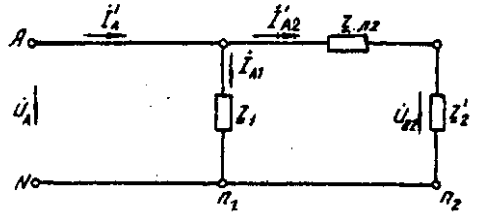


Рис. 4.3. Расчетная схема токов в фазе А

Полное сопротивление фазы эквивалентной звезды с учетом сопротивления линия $Z_{Л2}$ равно, Ом.

3. Определить линейные и фазные токи и напряжения второго приемника, а также полную мощность одной его фазы при отключенной батарее конденсаторов.

Фазные токи эквивалентной звезды, А:

$$\dot{I}_{A2}=\frac{\dot{U}_A}{\underline{Z}'_2}=\frac{12}{5{,}9e^{j41°48'}}=21{,}52e^{-j41°48'};$$

$$\dot{I}_{B2}=21{,}52e^{-j161°48'};$$

$$\dot{I}_{C2}=21{,}52e^{-j78°12'}.$$

Фазные токи эквивалентной звезды (рис. 4.4) равны линейным токам треугольника второго приемника (см. рис. 4.2).

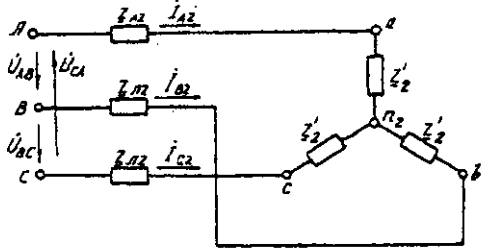


Рис. 4.4. Эквивалентная звезда второго приемника

Фазные напряжения эквивалентной звезды, В:

$\dot{U}_{a2}=\dot{U}_A-\dot{I}_{A2}\cdot\underline{Z}_{л2}=127\text{-}21{,}52e^{-j41°48'}\cdot 2{,}13e^{j48°49'}=81{,}59-j5{,}58=81{,}78e^{-j3°55'};$

$\dot{U}_{b2}=81{,}78e^{-j123°55'};$

$\dot{U}_{c2}=81{,}78e^{j116°05'}.$

Линейные напряжения эквивалентной звезды, В:

$\dot{U}_{ab2}=\dot{U}_{a2}-\dot{U}_{b2}=81{,}78e^{-j3°55'}-81{,}78e^{-j123°55'}=141{,}65e^{j26°05'};$

$\dot{U}_{bc2}=\dot{U}_{b2}-\dot{U}_{c2}=81{,}78e^{-j123°55'}-81{,}78e^{-j116°05'}=141{,}65e^{-j93°55'};$

$\dot{U}_{ca2}=\dot{U}_{c2}-\dot{U}_{a2}=81{,}78e^{j116°05'}-81{,}78e^{-j3°55'}=141{,}65e^{j146°05'}.$

Линейные напряжения эквивалентной звезды равны фазным напряжениям треугольника сопротивлений второго приемника (см. рис. 4.2). Фазные токи второго приемника, А:

$$\dot{I}_{ab}=\frac{\dot{U}_{ab}}{\underline{Z}_2}=\frac{141{,}65e^{j116°05'}}{9+j7}=\frac{141{,}65e^{j116°05'}}{11{,}4e^{j37°52'}}=12{,}42e^{-j11°47'};$$

$$\dot{I}_{bc}=12{,}42e^{-j131°47'};$$

$$\dot{I}_{ca}=12{,}42e^{-j108°13'}.$$

Полная мощность одной фазы второго приемника с учетом сопротивления линии электропередачи $\underline{Z}_{Л2}$ равна, ВА:

$$S_2=U_A\cdot I_{A2}=127\cdot 21{,}52e^{j41°48'}=2733e^{j41°48'}=(2037+j1822);$$

$$P_г=2037\text{ Вт};\ Q_2=1822\text{ ВА}.$$

4. Определим линейные и фазные напряжения и токи первого приемника, а также полную мощность одной его фазы при отключенной батарее конденсаторов.

Так как первый приемник подключен напрямую к источнику электрической энергии ($Z_Л = 0$), то фазные и линейные напряжения приемника равны фазным и линейным напряжениям генератора, В:

$$\mathring{U}_{a1}=\mathring{U}_1=127;$$
$$\mathring{U}_{b1}=\mathring{U}_B=127e^{-j120°};$$
$$\mathring{U}_{c1}=\mathring{U}_C=127e^{j120°};$$
$$\mathring{U}_{ab}=\mathring{U}_{AB}=220e^{j30°};$$
$$\mathring{U}_{bc}=\mathring{U}_{BC}=220e^{-j90°};$$
$$\mathring{U}_{ca1}=\mathring{U}_{CA}=220e^{j150°};$$

Для приемника, соединенного в звезду, фазные токи равны линейным $I_Ф=I_Л$. Определяем модуль фазного тока первого приемника, А:

$$I_Ф=\frac{P_1}{3U_Ф\cos\varphi_1}=\frac{4000}{3\cdot127\cdot0{,}7}=15$$

Определяем угол сдвига фаз между напряжением и током первого приемника:

$$\cos\varphi_1=0{,}7;\ \varphi_1=45°34',\ (\varphi_1>0).$$

Записываем выражения фазных токов первого приемника в комплексной форме. Так как угол сдвига фаз между напряжением и током первого приемника известен, то начальная фаза тока, например фазы А, равна

$$\Psi_{IA}=\Psi_{UA}-\varphi_1=0-45°34'=-45°34'$$

Следовательно,

$$\dot{I}_{A1}=15\cdot e^{-j45°34'};$$
$$\dot{I}_{B1}=15\cdot e^{-j165°34'};$$
$$\dot{I}_{C1}=15\cdot e^{-j74°26'};$$

Полная мощность одной фазы первого приемника:

$$\dot{S}_1=\dot{U}_A\cdot\dot{I}_{A1}=127\cdot15\cdot e^{j45°34'}=1905\ e^{j45°34'}=(1333+j360)\ ВА;$$
$$P_1=1333\text{кВт};\ Q_1=1360\ \text{В}\cdot\text{А}.$$

5. Определяем фазные (линейные) токи источника энергии при отключенной батарее конденсаторов (см. рис. 4.3), А:

$$\dot{I}'_A=\dot{I}'_{A1}+\dot{I}'_{A2}=15\cdot e^{-j45°34'}+21{,}52e^{-j41°48'}=$$
$$=10{,}5-j10{,}7+16-j14{,}3=26{,}5-j25=36{,}5e^{-j43°21'};$$
$$\dot{I}'_B=36{,}5e^{-j163°21'};$$
$$\dot{I}'_C=36{,}5e^{-j79°39'}.$$

6. Определяем реактивную мощность в фазе батареи конденсаторов, необходимую для повышения коэффициента мощности приемников до единицы, ВА:

$$Q_c=Q_1+Q_2=1360+1822=3182.$$

7. Определяем емкостное сопротивление в фазе батареи конденсаторов, Ом:

$$Q_c=I^2X_c=\left(\frac{U}{z}\right)^2\cdot X_c=\frac{U^2X_c}{z^2}=\frac{U^2X_c}{R_{Л1}^2+X_c^2};$$

где $Z=\sqrt{R_{Л1}^2+X_c^2}$ - модуль полного сопротивления в фазе батарея конденсаторов с учетом сопротивления линии $\underline{Z}_{Л1}=R_{Л1}$.

$$X_c^2-\frac{U^2}{Q_c}X_c+R_{Л1}^2=0;$$

$$X_{c1,2}=\frac{U^2}{2Q_c}\pm\sqrt{\left(\frac{U^2}{2Q_c}\right)^2-R_{Л1}^2}=\frac{127^2}{2\cdot3182}\pm\sqrt{\left(\frac{127^2}{2\cdot3182}\right)^2-1{,}7^2}=(2{,}53\pm1{,}88);$$

$$X_{c1}=4{,}41;\ X_{c2}=0{,}65.$$

Следовательно, режиму полной компенсации реактивной мощности удовлетворяют два значения емкостного сопротивления. Принимаем большее, так как, во-первых, большему сопротивлению соответствует меньший ток в фазе батареи конденсаторов и, соответственно, меньшие потери активной мощности на сопротивлении $\underline{Z}_{Л1}=R_{Л1}$. Во-вторых, большее значе-

ние емкостного сопротивления определяет меньшую емкость батареи конденсаторов, необходимую для компенсации реактивной мощности приемников.

8. Определяем емкость в фазе батареи конденсаторов, Ф

$$C = \frac{1}{X_c \cdot \omega} = \frac{1}{X_c \cdot 2\pi f} = \frac{1}{4{,}41 \cdot 2 \cdot 3{,}14 \cdot 50} = 7{,}22 \cdot 10^{-4}$$

При этом полное сопротивление в фазе батареи конденсаторов с учетом сопротивления линии $Z_{л1}$ (рис. 4.5) равно, Ом:

$\underline{Z}=\underline{Z}_{л1}-jX_C = 1{,}7 - j4{,}41 = 4{,}73e^{-j68°55'}$.

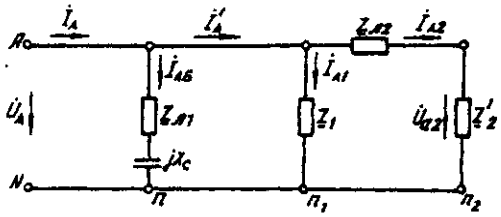


Рис. 4.5. Расчетная схема токов в фазе А с учетом батареи конденсаторов

9. Определяем фазные токи батареи конденсаторов, А:

$$\dot{I}_{Аб} = \frac{\dot{U}_A}{\underline{Z}_б} = \frac{127}{4{,}73e^{-j68°55'}} = 9{,}66 + j25 = 26{,}85e^{68°55'};$$

$$\dot{I}_{Bб}=26{,}85e^{j51°05'}\text{А};\ \dot{I}_{Cб}=26{,}85e^{j188°55'}.$$

10. Определяем фазные (линейные) токи источника энергии при включенной батарее конденсаторов (см. рис. 4.5), А;

$$\dot{I}_A=\dot{I}_{Аб}+I'_A=9{,}66+j25+26{,}5-j25=36{,}16;$$
$$\dot{I}_B=36{,}16e^{-j120°};\ \dot{I}_C=36{,}16e^{j120°}.$$

Данные расчета показывают, что фазные токи и напряжения источника совпадают по фазе. Следовательно, параметр емкости С в фазе батареи конденсаторов, необходимый для повышения коэффициента мощности приемников до единицы, выбран верно.

11. Строим векторную диаграмму токов и топографическую диаграмму напряжений для источника и приемников электрической энергии (рис. 4.6).

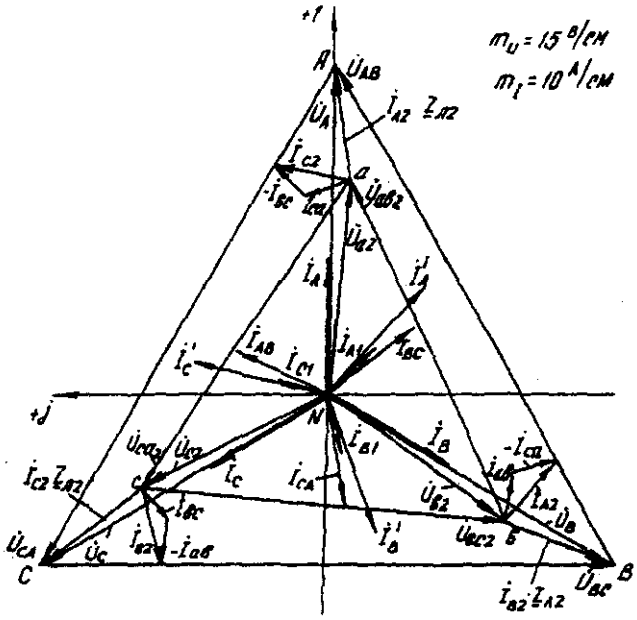


Рис. 4.6. Векторная диаграмма

На комплексной плоскости откладываем комплексные значения токов (векторы токов) и напряжений (векторы напряжений) в выбранных предварительно масштабах. Наиболее удобными в рассматриваемом расчете являются: масштаб напряжений m_U = 15 В/см и масштаб тока m_I = 10 А/см. Векторы токов второго приемника направляем из вершин треугольника напряжений *a, b, c* . Все остальные векторы токов - из начала координат.

Задача 5. РАСЧЕТ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Номер вариа-нта	Значение параметров						
	R_1, Ом	R_2, Ом	R_3, Ом	R_4, Ом	C, мкФ	L, мГн	U, В
1	50	-	50	-	170	-	100
2	25	25	25	-	.	125	100
3	25	25	25	-	40	-	100
4	50	50	50	-	-	250	100
5	50	50	50	50	60	-	100
6	50	50	50	-	-	250	100
7	25	25	25	-	180	-	100
8	50	50	50	-	-	125	100
9	25	25	25	25	100	-	100
10	25	25	25	-	-	250	100
11	50	50	50	-	90	-	100
12	25	25	25	-	-	250	100
13	25	25	-	-	110	-	100
14	25	25	-	-	-	125	100
15	20	50	10	50	-	125	100
16	50	10	50	15	260	-	100
17	50	25	50	-	-	125	100
18	50	50	50	-	120	-	100
19	50	50	50	-	-	125	100
20	25	-	25	-	190	-	100
21	25	50	25	-	-	125	100
22	50	50	50	-	-	125	100
23	50	50	50	-	60	-	100
24	50	50	50	-	180	-	100

Условие задачи.

Для заданной электрической схемы из табл. 5.1 с известными параметрами (табл. 5.2) рассчитать переходный процесс классическим и операторным методами, определить законы изменений токов и напряжений во времени. Построить эти зависимости.

Последовательность решения классическим методом расчета.

Составить систему дифференциальных уравнений по законам Кирхгофа для электрической цепи, получающейся после коммутации, при этом использовать соотношения $u_L = L\, di/dt$, $i = C du_c/dt$.

Подставить числовые значения заданных параметров в систему уравнений.

Решить систему уравнений относительно тока через индуктивность (напряжения на емкости), в результате получается неоднородное дифференциальное уравнение первого порядка.

Решением неоднородного дифференциального уравнения является сумма частного (принужденная составляющая) и общего (свободная составляющая) решения однородного дифференциального уравнения.

Принужденная составляющая определяется расчетом в послекоммутационной электрической цепи в установившемся режиме.

Свободная составляющая при решении однородных дифференциальных уравнений первого порядка определяется как

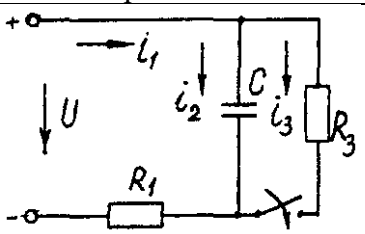
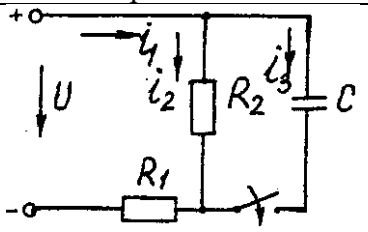
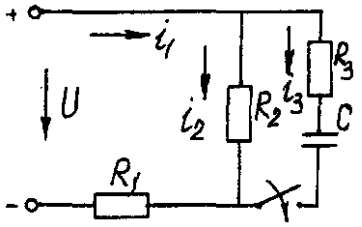
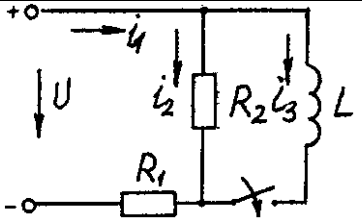
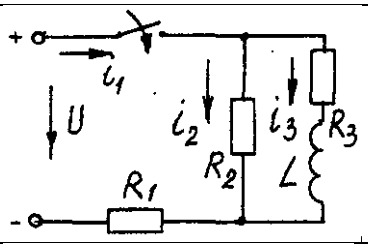
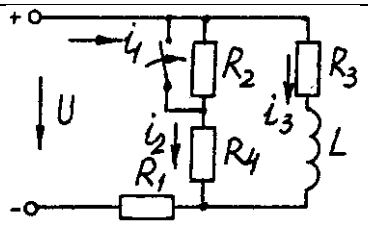
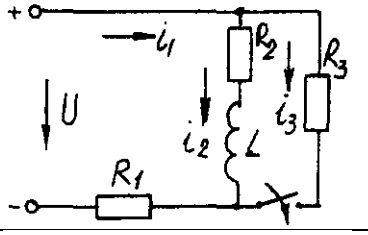
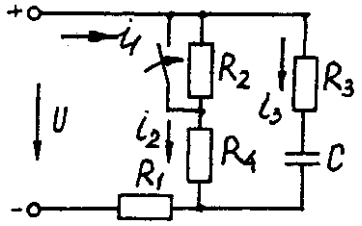
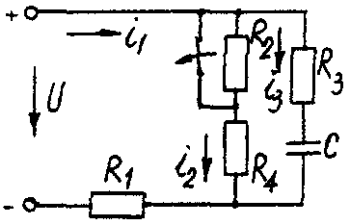
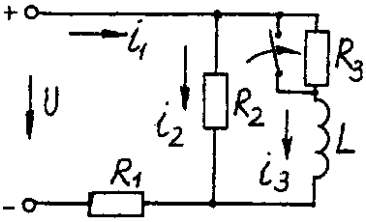
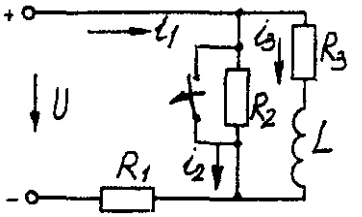
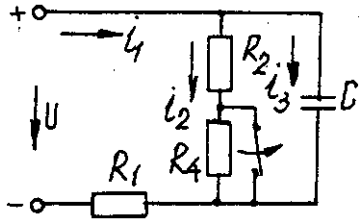
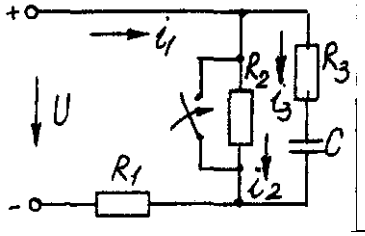
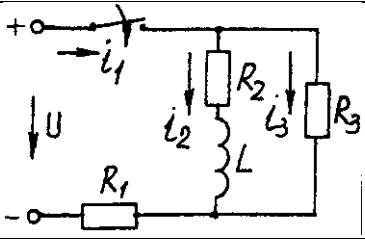
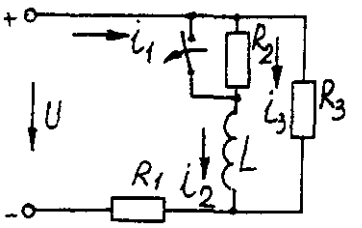
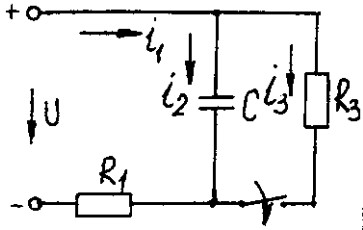
$$Ae^{pt}$$

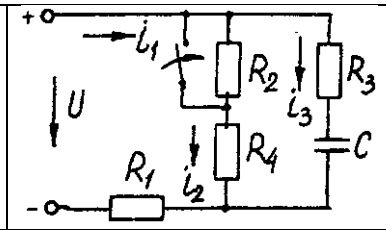
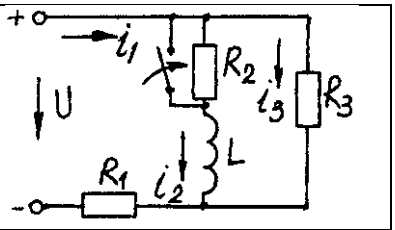
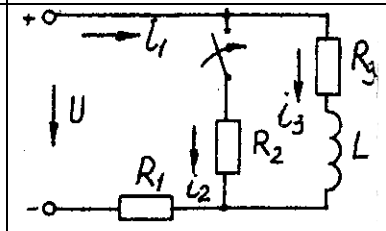
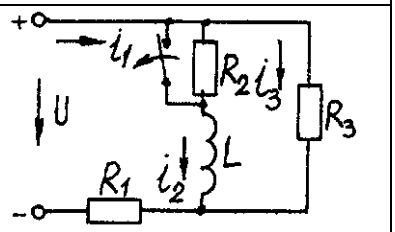
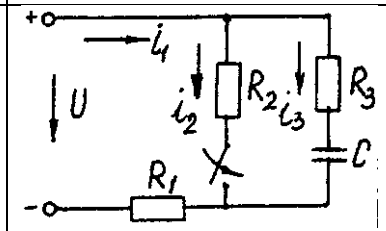
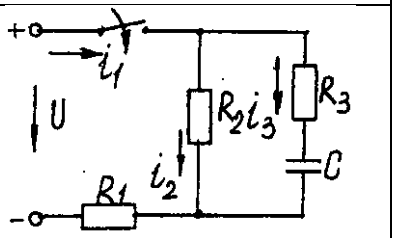
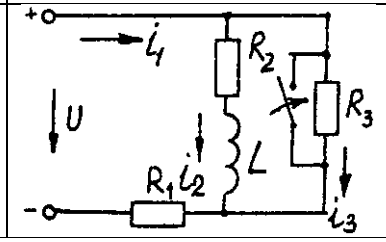
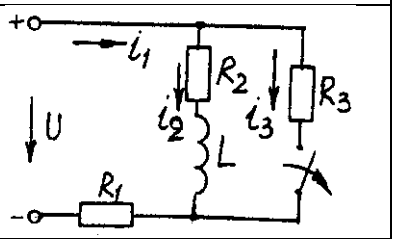
где A - постоянная интегрирования; p - корень характеристического уравнения.

Характеристическое уравнение составляется по однородному дифференциальному уравнению.

Последовательность решения операторным методом расчета.

Расчетные формулы и последовательность решения этим методом приведены в примерах расчета цепей, содержащих индуктивность и емкость.

№	Схема варианта	№	Схема варианта
1		13	
2		14	
3		15	
4		16	
5		17	
6		18	
7		19	
8		20	

9		21	
10		22	
11		23	
12		24	

Пример расчета цепи, содержащей индуктивность (рис. 5.1).

Исходные данные: U = 100 В; $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$ = 25 Ом; L = 0,25 Гн.

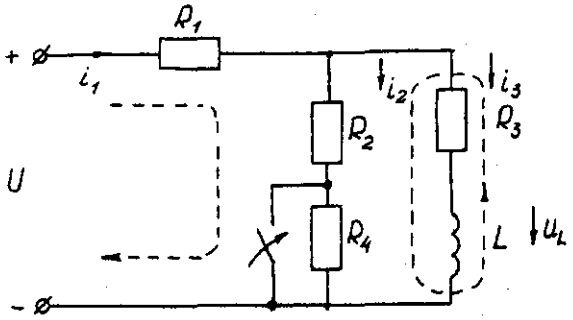


Рис. 5.1. Схема электрической цепи

Определить законы изменения токов, напряжения u_L при переходе цепи от одного установившегося состояния к другому классическим и операторными методами. Построить эти зависимости.

Решение классическим методом.

Составляем систему дифференциальных уравнений по законам Кирхгофа (три уравнения для определения трех неизвестных токов) для цепи, получающейся после коммутации:

$$\begin{cases} i_1 = i_2 + i_3; \\ i_1 R_1 + i_2 R_2 = U; \\ i_2 R_2 - u_L - i_3 R_3 = 0 \end{cases} \quad (5.1)$$

Решаем систему уравнений относительно тока через индуктивность i_3 (избавляемся от токов i_2 и i_1)

$$(R_1+R_2)\, u_L + [R_1R_2 + R_1(R_1 + R_2)]\, i_3 = R_2U$$

Решение упрощается, если в систему уравнений (5.1) подставить заданные числовые значения;

$$\begin{cases} i_1 = i_2 + i_3; \\ 25i_1 + 25i_2 = 100; \\ 25i_2 - u_L - 25i_3 = 0 \end{cases} \quad (5.2)$$

Решая систему уравнений (5,2), получаем

$$2u_L+75i_3=100. \quad (5.3)$$

Подставив соотношение $u_L = Ldi_3/dt$ в уравнение (5.3), получим

$$2Ldi_3/dt + 75i_3= 100,$$

и окончательно получаем неоднородное дифференциальное уравнение первого порядка

$$di_3/dt + 150i_3=200. \quad (5.4)$$

Решением уравнения (5.4) является сумма принужденной и свободной составляющих тока $i_3(t)$

$$i_3(t)= i_3(t)_{пр}+ i_3(t)_{св}. \quad (5.5)$$

Принужденная составляющая тока определяется из уравнения (5.4) как новое установившееся значение по окончании переходного процесса

$$i_3(t)_{пр} = 200/150 =1,33 \text{ А}. \quad (5.6)$$

Запишем однородное дифференциальное уравнение первого порядка

$$di_3/dt+150\, i_3= 0 \quad (5.7)$$

и характеристическое уравнение

$$p+150=0. \quad (5.8)$$

Свободная составляющая тока определяется как

$$i_3\,(t)_{св}=Ae^{pt}, \quad (5.9)$$

где A - постоянная интегрирования; p - корень характеристического уравнения (5.8), p = -150; τ - постоянная времени электрической цепи, τ = 1/150.

Постоянная интегрирования определяется из начальных условий, исходя из первого закона коммутации (ток через индуктивность при коммутациях не меняется скачком).

С учетом уравнений (5.6) и (5.9) уравнение (5.5) запишем как

$$i_3\,(t) = 1,33+A\, e^{-150t}.$$

Значение тока $i_3(0)$ определяем, рассчитывая цепь до коммутации

$$i_3(0)=1,6\text{А}.$$

По первому закону коммутации $i_3\,(0) = i_3\,(0)_{пр} + i_3\,(0)_{св} = 1,6$ А, $i_3(0) = 1,33 + A\, e^{-150t} = 1,6$, откуда $A = 1,6 - 1,33 = 0,27$.

Окончательно

$$i_3\,(t)= 1,33 + 0,27\, e^{-150t};$$
$$u_L(t)=Ldi_3/dt= 0,25-0,27(-150)\, e^{-150t} =-10\, e^{-150t};$$
$$u_2(t) = [u_3(t)R_3+ u_L(t)]/R_2 = 1,33 - 0,13\, e^{-150t};$$
$$i_1(t) = i_2(t) + i_3(t) = 2,66 + 0,14\, e^{-150t}.$$

Решение операторным методом.

На рис. 5.2 представлена операторная схема замещения цепи (см. рис. 5.1).

Составляется система уравнений в изображениях (в операторной форме)

$$\begin{cases} I_1(p) = I_2(p) + I_3(p); \\ I_1(p)R_1 + I_2(p)R_2 = U/p; \\ I_2(p)R_2 - L[pI_3(p) - i_3(0)] - I_3(p)R_3 = 0. \end{cases} \quad (5.10)$$

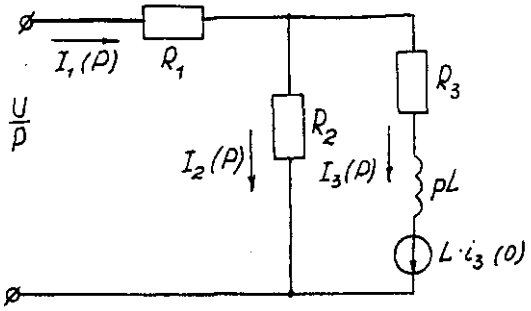


Рис. 5.2. Операторная схема замещения электрической цепи

Система уравнений решается относительно любого тока. Достаточно просто получаем уравнение в изображениях для тока через индуктивность, если использовать дифференциальное уравнение (5.4), из которого следует:

$$[pI_3(p) - i_3(0)]+150I_3(p)=200/p;$$

$$pI_3(p)+ 150I_3(p)= 200/p+ i_3(0)= 200/p+1,6$$

и окончательно

$$I_3(p)=(200+1,6p)/p(p+150)=F_1(p)/F_2(p), \quad (5.11)$$

где $F_1(p)$ - полином числителя; $F_2(p)$ - полином знаменателя.

Переход от изображения тока $I_3(p)$ к оригиналу $i_3(t)$ осуществляем по формуле разложения

$$i_3(t)=\Sigma\,([F_1(p)/F_2(p)]\cdot e^{p_k\cdot t}) \quad (5.12)$$

где $p_к$ - корни характеристического уравнения.

Характеристическим уравнением является полином знаменателя, равный нулю, т. е. $F_2(p) = 0$.

В рассматриваемом примере

$$P(p+150)=0,$$

откуда $p_1 =0$; $p_2= -150$.

Производная полинома знаменателя

$$F_2'(p)=(2p+150),$$

откуда $F_2'(p_1)=150$; $F_2'(p_2)= -150$.

Оригинал тока $i_3(t)$

$$i_3(t)= ([F_1(p_1)/F_2'(p_1)]\cdot e^{p_1 t})+ ([F_1(p_2)/F_2'(p_2)]\cdot e^{p_2 t})=$$

$$= [(200 +1,6\ 0) / 150]e^{150t}+ [(200 +1,6\ (-150) / (-150)]\cdot e^{-150\cdot t} =$$

$$= 1,33 + 0,27\ e^{-150t}.$$

На рис. 5.3 представлены переходные характеристики токов и напряжения на индуктивности.

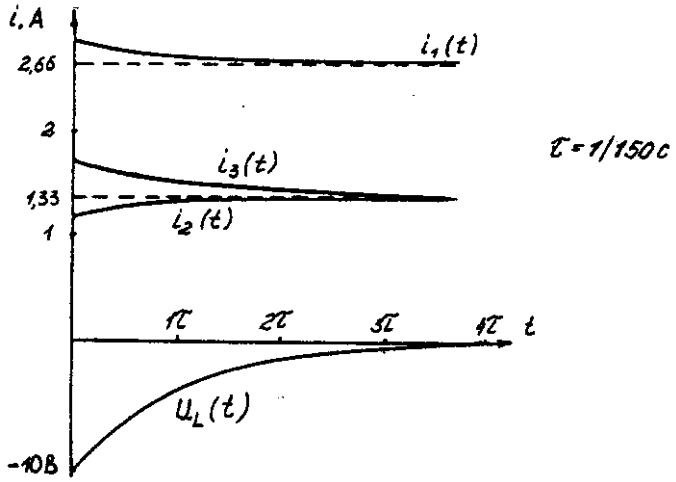


Рис. 5.3. Временные диаграммы токов и напряжения иа индуктивности

Пример расчета цепи содержащей емкость (рис. 5.4).

Исходные данные: U = 100 В; $R_1 = R_2 = R_3$ = 50 Ом; С = 100 мкФ.

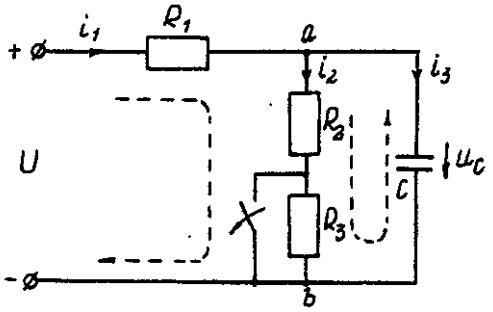


Рис. 5.4. Схема электрической цепи

Определить и построить следующие зависимости: $u_C(t)$, $u_1(t)$, $u_2(t)$, $u_3(t)$.

Решение классическим методом.

Составляем систему дифференциальных уравнений по законам Кирхгофа (три уравнения для определения трех неизвестных токов) для цепи, получающейся после коммутации

$$\begin{cases} i_1 = i_2 + i_3; \\ i_1 R_1 + i_2(R_1 + R_2) = U; \\ i_2(R_2 + R_3) = u_C \end{cases} \quad (5.13)$$

Между током и напряжением на емкости существует соотношение

$$\begin{cases} i_3 = C\frac{du_C}{dt}; \\ i_1 = i_2 + i_3 = i_2 + 100 \cdot 10^{-6}\left(\frac{du_C}{dt}\right); \\ i_1 50 + i_2(50 + 50) = 100; \\ i_2(50 + 50) - u_C = 0. \end{cases} \quad (5.14)$$

Решаем систему уравнений (5.14) относительно напряжения на емкости

$$du_c / dt + 300u_c = 20000. \quad (5.15)$$

Уравнение (5.15) - неоднородное дифференциальное уравнение первого порядка.

Решением уравнения (5.15) является сумма принужденной и свободной составляющих напряжения $u_C(t)$. Решение неоднородного дифференциального уравнения первого порядка рассмотрено выше для цепи с индуктивностью. По аналогии имеем

$$u_C(t) = u_C(t)_{пр} + u_C(t)_{св}. \quad (5.16)$$

Принужденная составляющая напряжения равна

$$u_C(t)_{пр} = 20000/300 = 66{,}7 \text{ В}.$$

Свободную составляющую напряжения находим из уравнения

$$u_C(t)_{СВ} = A\,e^{pt},$$

где $(p + 300) = 0$ - характеристическое уравнение; $p = -300$ - корень характеристического уравнения; τ - постоянная времени электрической цепи, $\tau = 1/300$; $u_C(0) = 50$ В, напряжение u_C в момент коммутации (определяется расчетом рассматриваемой цепи до коммутации):

$$u_C(t) = 66{,}7 + Ae^{-300t};$$

$u_C(0) = 66{,}7 + Ae^{p \cdot 0} = 50$В, откуда $A = -16{,}7$.

Окончательно имеем:

$$u_C(t) = 66{,}7 - 16{,}7 \cdot e^{-300t};$$
$$i_3(t) = C \cdot du_C/dt = 100 \cdot 10^{-6}(-16{,}7)(-300) \cdot e^{-300t} = 0{,}5 \cdot e^{-300t};$$
$$i_2(t) = u_{ав}(t)/(R_2 + R_3) = u_C(t)/(R_2 + R_3) = 0{,}667 - 0{,}167 \cdot e^{-300t};$$
$$i_1(t) = i_2(t) + i_3(t) = 0{,}667 + 0{,}333 \cdot e^{-300t}.$$

На рис. 5.5 представлены переходные характеристики токов и напряжения на емкости.

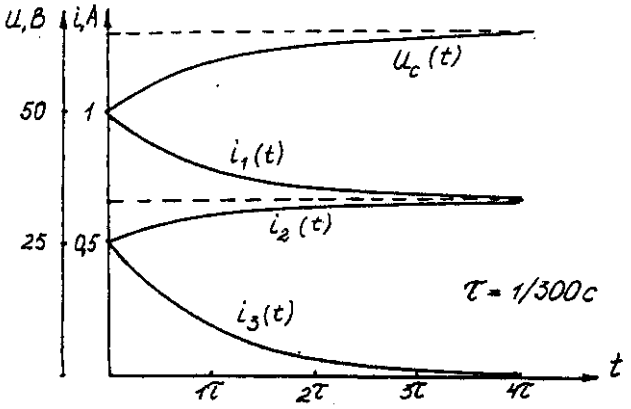


Рис. 5.5. Временные диаграммы токов и напряжения на емкости

Решение операторным методом.

Система уравнений в изображениях (в операторной форме) может быть составлена по операторной схеме замещения (рис. 5.6) или по системе дифференциальных уравнений (5.14)

$$\begin{cases} I_1(p) = I_2(p) + 100 \cdot 10^{-6}[pU_C(p) - u_C(0)]; \\ I_1(p)50 + [I_2(p)(50+50)] = \frac{100}{p}; \\ [I_2(p)(50+50)] - U_C(p) = 0. \end{cases} \quad (5.17)$$

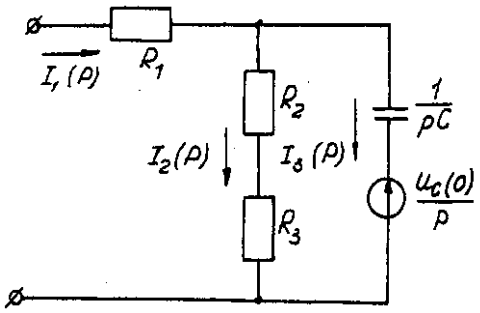


Рис. 5.6. Операторная схема замещения электрической цепи

Решаем систему алгебраических уравнений (5.17) относительно токов или напряжения на емкости $U_C(p)$.

Решение относительно напряжения $U_C(p)$ упрощается, если воспользуемся уравнением (5.15). Уравнение (5.15) преобразуем в уравнение в изображениях:

$$[pU_C(p)-u_C(0)]+300 \cdot U_C(p)=20000/p;$$

$$Uc\ (p)(p + 300) = 20000/p + 50;$$

$$U_c\ (p) = [20000 + 50p]\ /p(p + 300) = F_1(p)/\ F_2(p),$$

где $F_1(p)$ - полином числителя; $F_2(p)$ - полином знаменателя.

Переход от изображения напряжения $U_C(p)$ к оригиналу $u_C(t)$ осуществляем по формуле разложения

$$U_C(t)=\Sigma([F_1(p)/F_2'(p)] \cdot e^{p_k \cdot t}), \quad (5.18)$$

где $p_к$ - корни характеристического уравнения.

Характеристическим уравнением является полином знаменателя равный нулю, т. е. $F_2(p) = 0$.

В рассматриваемом примере

$$p(p+300)=0,$$

откуда $p_1 = 0$; $p_2 = -300$.

Производная полинома знаменателя

$$F_2'(p)=(2p+300),$$

откуда $F_2'(p_1)=300$; $F_2'(p_2)=-300$.

Оригинал напряжения $u_C(t)$

$$u_C(t) = ([F_1(p_1)/\ F_2'(p_1)] \cdot e^{p_1 t}) + ([F_1(p_2)/F_2'(p_2)] \cdot e^{p_2 \cdot t}) =$$

$$=[(20000 + 50\ 0) / 300] \cdot e^{300 \cdot 0} + [(20000+50\ (-300) / (-300)] \cdot e^{-300t}$$

$$= 66{,}7 - 16{,}7 \cdot e^{-300 \cdot t}.$$

Задача 6. РАСЧЕТ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА В УСТАНОВИВШЕМСЯ РЕЖИМЕ

Условие задачи.

Для заданной электрической схемы (табл. 6.1) с известными параметрами (табл. 6.2) определить токи в ветвях и напряжение на нелинейных элементах (НЭ).

Вольт-амперные характеристики НЭ, симметричные относительно начала координат, приведены на рис. 6.1.

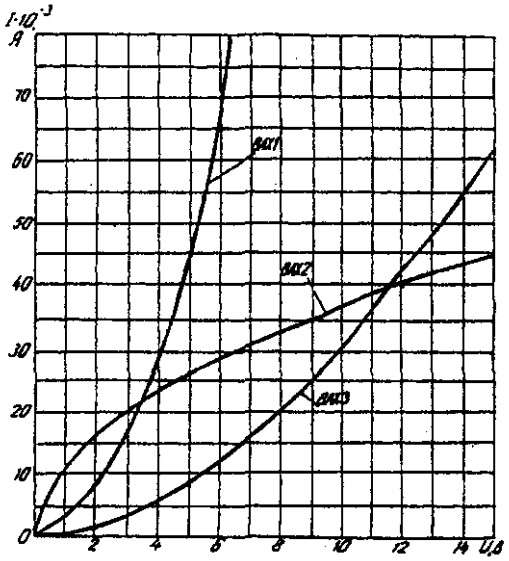


Рис. 6.1. Вольт-амперные характеристики нелинейных элементов

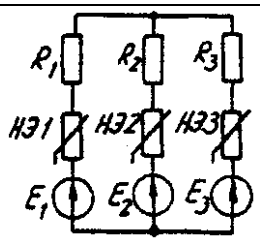
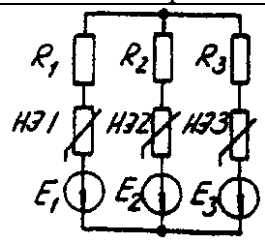
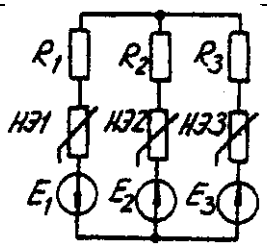
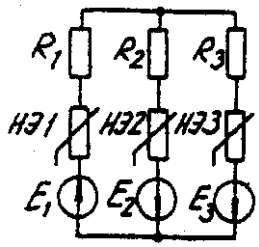
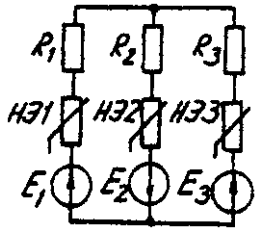
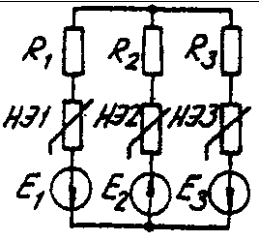
Методические указания.

Для нелинейных электрических цепей (НЭЦ) постоянного тока справедливы оба закона Кирхгофа

$$\sum_{k=1}^{n} I_k = 0; \quad \sum_{k=1}^{n} U_{k=0.}$$

Затруднения при рассмотрении НЭЦ с помощью законов Кирхгофа заключаются в том, что в НЭЦ напряжение и токи связаны между собой нелинейными соотношениями. По этой причине для решения задач теории НЭЦ приходится использовать различные приближенные методы решения, к которым относится метод двух узлов.

Расчетные электрические схемы

1		5	
2		6	
3		7	

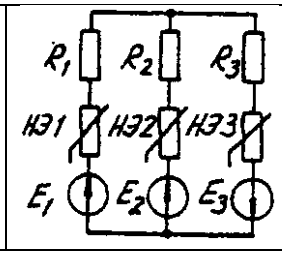
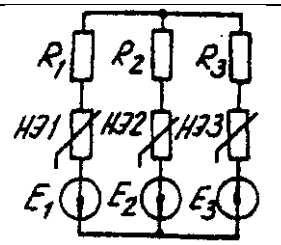
4	 R1 R2 R3 НЭ1 НЭ2 НЭ3 E1 E2 E3	8	 R1 R2 R3 НЭ1 НЭ2 НЭ3 E1 E2 E3

Таблица 6.2

Исходные данные к задаче 6

Вариант	Номер схемы	Значения параметров								
		R_1, Ом	R_2, Ом	R_3, Ом	НЭ1	НЭ2	НЭ3	E_1, В	E_2, В	E_3, В
1	1	600	300	400	ВАХ1	ВАХ3	ВАХ2	24	9	10
2	2	100	200	500	-	ВАХ2	ВАХ3	-	24	12
3	3	-	800	400	ВАХ2	ВАХ2	ВАХ3	-	15	20
4	4	400	300	600	-	ВАХ3	ВАХ1	10	8	14
5	5	-	800	600	ВАХ3	ВАХ2	ВАХ1	15	9	24
6	6	100	700	500	ВАХ1	-	ВАХ3	8	-	10
7	7	200	-	500	ВАХ2	ВАХ3	ВАХ1	6	-	12
8	8	1000	400	700	ВАХ2	-	ВАХ3	16	9	18
9	1	800	-	100	ВАХ1	ВАХ2	ВАХ3	10	15	20
10	3	400	700	200	ВАХ3	ВАХ2	ВАХ1	8	16	-
11	5	100	200		ВАХ2	ВАХ3	ВАХ1	24	12	-
12	7	600	200	400	ВАХ3	ВАХ1	-	15	10	20
13	2	500	700	-	ВАХ1	ВАХ2	ВАХ3	16	12	9
14	4	-	-	-	ВАХ3	ВАХ1	ВАХ2	14	20	8
15	6	200	100	-	-	ВАХ2	ВАХ3	10	8	15
16	8	-	500	-	ВАХ1	-	ВАХ3	12	6	18
17	1	-	-	600	ВАХ1	ВАХ3	-	20	-	4
18	2	800	-	-	-	ВАХ2	ВАХ3	15	10	5
19	3	-	900	-	ВАХ1	-	ВАХ3	6	12	8
20	4	-	-	100	ВАХ3	ВАХ1	-	16	18	9
21	5	400	-	200	-	ВАХ2	ВАХ3	9	4	10
22	6	-	-	-	ВАХ1	ВАХ2	ВАХ3	-		18
23	7	-	-	500	ВАХ2	ВАХ3	-	14	12	6
24	8	-	300	-	ВАХ1	-	ВАХ3	-	20	10

Расчет сложной НЭЦ, состоящей из нескольких параллельных ветвей, которые наряду с нелинейными элементами могут содержать и источники постоянной э. д. с, включенные последовательно с нелинейными элементами, сводится к нахождению токов и напряжений на участках цепи с помощью вольт-амперных характеристик.

Для этого предварительно строится вольтамперная характеристика каждой ветви, которая получается смещением соответствующей характеристики НЭ на величину заданной э. д. с. влево или вправо от начала координат, в зависимости от направления э. д. с. Затем, на основании первого закона Кирхгофа, строится результирующая характеристика. Она получается смещенной относительно начала координат на величину э. д. с. *(E),* которую можно рассматривать как э. д. с. эквивалентной цепи.

Так как сумма токов в узле равна нулю, то в эквивалентной цепи ток отсутствует. Следовательно, значение э. д. с. *(E)* равно разности потенциалов верхнего узла относительно нижнего узла исходной схемы.

Отсюда находят напряжение в каждом НЭ

$$U_{Нэк}=E_к-E$$

Ток в каждом НЭ определяется по соответствующей вольт-амперной характеристике.

Последовательность решения задачи.

1. Задаться положительным направлением токов в ветвях схемы.

2. На основании второго закона Кирхгофа построить эквивалентные вольт-амперные характеристики для ветвей.

3. На основании первого закона Кирхгофа построить результирующую вольт-амперную характеристику всей электрической цепи.

4. По результирующей вольт-амперной характеристике определить напряжения на каждом НЭ и токи в каждой ветви по соответствующим вольт-амперным характеристикам.

Пример решения задачи.

Для заданной электрической схемы (рис. 6.2, *а)* с известными параметрами E_1 =12 В, E_2 = 10 В, E_3 = 3 В,

R_1 =200 Ом, НЭ1, НЭ2 и НЭ3 (вольт-амперные характеристики которых приведены на рис. 6.3) определить токи в ветвях и напряжения на НЭ.

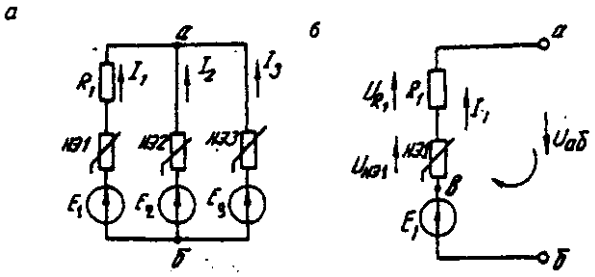


Рис. 6.2. Заданная *(а)* и расчетная (б) электрические схемы

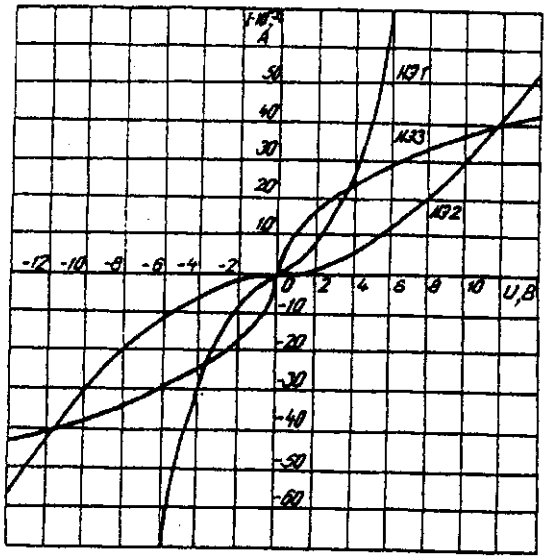


Рис. 6.3. Вольт-амперные характеристики нелинейных элементов

1. Задаемся положительным направлением токов во всех ветвях цепи.

2. Так как каждый из токов является нелинейной функцией падения напряжения на своем НЭ, необходимо выразить его в функции одного переменного напряжения $U_{аб}$ между узлами *а* и *б.*

Рассмотрим первую ветвь, содержащую последовательно соединенные резистор R_1, НЭ1 и источник постоянной э. д. с. E_1 (рис. 6,2, *б).*

На основании второго закона Кирхгофа для контура, указанного на рис. 6.2, *б* круговой стрелкой, запишем

$$E_1=U_{аб}+U_{R1}+U_{НЭ1} \text{ или } U_{аб}=E_1-(U_{R1}+U_{НЭ1}).$$

Если э. д. с. *(E_1)* действует в направлении выбранного положительного тока, т. е. $E_1>0$, то при положительном токе она способствует прохождению тока и при $E_1< U_{аб}$ уменьшает значение.

На рис. 6.4 изображены характеристики первого нелинейного элемента $I_1=f(U_{НЭ1})$, резистора $I_1=f(U_{R1})$, суммарная

$I_1=f(U_{аб})$ и прямая, соответствующая $E_1 > 0$. Здесь же нанесена результирующая характеристика $I_1=f(U_{аб})$.

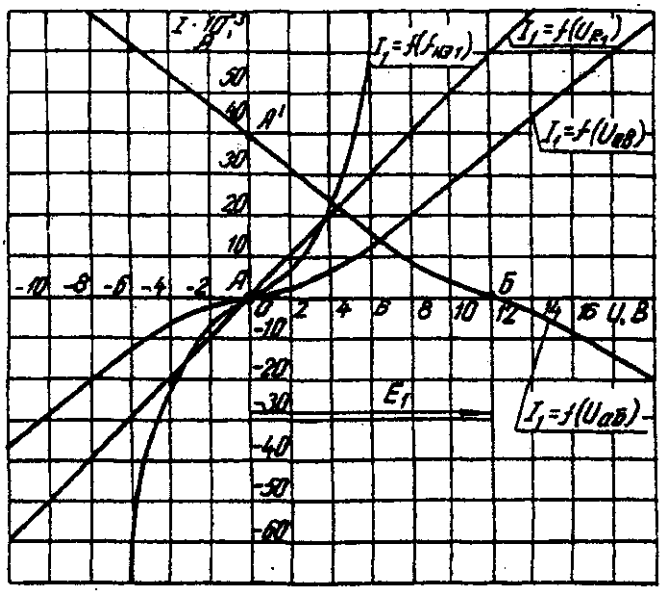


Рис. 6.4. Вольт-амперные характеристики первого нелинейного элемента

Для т. *А* кривой $I_1 = f(U_{НЭ1})$ напряжение на первом нелинейном элементе будет равно нулю ($U_{НЭ1} = 0$) при $I_1 = 0$. При этом $U_{аб} = E_1$ т. е. начало) кривой $I_1 = f(U_{аб})$ сдвинуто в точку *Б*, в которой $U_{аб} = E_1$. Росту $U_{аб}$, при $U_{аб} > 0$ соответствует уменьшение $U_{аб}$. Для точки *А*' при $U_{аб} = E_1$, $U_{аб} = 0$. Росту $U_{аб}$ при $U_{аб} < 0$ отвечает увеличение $U_{аб}$, причем $U_{аб} > E_1$.

Аналогичным образом перестраивают кривые $I_2 = f(U_{НЭ2})$ и $I_3 = f(U_{нэз})$ для других ветвей схемы (рис. 6.5 и 6.6).

3. Нанесем кривые $I_1 = f(U_{аб})$, $I_2 = f(U_{аб})$ и $I_3 = f(U_{аб})$ на одном рисунке и построим результирующую вольт-амперную характеристику $I = f(U_{аб})$ просуммировав ординаты кривых (рис. 6.7).

4. Точка *А* пересечения кривой $I = f(U_{аб})$ с осью абсцисс дает значение Саб, при котором удовлетворяется уравнение

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0.$$

Восстанавливаем в этой точке перпендикуляр к оси абсцисс до пересечения с кривыми $I_1 = f(U_{аб})$, $I_2 = f(U_{аб})$ и $I_3 = f(U_{аб})$ и находим токи I_1, I_2 и I_3 как по величине, так и по знаку.

Для рассматриваемого примера имеем (см. рис. 6.7), А

$$I_1 = 15 \cdot 10^{-3};$$
$$I_2 = 5 \cdot 10^{-3};$$
$$I_3 = -20 \cdot 10^{-3}.w$$

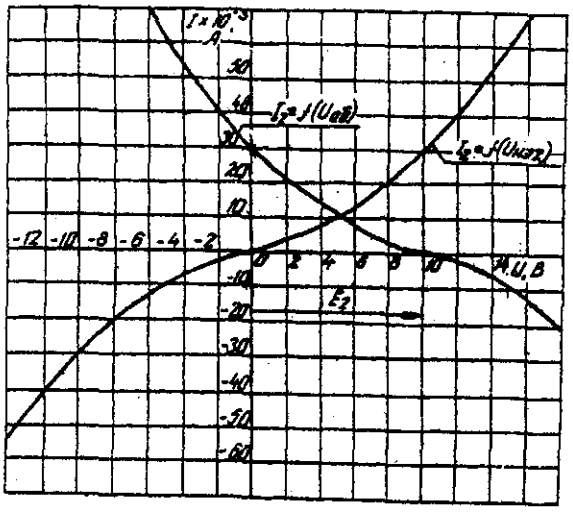


Рис. 6.5. Вольт-амперные характеристики второго нелинейного элемента

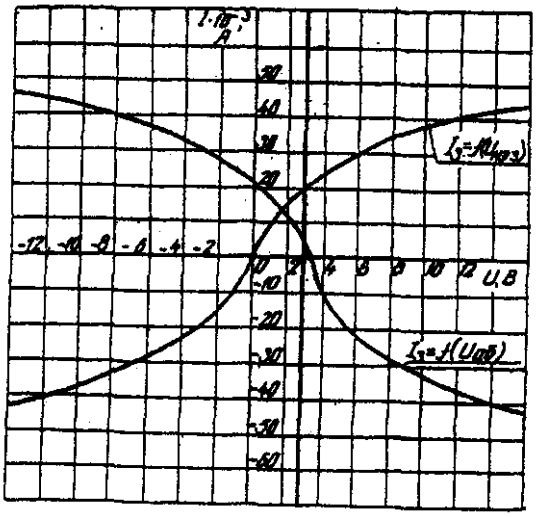


Рис 6.6. Вольт-амперные характеристики третьего нелинейного элемента

Сделаем проверку

$$I_1 + I_2 + I_3 = 15 \cdot 10^{-3} + 5 \cdot 10^{-3} - 20 \cdot 10^{-3} = 0 \text{ А.}$$

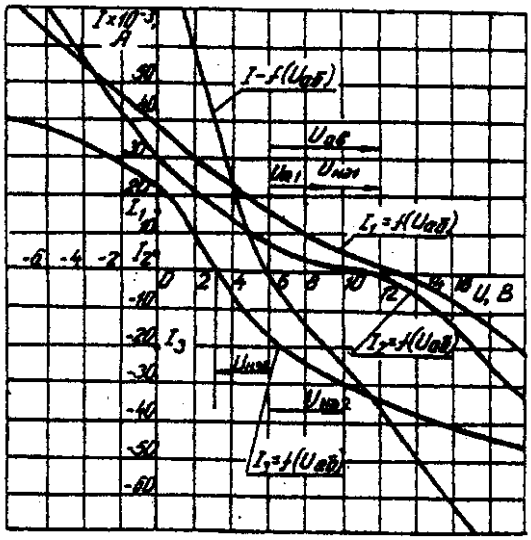


Рис. 6.7. Результирующие вольт-амперные характеристики

Располагая построенными характеристиками, легко находим напряжения на всех нелинейных элементах цепи (см. рис. 6.7):

$U_{НЭ1} = 3$; $U_{НЭ1} = 2$; $U_{НЭ1} = 3$.

ЗАДАЧА 7. РАСЧЕТ МАГНИТНЫХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА.

7.1. Неразветвленные магнитные цепи.

Методические указания.

Магнитной цепью называют совокупность магнитодвижущих сил (МДС),ферромагнитных тел или каких-либо иных тел или сред, по которым замыкается магнитный поток.

Магнитные цепи могут быть подразделены на неразветвленные (рис. 1) и разветвленные (рис. 2).

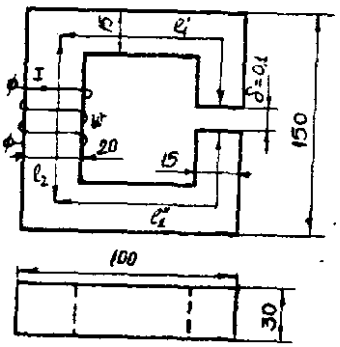


Рис. 7.1. Неразветвленная магнитная цепь

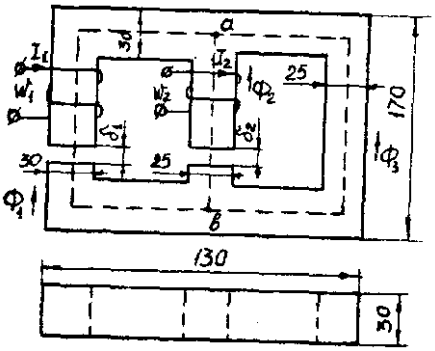


Рис. 7.2. Разветвленная магнитная цепь

Основными величинами, характеризующими магнитное поле и используемыми при расчете к анализе магнитных цепей, являются магнитная индукция B и напряженность магнитного поля H.

Эти величины связаны между собой зависимостью:

$$B = \mu_0 \cdot \mu \cdot H$$

где μ_0 — постоянная, характеризующая свойства вакуума,

$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$$

μ — относительная магнитная проницаемость.

$$H = 0{,}8 \cdot 10^6 B$$

Магнитную индукцию B измеряют в теслах (1 Тл = 1 Вс/м^2). Единицей напряженности магнитного поля H является 1 А/м,

Магнитная индукция и напряженность магнитного поля — векторные величины.

Величиной. служащей для интегральной оценки магнитного поля, является магнитный поток Ф, представляющий собой поток вектора магнитной индукции сквозь поверхность dS

$$\Phi = \int_S B dS$$

Если магнитный поток проходит сквозь поверхность, расположенную перпендикулярно линиям магнитной индукции поля, то магнитный поток определяется по формуле

$$\Phi = BS$$

Магнитны поток измеряют в веберах (1 Вб = 1 Вс).

Магнитное поле создается электрическими тока. Напряженность магнитного поля связана с токами, возбуждающими поле, за коном полного тока, согласно которому линейный интеграл вектора напряженности магнитного поля вдоль замкнутого контура равен алгебраической сумме токов, охватываемых этим контуром

$$\oint Hdl = \sum I$$

где l — длина участка магнитной цепи, вдоль которого идет интегрирование. Длина участка отсчитывается по средней линии магнитопровода.

Заменив интеграл суммой интегралов по участкам и учитывая, что пределах одного участка магнитная цепь имеет одинаковое поперечное сечение и одинаковую магнитную проницаемость, получим закон полного тока в общем виде

$$\sum_K H_K l_K = \sum Iw$$

где H_K — напряженность магнитного поля на каждом участке магнитной цепи;

l_K - длина каждого участка магнитной цепи;

w - число витков катушки.

Произведение числа витков катушки w на протекающий по ней ток I называют магнитодвижущей силой катушки F.

$$\sum Iw = \sum F$$

МДС вызывает магнитный поток в магнитной цепи подобно тому, как ЭДС вызывает электрический ток в электрической цепи. Как и ЭДС, МДС величина векторная. Положительное направление МДС совпадает с движением острия правоходового винта, если его вращать по направлению тока в обмотке.

Падением магнитного напряжения U_{MAB} между точками a и b магнитной цепи, называют произведением Hl_{AB}. Здесь , - длина пути между точками a и b.

Магнитное напряжение измеряют в амперах (А).

Если участок магнитной цепи между точками a и b может быть подразделен на n отдельных частей так, что для каждой части $H=H_K$ постоянно, то

$$U_{MAB} = \sum_{K=1}^{K=n} H_K l_K$$

Отношение падения магнитного напряжения U_M к магнитному потоку Ф называют магнитным сопротивлением цепи

$$\Phi w = \Psi = Li$$

$$R_M = \frac{U_M}{\Phi} = \frac{l}{\mu_0 \mu S}$$

Величину, обратную магнитному сопротивлению называют магнитной проводимостью цепи

$$G_M = \frac{1}{R_M} = \frac{\mu_0 \mu S}{l}$$

Соотношение $\Phi = \frac{U_M}{R_M}$ - называют законом Ома для магнитной цепи.

Надо отметить, что между магнитными и электрическими величинами есть формальная аналогии. Аналогом тока в электрической цепи является поток в магнитной цепи. Аналогом ЭДС — МДС. Аналогом падения напряжения на участке электрической цепи падение магнитного напряжения. Аналогом вольтамперной характеристики нелинейного сопротивления — веберная характеристика участка магнитной цепи.

Соответствие электрических и магнитных величин можно представить в виде таблицы (табл. 7.1).

Таблица соответствия электрических и магнитных величин — Таблица 7.1

Электрические величины	Магнитные величины
I – ток, А	Ф – магнитный поток, Вб
E – ЭДС, В	F – МДС, А
U – напряжение, В	U_M – магнитное напряжение, А
R – сопротивление, Ом	R_M – магнитное сопротивление, 1/Гн
G – проводимость, 1/Ом	G_M – магнитная проводимость,

При расчете и анализе магнитных цепей используют первый и второй законы Кирхгофа.

Первый закон Кирхгофа: алгебраическая сумма магнитных потоков в любом узле магнитной цепи равна нулю:

$$\sum \Phi = 0$$

Второй закон Кирхгофа: алгебраическая сумма падений магнитного напряжения вдоль любого замкнутого контура равна алгебраической сумме МДС вдоль того же контура:

$$\sum U_M = \sum Iw$$

В качестве примера составим уравнения по законам Кирхгофа для разветвленной магнитной цепи, изображенной на рис. 7.2.

Произвольно выбираем направление потоков в ветвях. Для узла “а” составим уравнение по первому закону Кирхгофа

$$\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 = 0$$

По второму закону Кирхгофа составляем уравнение для контура, состоящего из левой и средней ветвей.

$$H_1 l_1 + H_1 \delta_2 - H_2 l_2 + H_2 \delta_2 = I_1 w_1 - I_2 w_2$$

Под вебер-амперной характеристикой понимают зависимость потока Ф по какому-либо участку магнитной цепи от падения магнитного напряжения на этом участке U_M.

$$\Phi = \int (U_M)$$

Расчет неразветвленной магнитной цепи разделяют на прямую и обратную задачи.

7.1.1. Прямая задача. Определить МДС цепи по заданному магнитному потоку.

Порядок расчета следующий:

1) магнитная цепь разбивается на участки, имеющие одинаковое сечение и одинаковую магнитную проницаемость;

2) по известным геометрическим размерам магнитного сердечника определяются длины l и площади поперечного сечения выделенных участков;

3) исходя из постоянства магнитного потока вдоль всей цепи определяются значения магнитной индукции для выделенных участков магнитной цепи по заданному магнитному потоку;

4) по заданной кривой намагничивания определяются значения напряженности магнитного поля для известных значений магнитной индукции.

Напряженность поля и воздушном зазоре определяется по формуле:

5) подсчитывается сумма падений магнитного напряжения вдоль всей магнитной цепи $\Sigma H_K l_K$ и на основании закона полного тока приравнивается эта сумма полному току I_W или МДС.

$$\sum H_K l_K = Iw$$

Пример. Геометрические размеры магнитной цепи даны на рис. 4. Найти какой ток должен протекать по обмотке с числом витков w=500 чтобы магнитная индукция в воздушном зазоре B_δ=1 Тл.

Решение. Магнитную цепь разбиваем на три участка:

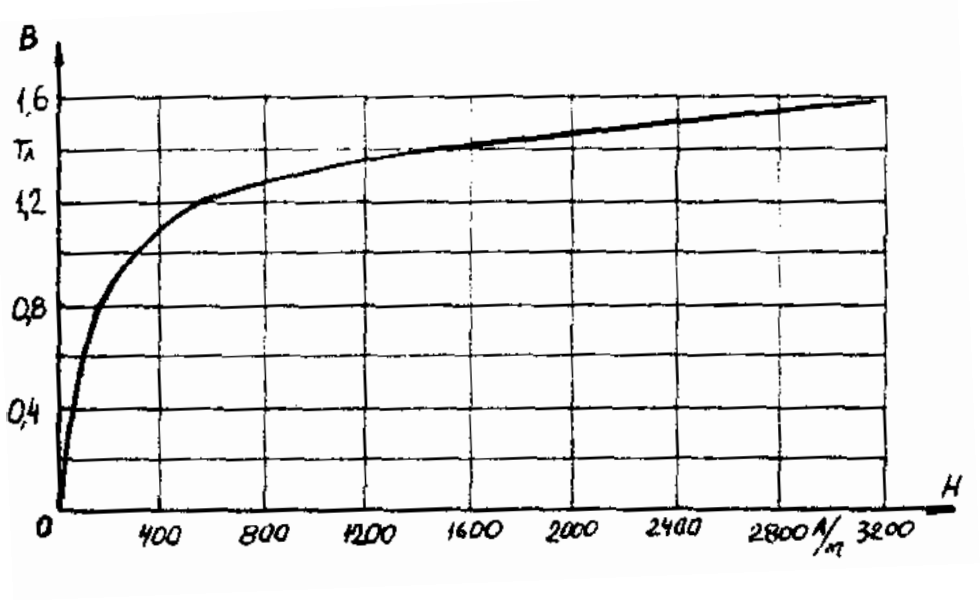


Рис. 7.4. Кривая намагничивания

$$l_1 = l`_1 + l``_1 = 30 \quad см$$

$$S_1 = 4{,}5 \quad см^2$$

$$l_2 = 13{,}5 \quad см$$

$$S_2 = 6 \quad см^2$$

Воздушный зазор

$$\delta = 0{,}01 \quad см$$

$$S_2 = S_1 = 4{,}5 \quad см^2$$

Индукция

$$B_1 = B_\delta = 1 \quad Тл$$

Индукцию на участке l_2 найдем, разделив поток $\Phi = B_\delta S_\delta$ на сечение S_2 второго участка

$$B_2 = \frac{\Phi}{S_2} = \frac{B_\delta S_\delta}{S_2} = \frac{1 \cdot 4{,}5}{6} = 0{,}75 \quad Тл$$

Напряженности поля на первом и втором участках определяем согласно кривой намагничивания (рис. 4) по известным значениям B_1 и B_2;

$H_1 = 300$ 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 $\Phi = \int (U_M)$ 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 $\Phi = \int (U_M)$

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	$22{,}5 \cdot 10^{-5}$	$49{,}5 \cdot 10^{-5}$	$54 \cdot 10^{-5}$	$58{,}5 \cdot 10^{-5}$

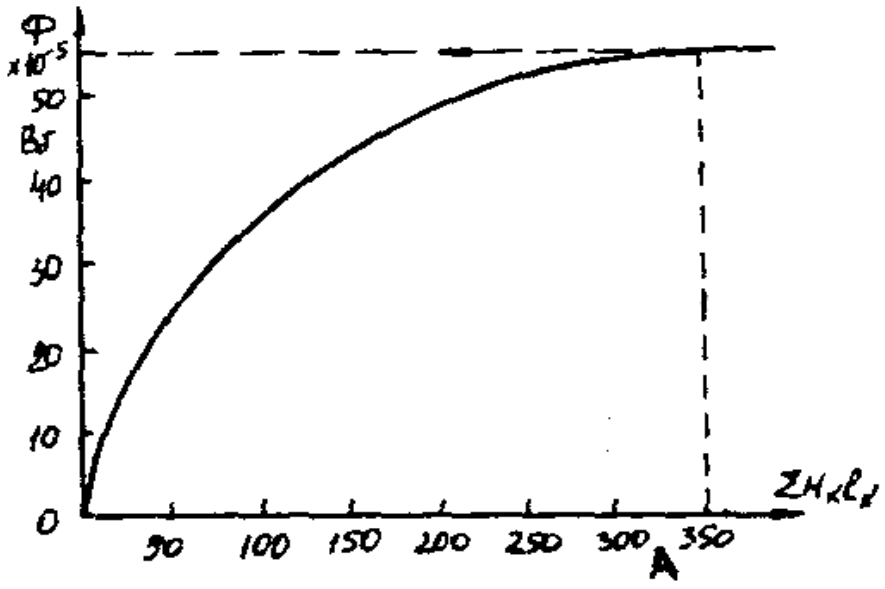


Рис. 7.5. Вебер-амперная характеристика цепи

По данным табл. 7.2 строим вебер-амперную характеристику $\Phi = \int (U_M)$ (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».

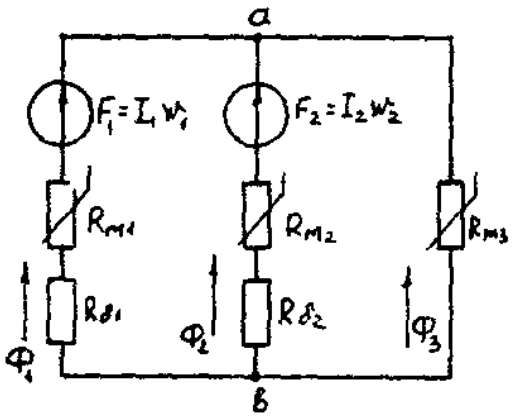


Рис. 7.6. Схема замещения магнитной цепи

Определим длины участков магнитной цепи

$l_1 = 0{,}24 м;$ $l_2 = 0{,}138 м;$

$l_3^{`} = 0{,}1 м;$ $l_3^{``} = 0{,}14 м.$

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)

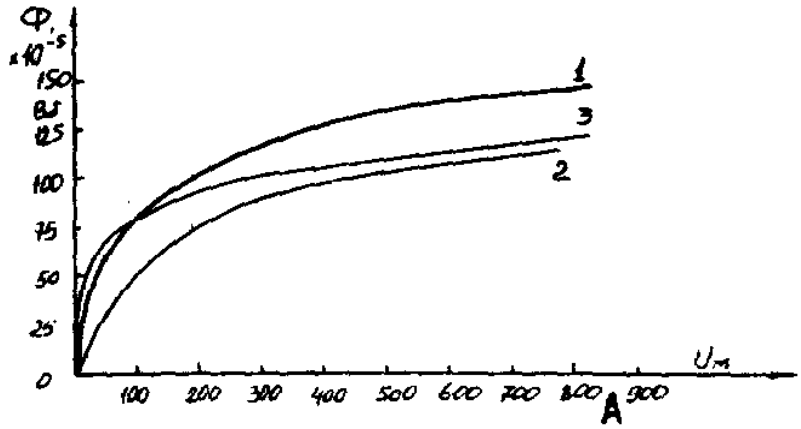


Рис. 7.7. Вебер-амперные характеристики ветвей

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

$$I_2 w_2 = U_{M2} + U_{Mab}$$

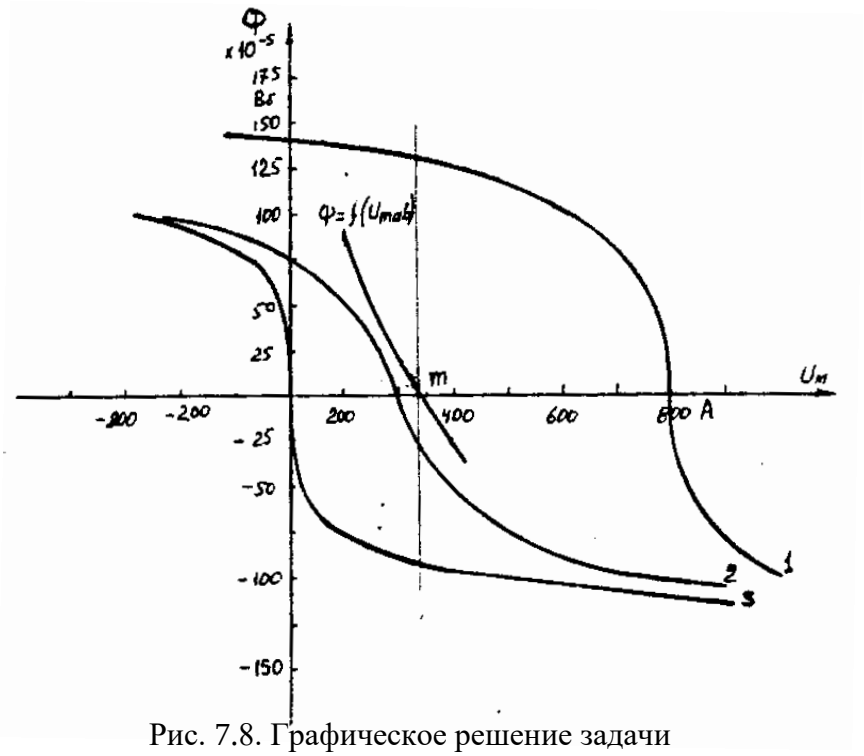


Рис. 7.8. Графическое решение задачи

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;

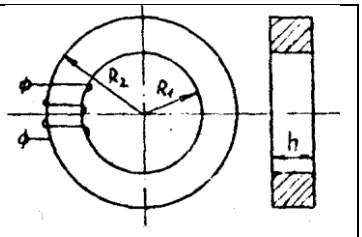
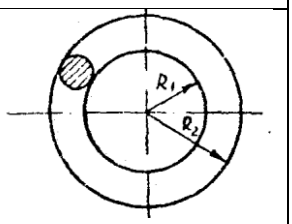
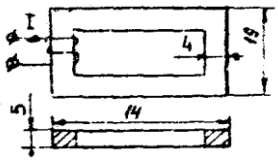
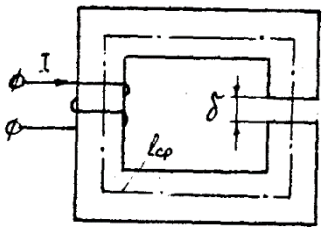
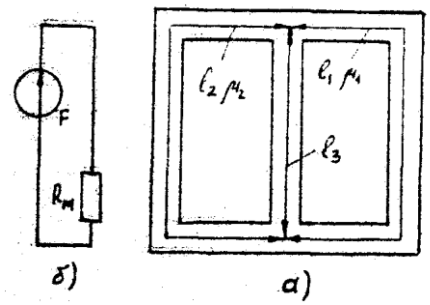
$\Phi_1 = 126{,}2 \cdot 10^{-5}$ Вб; $\Phi_2 = -25 \cdot 10^{-5}$ Вб; $\Phi_3 = -101{,}2 \cdot 10^{-5}$ Вб.

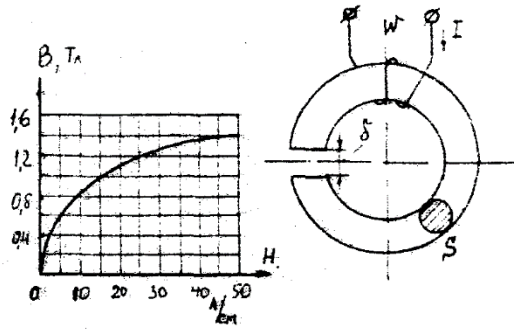
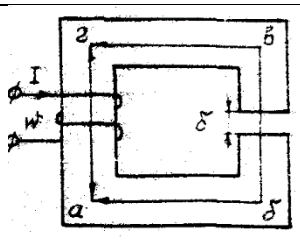
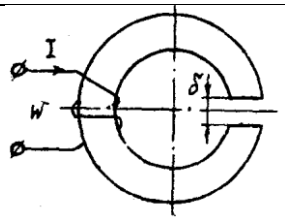
В результате расчета потоки Φ_2 и Φ_3, оказались отрицательными. Это означает, что в действительности они направлены противоположно выбранным ранее для них направлениям, показанным на рис. 7.2 и рис. 7.6.

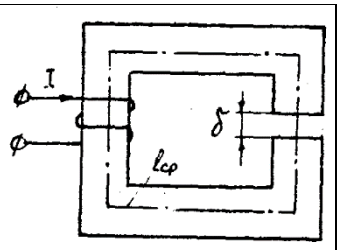
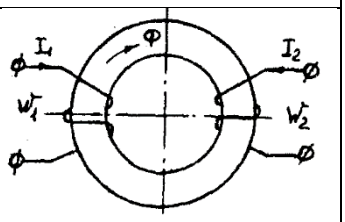
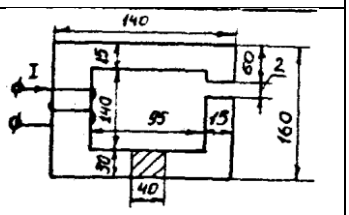
Задания к задаче 7.1.

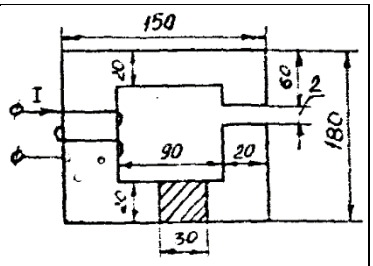
Таблица 7.3

Номер вари-анта	Содержание задания

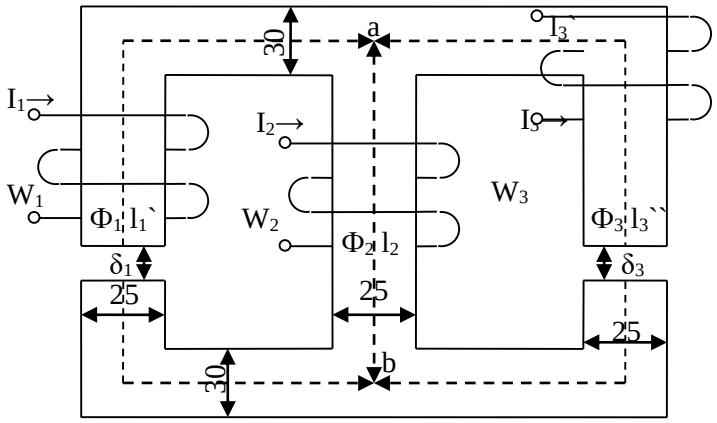
1	Катушка с количеством витков w = 1000 равномерно намотана на ферромагнитный сердечник с размерами: R_1 = 8 см; R_2 = 12 см, h = 15 см. Значение магнитного потока Ф = 0,025 Вб, магнитная проницаемость μ = 2080. Определить ток в катушке.	
2	На ферромагнитный сердечник равномерно намотана обмотка, w = 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

$$M_{max} = \left(\frac{m_1}{2\Omega_1}\right)\left(\frac{U_{1н}^2}{R_1 + \sqrt{R_1^2 + X_к^2}}\right), \quad (9.5)$$

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	$\eta_Н$, %	$R_а$, 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 $R_а$	$r_В$
2	0,9	110	2000	73,0	0,64	0,4	340	7 $R_а$	0,5 $r_В$
3	1,3	110	3150	76,0	0,36	0,36	340	9 $R_а$	$r_В$
4	0,55	220	3000	71,0	1,0	0,55	222	10 $R_а$	0,5 $r_В$
5	0,75	110	3000	78,5	0,64	0,4	720	4 $R_а$	$r_В$
6	1,2	220	2200	76,5	0,79	0,33	103	6 $R_а$	0,5 $r_В$
7	2,0	110	3000	78,5	0,2	0,14	265	8 $R_а$	$r_В$
8	1,1	220	1500	74,0	2,2	1,57	81	10 $R_а$	0,5 $r_В$
9	1,7	110	2200	77,0	0,29	0,24	295	5 $R_а$	$r_В$

10	2,2	220	3150	81,0	0,52	0,51	81	7 R_a	0,5 r_B
11	1,5	110	1590	70,0	0,42	0,36	181	9 R_a	r_B
12	2,5	220	2200	76,0	0,79	0,68	39,4	4 R_a	0,5 r_B
13	3,4	110	3350	79,5	0,46	0,05	96,3	6 R_a	r_B
14	5,3	220	3000	80,0	0,24	0,2	25,3	8 R_a	0,5 r_B
15	1,4	110	3000	78,5	0,2	0,13	403	10 R_a	r_B
16	1,6	110	790	68,0	0,47	0,31	134	5 R_a	0,5 r_B
17	7,0	110	2200	81,0	0,07	0,05	111	7 R_a	r_B
18	4,0	220	1500	79,0	0,56	0,34	35	9 R_a	0,5 r_B
19	10,5	440	3000	85,0	0,56	0,34	25,6	4 R_a	r_B
20	1,9	110	750	71,0	0,32	0,27	138	6 R_a	0,5 r_B
21	3,0	220	1000	75,5	0,88	0,64	37,5	8 R_a	r_B
22	5,5	110	1500	80,0	0,88	0,07	101	10 R_a	0,5 r_B
23	8,5	440	2240	84,5	0,67	0,45	25	5 R_a	r_B
24	3,7	220	2360	81,0	0,35	0,22	54,5	7 R_a	0,5 r_B

Последовательность решения.

1. Начертить электрическую схему двигателя постоянного тока параллельного возбуждения с включением добавочных регулировочных резисторов в цепь якоря R_P и в цепь обмотки возбуждения r_P.

2. Определить номинальную мощность на входе двигателя P_{1H}, номинальные токи якоря I_{AH} и возбуждения i_{BH} и номинальный момент на валу двигателя M_{2H}.

3. Рассчитать и построить в одной системе координат механические характеристики двигателя постоянного тока, включенного в сеть с номинальным напряжением U_H:

а) естественную ($R_P = 0$; $r_P = 0$);

б) искусственную при включении регулировочного реостата в цепь якоря ($R_P \neq 0$; $r_P = 0$);

в) искусственную при включении регулировочного реостата в цепь возбуждения ($R_P = 0$; $r_P \neq 0$).

4. Объяснить, что произойдет с работающим двигателем при обрыве в цепи возбуждения, если система автоматической защиты из-за неисправности не отключит вовремя двигатель от сети.

5. Рассчитать максимальные значения сопротивления пускового реостата R_{max}, включенного в цепь якоря, при реостатном способе пуска двигателя, если известно, что пусковой ток не должен превышать двойного номинального значения ($I_{AП} \leq 2I_{AH}$).

Методические рекомендации.

К пункту 2. В двигателе постоянного тока параллельного возбуждения номинальный ток $I_H = I_{AH} + i_{BH}$

К пункту 3. Для решения задачи необходимо рассчитать произведение конструктивной постоянной электрической машины на номинальный магнитный поток $c\Phi$,, при U_n. Это значение можно определить из паспортных данных двигателя, используя выражения:

$$E_A = c\Phi_H \Omega_H$$

$$E_A = U_H - I_{AH}(R_a + R_{ДП}) - \Delta U_{Щ}$$

где E_A - э.д.с. якоря; 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.

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

Факультет горномеханический

Кафедра электрификации горных предприятий

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.04 – «ГОРНОЕ ДЕЛО» ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЭЕКТРИФИКАЦИЯ ГОРНЫХ РАБОТ (ПРЕДПРИЯТИЙ)»

г. Екатеринбург
2022 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение…….2

2. Тематический план дисциплины……....4

3. Указания по выполнению контрольной работы……..7

4. Вопросы по дисциплине……..8

5. Учебно-методическое обеспечение дисциплины……9

5.1. Основная литература……..9

5.2. Дополнительная литература……..10

Приложения:

Рис.1 Схема электроснабжения карьера……..11

Таблица 1. Варианты заданий к контрольной работе……11

1. ВВЕДЕНИЕ

Дисциплины «Электрификация горных работ» и «Электрификация горных предприятий» являются одними из специальных дисциплин подготовки дипломированных специалистов специальности 21.05.04 – «Горное дело».

Современные карьеры и разрезы являются крупными потребителями электрической энергии. Основные технологические машины и различные виды транспорта на горных предприятиях электрифицированы и оборудованы электрическими приводами. В связи с этим в дисциплине «Электрооборудование и электроснабжение открытых горных работ» изучаются вопросы производства, передачи, преобразования и распределения электрической энергии, безопасного и рационального использования электроэнергии на горных предприятиях.

Основными целями и задачами дисциплины является вооружение обучаемых теоретическими знаниями и практическими навыками, необходимыми:

- в практической работе по эксплуатации электрифицированных горных машин;
- для технически грамотной эксплуатации электрооборудования открытых горных работ;
- для безопасного и рационального использования электроэнергии на горных предприятиях.

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 4.1), 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.

2.ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование раздела и темы	Объем СРС, час		Литература (страницы)
	очная форма обучения	заочная форма обучения	
Раздел 1. Электроснабжение горных предприятий	**2**	**7**	
1.1. Введение. Источники электрической энергии. Источники электроснабжения горных предприятий.	-	2	[1] с. 11-12, 15-16; [2] с. 107-108

1.2. Основные требования к системам электроснабжения горных предприятий. Категории электроприемников по надежности электроснабжения.	-	1	[1] с. 12-15; [2] с. 50-53, 102-107
1.3. Типовые схемы внешнего электроснабжения карьеров и разрезов.	1	2	[1] с. 16-20; [2] с. 108-110
1.4. Типовые схемы внутреннего электроснабжения карьеров и разрезов.	1	2	[1] с. 20-24; [2] с. 362-368
Раздел 2. Электрические нагрузки и определение мощности трансформаторных подстанций	**4**	**8**	
2.1. Характеристики электроприемников. Графики электрических нагрузок.	-	2	[1] с. 239
2.2. Расчет электрических нагрузок. Определение местоположения главной понижающей подстанции (ГПП).	3	4	[1] с. 239-247; [2] с. 76-88, 434-435; [3] с. 5-7
2.3. Выбор числа, мощности и наивыгоднейшего режима работы трансформаторов ГПП и ПКТП.	1	2	[1] с. 247-250; [2] с. 436-441; [3] с. 9-13
Раздел 3. Устройство и расчет электрических сетей	**3**	**8**	
3.1. Конструктивное выполнение воздушных и кабельных ЛЭП	-	2	[1] с. 173-184; [2] с. 369-371
3.2. Выбор сечения проводов и кабелей	3	6	[1] с. 184-196; [3] с. 13-19
Раздел 4. Токи короткого замыкания	**-**	**6**	
4.1. Виды коротких замыканий. Процесс короткого замыкания.	-	2	[1] с. 196-197
4.2. Расчет токов короткого замыкания в сетях напряжением до и выше 1000 В.	-	4	[1] с. 197-206
Раздел 5. Электрические подстанции открытых горных работ	**-**	**8**	
5.1. Устройство и электрооборудование трансформаторных подстанций.	-	4	[1] с. 209-238, 283-303
5.2. Устройство и электрооборудование тяговых подстанций.	-	2	[1] с. 399-408; [2] с. 484-489
5.3. Выбор электрооборудования подстанций напряжением до и выше 1000 В.	-	2	[1] с. 250-258, 277-280
Раздел 6. Электрическое освещение	**2**	**6**	
6.1. Основные светотехнические параметры.	1	2	[1] с. 131-133;

			[2] с. 118-120
6.2. Электрические источники света и осветительные установки карьеров.	1	2	[1] с. 133-151; [2] с. 120-138
6.3. Расчет электрического освещения карьеров.	-	2	[1] с. 151-163; [2] с. 148-161
Раздел 7. Основные энергетические показатели электрохозяйства карьеров	**1**	**3**	
8.1. Коэффициент мощности и способы его повышения.	-	1	[1] с. 456-466; [3] с. 7-9
8.2. Удельный расход электроэнергии. Электровооруженность труда.	1	1	[1] с. 445-456; [2] с. 55-56; [3] с. 22
8.3. Тарификация электроэнергии.	-	1	[1] с.439-445 [2] с. 59-62; [3] с. 22-24
Раздел 8. Основы электробезопасности.	**4**	**8**	
9.1. Действие электрического тока на организм человека.	-	2	[1] с. 35-39; [2] с. 169-175
9.2. Контроль изоляции и защитное отключение.	2	2	[1] с. 48-81; [2] с. 207-220
9.3. Защитное заземление. Испытания заземляющих устройств.	2	2	[1] с. 91-125; [2] с. 194-196; [3] с. 19-21
9.4. Меры по безопасному обслуживанию электроустановок горных предприятий.	-	2	[1] с. 125-128
ИТОГО	**31**	**58**	

3. УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа предназначена для закрепления теоретического материла, приобретения навыков выполнения электротехнических расчетов и пользования справочной специализированной литературой.

Контрольная работа выполняется студентами по вариантам исходных данных, которые задаются преподавателем каждому студенту индивидуально. Исходные данные по вариантам

заданий соответствуют схеме электроснабжения карьера (рис.1) и приведены в табл.1 Приложения к настоящим методическим указаниям.

Контрольная работа выполняется на белой бумаге формата А4 с применением персонального компьютера шрифтом Times New Roman (размер шрифта 14, межстрочный интервал 1,5). В исключительных случаях допускается представить контрольную работу, выполненную аккуратно в ученической тетради рукописным образом. В любом случае титульный лист пояснительной записки должен соответствовать образцу, выставленному на сайте кафедры ЭГП (http://egp.3dn.ru). Выполненная контрольная работа должна быть сдана на кафедру ЭГП и зарегистрирована не позднее дня проведения предэкзаменационной консультации.

При выполнении контрольной работы необходимо придерживаться следующих общих требований:

- ✓ принятые решения должны иметь обоснования, сопровождаемые соответствующими расчетами и пояснениями;
- ✓ при выборе электрооборудования необходимо приводить его основные технические характеристики;
- ✓ схемы должны изображаться в условных графических обозначениях, предусмотренных действующими ГОСТ;
- ✓ работа выполняется с оставлением полей шириной 3 см для замечаний преподавателя.

При выполнении контрольной работы необходимо решить следующее:

1. выполнить расчет электрических нагрузок по карьеру;
2. выбрать, при необходимости, средства компенсации реактивной мощности;
3. определить количество и мощность силовых трансформаторов на главной понижающей подстанции (ГПП);
4. определить мощность и выбрать ПКТП для ламп ДКсТ и для буровых станков;
5. выполнить расчет воздушных и кабельных ЛЭП карьера;
6. произвести расчет защитного заземления электроустановок карьера.

Расчет электрических нагрузок рекомендуется проводить по установленной мощности и коэффициенту спроса. Результаты расчетов следует представить в виде таблицы – формуляра электрических нагрузок. При составлении формуляра электрических нагрузок все электроприемники карьера независимо от их напряжения следует сгруппировать по отдельным воздушным ЛЭП (ВЛ-1, ВЛ-2, ВЛ-3). Формуляр электрических нагрузок и методика его заполнения изложены в [4].

Для выбора средств компенсации реактивной мощности необходимо, прежде всего, определить величину средневзвешенного коэффициента мощности по карьеру. В зависимости от соотношения между расчетным значением и нормированным значением коэффициента реактивной мощности принимается решение о необходимости применения искусственной компенсации реактивной мощности. Методика выбора компенсирующих устройств изложена в [4].

Выбор числа и мощности трансформаторов на ГПП карьеров производится, исходя и расчетной нагрузки и категории электроприемников. При наличии на карьере электроприемников I и II категорий на ГПП устанавливается, как правило, не менее двух силовых трансформаторов, что необходимо для резервирования питания. Трансформаторы принимаются, как

правило, одинаковой мощности, которая определяется с учетом их перегрузочной способности и требований по резервированию [4]. По величине расчетной мощности с помощью справочной литературы, указанной в [4], выбираются соответствующие трансформаторы.

При определении мощности силового трансформатора ПКТП для питания лампы ДКсТ следует учитывать его несимметричную работу. Расчетная мощность может быть определена по соответствующим выражениям, приведенным в [4].

Мощность силового трансформатора ПКТП для питания бурового станка определяется по суммарной установленной мощности электроприемников бурового станка с учетом группового коэффициента спроса, величина которого зависит от количества электроприемников в группе и может быть определена по соответствующим выражениям, приведенным в [4].Выбранный трансформатор для ПКТП бурового станка должен быть проверен по условию прямого пуска наиболее мощного в группе асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором.

При расчете воздушных и кабельных ЛЭП карьера необходимо выбрать марку и сечение проводов воздушных ЛЭП (ВЛ-1, ВЛ-2, ВЛ-3), марку и сечение токоведущих жил кабелей для питания экскаваторов и буровых станков. При расчете воздушных ЛЭП следует учитывать, что ВЛ-1 является стационарной, а ВЛ-2 и ВЛ-3 являются передвижными. Гибкие кабели горных машин карьеров относятся к временным ЛЭП. Применяемые методы расчета воздушных и кабельных ЛЭП карьеров приведены в [4].

При расчете защитного заземления электроустановок карьера необходимо определить тип и количество электродов центрального заземлителя и сечение заземляющих проводников. Расчет производится для наиболее удаленного от центрального заземлителя электроприемника карьера. Центральный заземлитель сооружается, как правило, на борту карьера вблизи от ГПП. Методика расчета защитного заземления электроустановок карьеров изложена в [4].

На основании проведенных расчетов необходимо изобразить схему электроснабжения карьера с указанием на ней типов электрооборудования, марок воздушных и кабельных ЛЭП.

4. ВОПРОСЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Производство электроэнергии. Типы электростанций, их основные показатели.
2. Энергетическая система России. Структура, преимущества объединенной энергосистемы.
3. Номинальные напряжения источников и электроприемников.
4. Основные требования к системам электроснабжения горных предприятий.
5. Типовые схемы внешнего электроснабжения горных предприятий. Способы резервирования источников питания и электрических сетей.
6. Типовые схемы внутреннего электроснабжения карьеров и разрезов.
7. Характеристики потребителей электрической энергии. Установленная, присоединенная, потребляемая мощности. Коэффициент спроса.
8. Коэффициент мощности электроустановок: понятие, последствия низкого коэффициента мощности, способы повышения (естественные и искусственные).
9. Графики электрических нагрузок, их основные показатели.
10. Расчет электрических нагрузок. Методы расчета. Определение расчетных электрических нагрузок методом коэффициента спроса.
11. Картограмма электрических нагрузок. Определение месторасположения символического центра электрических нагрузок.
12. Выбор силовых трансформаторов ГПП и ПКТП.

13. Электрооборудование трансформаторных подстанций (силовые трансформаторы, выключатели, разъединители, отделители и короткозамыкатели, предохранители, измерительные трансформаторы, ограничители перенапряжений и пр.).
14. Аппаратура управления и защиты напряжением до 1000 В (автоматический фидерный выключатель; магнитные пускатели; предохранители; тепловые реле и т.п.)
15. Устройство воздушных и кабельных линий электропередачи.
16. Расчет электрических сетей: выбор сечений проводов воздушных ЛЭП, выбор марки и сечения проводников кабельных ЛЭП.
17. Причины и виды коротких замыканий. Процесс протекания короткого замыкания.
18. Расчет токов короткого замыкания в сетях напряжением до и выше 1000 В.
19. Выбор электрических аппаратов распределительных устройств напряжением до и выше 1000 В.
20. Основные светотехнические характеристики источников света.
21. Рудничные осветительные приборы. Люминесцентные лампы. Стартерная схема зажигания люминесцентных ламп.
22. Рудничные осветительные приборы. Дуговая ртутная лампа типа ДРЛ. Схема зажигания лампы ДРЛ.
23. Дуговая ксеноновая лампа типа ДКсТ. Схема зажигания лампы ДКсТ-20000.
24. Виды поражений человека электрическим током.
25. Воздействие электрического тока на организм человека. Классификация токов по ответной реакции организма человека.
26. Факторы, определяющие опасность поражения человека электрическим током.
27. Режимы нейтрали электрических сетей. Понятия и определения.
28. Анализ безопасности в электрических сетях с изолированной нейтралью. Достоинства и недостатки электрических сетей с изолированнной нейтралью.
29. Анализ безопасности в электрических сетях с глухозаземленной нейтралью. Достоинства и недостатки электрических сетей с глухозаземленной нейтралью.
30. Защитное отключение. Назначение, область применения, требования ПБ к устройствам защитного отключения и к их эксплуатации.
31. Реле утечки УАКИ-380. Упрощенная схема. Работа реле утечки.
32. Защитное заземление электроустановок: назначение, область применения, принцип действия, требования ПБ к заземлению электроустановок карьеров.
33. Проверка состояния и измерение сопротивления заземляющих устройств электроустановок карьеров.
34. Расчет заземляющих устройств. Цель и порядок расчета.
35. Тарификация электроэнергии. Виды тарифов для промышленных предприятий. Скидки и надбавки к тарифам.
36. Удельный расход электроэнергии. Понятие, виды удельных норм.
37. Электровооруженность труда.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература

1. Чеботаев Н. И. Электрооборудование и электроснабжение открытых горных работ: Учебник для вузов. – М.: Изд-во «Горная книга», 2006. – 474 с.

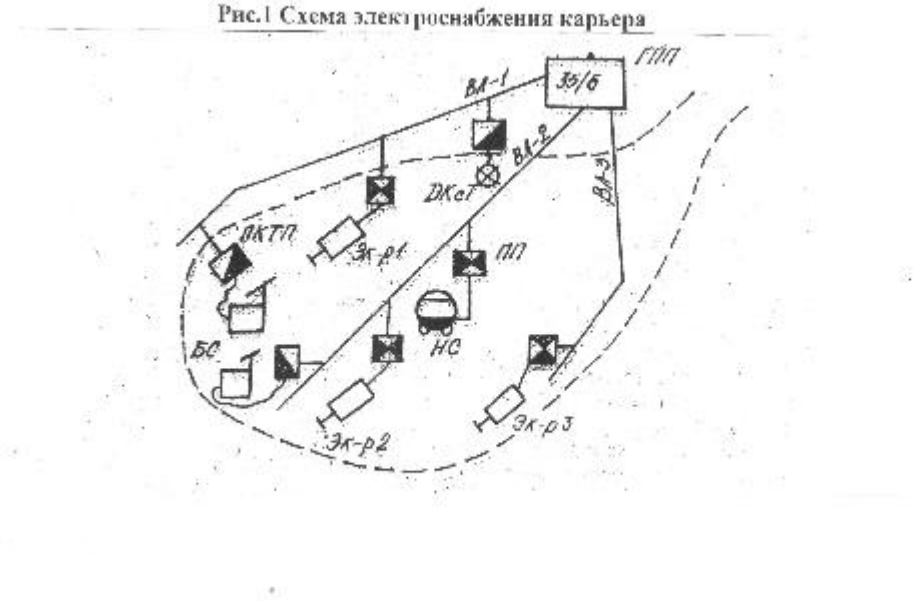
5.2. Дополнительная литература

2. Электрификация горного производства: Учебник для вузов: В 2 т. / Под ред. Л. А. Пучкова и Г. Г. Пивняка. – М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 2007. – Т.1. – 511 с.

3. Электропривод и электрификация приисков: Учебник для вузов / Г. А. Багаутинов, Ю. А. Марков, А. П. Маругин, В. С. Стариков. – М.: Недра, 1989. – 303 с.
4. Стариков В. С. Электроснабжение карьера (прииска): Учебно-методическое пособие для студентов специальности 090500 – «Открытые горные работы» (ОГР). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. 27 с.
5. Бекетов В. Ф. Методические разработки по лабораторным работам по электрооборудованию для студентов неэлектрических специальностей. Часть 2. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2000.

Методические указания для самостоятельной работы студентов составил: доцент кафедры ЭГП Стариков В. С., доцент, канд. техн. наук.

Рис.1 Схема электроснабжения карьера



Варианты заданий к контрольной работе

Таблица 1

№ варианта	Тип экскаватора			Тип бур. станка (БС)	Мощ-ность дв-ля насоса (НС), кВт	Мощ-ность лампы ДКсТ, кВТ	Протяженность ВЛ, км		
	Эк-р 1	Эк-р 2	Эк-р 3				ВЛ-1	ВЛ-2	ВЛ-3
1	ЭКГ-8У	ЭКГ-8Н	ЭКГ-8Н	СБШ-250МН	500	20	0,8	1,8	1,5
2	ЭКГ-5У	ЭКГ-12	ЭКГ-12	СБШ-250МН	350	20	1,0	1,6	1,4
3	ЭКГ-5А	ЭКГ-12	ЭКГ-12	2СБШ-200	140	50	1,6	2,0	1,8
4	ЭКГ-8Н	ЭКГ-10	ЭКГ-8,3	СБШ-250	800	50	1,8	2,0	1,4
5	ЭКГ-10	ЭКГ-12У	ЭКГ-10	2СБШ-200	500	20	1,4	1,6	1,2
6	ЭКГ-12Ус	ЭКГ-5А	ЭКГ-5А	СБУ-160	350	20	2,0	1,8	1,6
7	ЭКГ-8У	ЭКГ-8Н	ЭКГ-8Н	СБО-2	200	100	1,8	1,6	1,4
8	ЭКГ-5У	ЭКГ-12	ЭКГ-12	СБШ-250	500	50	0,5	1,0	0,8
9	ЭКГ-8,3	ЭКГ-8Н	ЭКГ-8Н	2СБШ-200Н	350	20	0,6	0,8	1,2
10	ЭКГ-8Н	ЭКГ-5А	ЭКГ-5А	СВБ-2М	140	20	0,4	0,6	0,8
11	ЭКГ-12Ус	ЭКГ-8Н	ЭКГ-12	СБШ-250МН	500	50	1,0	1,2	0,8

Варианты заданий к контрольной работе (продолжение табл.1)

№ варианта	Тип экскаватора			Тип бур. станка (БС)	Мощ-ность дв-ля насоса (НС), кВт	Мощ-ность лампы ДКсТ, кВТ	Протяженность ВЛ, км		
	Эк-р 1	Эк-р 2	Эк-р 3				ВЛ-1	ВЛ-2	ВЛ-3
12	ЭКГ-8У	ЭКГ-8Н	ЭКГ-8Н	2СБШ-200	**800**	100	0,8	1,0	1,4
13	ЭКГ-15	ЭКГ-10	ЭКГ-10	СБШ-320	500	20	1,6	1,6	1,2
14	ЭКГ-8У	ЭКГ-8Н	ЭКГ-10	СБР-160	300	50	2,0	2,0	1,8
15	ЭКГ-8Н	ЭКГ-10	ЭКГ-12	СБШ-250 МН	800	100	1,0	1,2	1,4
16	ЭКГ-10	ЭКГ-8И	ЭКГ-8И	СБШ-250	200	20	1,2	1,4	1,4
17	ЭКГ-12У	ЭКГ-10	ЭКГ-10	2СБШ-200	500	50	1,6	1,6	1,2
18	ЭКГ-5У	ЭКГ-5А	ЭКГ-5А	СБР-160	800	20	1,0	1,2	1,4
19	ЭКГ-15	ЭКГ-8Н	ЭКГ-8Н	2СБШ-200	800	20	1,5	1,7	1,6
20	ЭКГ-10	ЭКГ-12	ЭКГ-12	СБШ-320	500	50	0,8	1,0	1,2
21	ЭКГ-4,6Б	ЭКГ-8И	ЭКГ12,5	СБШ-250МН	500	20	1,8	2,0	1,4
22	ЭВГ-6	ЭКГ-8	ЭКГ-12,5	СБШ-250МН	350	20	1,8	1,6	1,4
23	ЭВГ-15	ЭКГ-12,5	ЭКГ-12,5	СБШ-320	140	50	1,4	1,6	1,2
24	ЭКГ-8	ЭКГ-8	ЭКГ-10	СБШ-250	800	50	0,6	0,8	1,2
25	ЭКГ-8И	ЭКГ-10	ЭКГ-12,5	2СБШ-200	500	20	1,2	1,4	1,4
26	ЭШ-6/60	ЭКГ-5А	ЭКГ-5А	СБО-2	200	20	1,0	1,2	0,8
27	ЭШ-10/60А	ЭКГ-8	ЭКГ-8	2СБШ-200	500	50	0,80	1,0	1,4
28	ЭШ-10/70	ЭКГ-12,5	ЭКГ-12,5	СБР-160	800	20	0,6	0,8	1,2
29	ЭШ-14/75	ЭКГ-8И	ЭКГ-8И	2СБШ-200	400	50	1,0	1,2	1,4
30	ЭШ-15/90А	ЭКГ-4,6Б	ЭКГ-4,6Б	СБШ-320	500	50	1,5	1,7	1,6
31	ЭШ-4/40	ЭКГ-8И	ЭКГ-8И	СВБ-2М	180	20	1,0	1,2	1,4
32	ЭШ-5/45М	ЭКГ-12,5	ЭКГ-12,5	2СБШ-200	800	100	1,6	1,6	1,2
33	ЭКГ-4,6Б	ЭКГ-12,5	ЭКГ-12,5	СБШ-320	500	20	1,0	1,2	1,4
34	ЭКГ-8	ЭКГ-10	ЭКГ-8	СБР-160	300	50	0,8	1,0	1,4
35	ЭКГ-10	ЭКГ-12,5	ЭКГ-10	СБШ-320	800	100	1,8	1,6	1,4
36	ЭКГ-10	ЭКГ-8И	ЭКГ-8И	СБУ-160	350	20	1,0	1,2	0,8

37	ЭШ-6/60	ЭКГ-10	ЭКГ-10	СБО-2	200	100	1,2	1,4	1,4

Варианты заданий к контрольной работе (продолжение табл.1)

№ варианта	Тип экскаватора			Тип бур. станка (БС)	Мощ-ность дв-ля насоса (НС), кВт	Мощ-ность лампы ДКсТ, кВТ	Протяженность ВЛ, км		
	Эк-р 1	Эк-р 2	Эк-р 3				ВЛ-1	ВЛ-2	ВЛ-3
38	ЭВГ-6	ЭКГ-5А	ЭКГ-5А	СБШ-250	500	50	1,6	1,6	1,2
39	ЭШ-10/70	ЭКГ-8И	ЭКГ-8И	2СБШ-200Н	350	20	2,0	2,0	1,8
40	ЭШ-14/75	ЭКГ-12,5	ЭКГ-12,5	СВБ-2М	800	50	0,8	1,8	1,5
41	ЭВГ-6	ЭКГ-5А	ЭКГ-5А	СБР-160	300	10	0,5	1,0	0,8
42	ЭКГ-5А	ЭКГ-5А	ЭШ-6/60	2СБШ-200	300	50	0,6	0,8	1,0
43	ЭШ-4/40	ЭКГ-5А	ЭКГ-5А	СБУ-160	500	20	1,0	1,3	1,5
44	ЭКГ-8И	ЭКГ-4,6Б	ЭКГ-8И	СБШ-250	300	20	0,8	1,0	1,2
45	ЭШ-5/45М	ЭВГ-6	ЭКГ-8И	СБР-160	630	50	1,2	1,5	1,3
46	ЭКГ-4,6Б	ЭКГ-4,6Б	ЭКГ-8	СБО-2	250	50	1,5	1,7	1,8
47	ЭШ-10/60	ЭКГ-4,6Б	ЭКГ-4,6Б	СБУ-160	500	20	0,6	0,8	1,2
48	ЭШ-6/60	ЭКГ-8	ЭКГ-8	2СБШ-200Н	300	20	0,8	1,0	1,0
49	ЭКГ-8	ЭКГ-4,6Б	ЭКГ-4,6Б	СБШ-250	500	50	1,0	1,2	1,4
50	ЭКГ-5А	ЭКГ-5А	ЭКГ-8И	СБШ-250	800	20	0,5	0,7	1,0
51	ЭКГ-4,6Б	ЭКГ-4,6Б	ЭШ-10/70А	СБР-125	150	50	1,2	1,4	0,8
52	ЭКГ-5А	ЭКГ-5А	ЭВГ-15	СВБ-2М	200	20	1,4	1,6	1,2
53	ЭКГ-4,6Б	ЭКГ-8И	ЭКГ-8И	СБШ-250МН	100	50	1,5	1,8	1,3
54	ЭКГ-8И	ЭКГ-4,6Б	ЭКГ-8И	2СБШ-200Н	300	20	1,2	1,6	1,0
55	ЭКГ-4,6Б	ЭКГ-4,6Б	ЭШ-5/45	2СБШ-200	240	10	1,8	1,4	1,0
56	ЭКГ-8И	ЭКГ-8И	ЭВГ-35/65М	СБШ-320	300	50	1,6	1,8	1,6
57	ЭКГ-4,6	ЭКГ-4,6	ЭШ-10/60А	СБР-160	240	20	1,8	1,6	0,8
58	ЭКГ-5А	ЭКГ-5А	ЭКГ-12,5	СБО-2	200	50	1,6	1,4	1,0
59	ЭВГ-6	ЭКГ-8	ЭВГ-6	СБШ-250	100	20	1,8	1,5	1,2
60	ЭКГ-5А	ЭКГ-4,6Б	ЭШ-6/60	СБУ-160	300	20	1,8	1,2	1,6

Примечания: 1) длину экскаваторного кабеля принять 250 м;
2) длину кабеля для бурового станка принять 120 м.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Б1.В.08 ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Технологическая безопасность и горноспасательное дело

Авторы: Котельников А.П, к.т.н., доц.

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией
Технической механики	Горнотехнологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____ *(подпись)*	Председатель _____ *(подпись)*
Волков Е.Б.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 15.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

Методические указания адресованы студентам, обучающимся по направлению подготовки 21.05.04 Горное дело, и призваны обеспечить эффективную самостоятельную работу по курсу «Прикладная механика».

Форма контроля самостоятельной работы студентов – проверка на практическом занятии, расчетно-графическая работа, зачет.

ФОРМЫ И СОДЕРЖАНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (опыта деятельности), характеризующие формирование компетенций

Ознакомление обучающихся с процедурой и алгоритмом оценивания (в начале изучения дисциплины).

Проверка ответов на задания, выполненных работ.

Сообщение результатов оценивания обучающимся, обсуждение результатов.

Оформление необходимой документации.

Самостоятельная работа включает выполнение расчетно-графической работы.

При выполнении расчетно-графической работы по заданной кинематической схеме механизма и исходным данным необходимо выполнить следующие виды работ:

– провести структурный анализ механизма;

– выполнить кинематический анализ механизма, для чего при заданном положении кривошипа построить планы механизма, скоростей и ускорений, а также эскиз вала кривошипа с установленными на нём элементами;

– определить величину уравновешивающей силы и уравновешивающего момента методом «жёсткого рычага» Н.Е. Жуковского;

– произвести проверочный расчёт вала кривошипа, включающий оценку статической прочности и расчёт на сопротивление усталости.

Масштабы плана механизма и эскиза вала принимаются по ЕСКД, масштабы планов скоростей и ускорений и «жёсткого рычага» выбираются самостоятельно с учётом рационального расположения построений на листе формата А1.

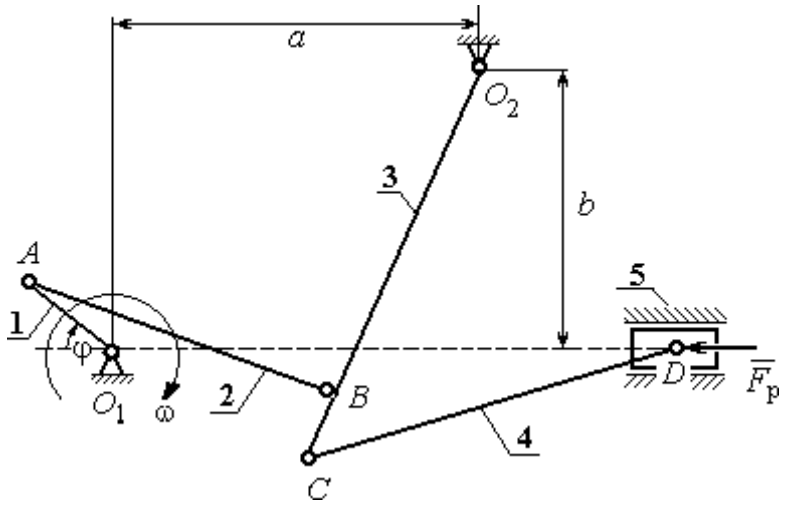
В расчётах для всех заданий и вариантов принять предел текучести материала вала $\sigma_т$ = 380 МПа, допускаемое напряжение смятия шпонки $[\sigma_{см}]$ = 120 МПа, обработку поверхности вала – чистовую.

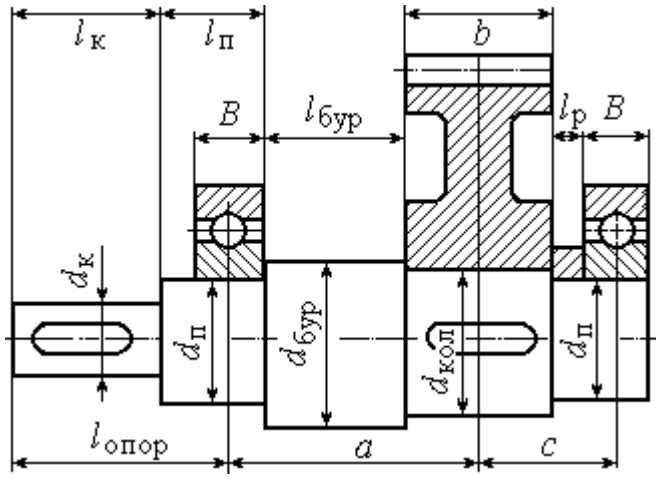
По результатам расчётов составить пояснительную записку на листах формата А4, оформленную в соответствии с правилами ЕСКД.

Построение планов механизма, скоростей, ускорений и «жёсткого рычага» выполнить на листе формата А1.

Вариант задания № 1. Инерционный конвейер

Схемы механизма инерционного конвейера и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 1





Инерционный конвейер состоит из кривошипа 1 шатуна 2, коромысла 3, шатуна 4 и рештака (ползуна) 5. Центр масс кривошипа расположен на оси вращения в точке O_1, а центры масс остальных звеньев – посередине их длин. Сила сопротивления движению рештака постоянна и равна $F_р$. Рабочий ход слева – направо. На холостом ходу сила сопротивления составляет 10 % от номинальной.

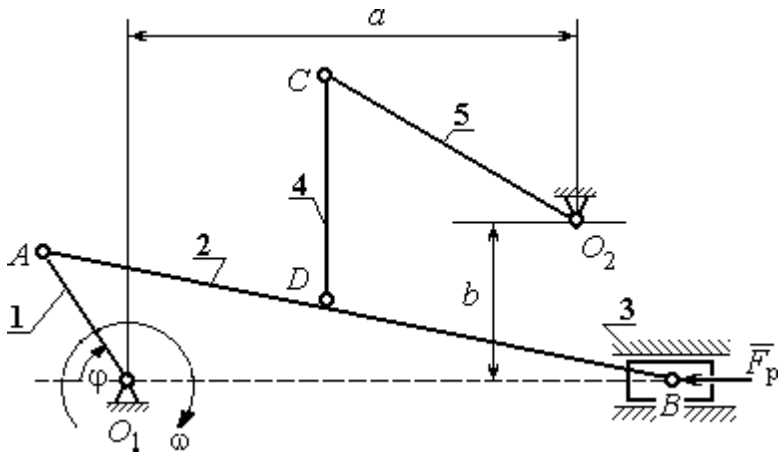
Ведомый вал редуктора привода кривошипа инерционного конвейера имеет несимметричное правое расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

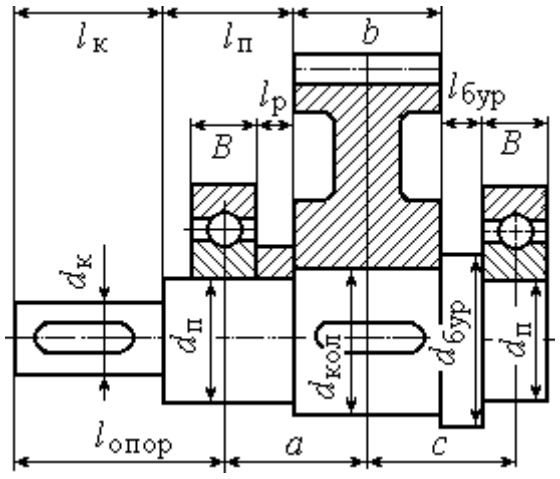
Варианты исходных данных механизма инерционного конвейера для варианта задания № 1

Параметры	Обозначение	Варианты исходных данных									
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м	O_1A	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,24	0,25
	AB	0,8	0,8	0,11	0,11	0,29	0,23	0,11	0,11	0,92	1,06
	O_2B	1,0	1,0	0,12	0,12	0,25	0,25	0,12	0,12	0,84	0,87
	O_2C	1,2	1,2	0,1	0,12	0,15	0,25	0,15	0,12	0,9	0,5
	CD	1,2	1,2	0,25	0,25	0,3	0,4	0,4	0,3	1,45	0,65
	a	0,9	0,9	0,06	0,04	0,15	0,35	0,04	0,07	0,8	0,8
	b	0,7	0,7	0,04	0,06	0,05	0,11	0,06	0,02	0,6	0,6
Угол поворота кривошипа, град	φ	45	30	290	235	120	115	140	50	300	150
Частота вращения кривошипа, об/мин	n	190	95	200	180	150	170	250	190	100	120
Массы звеньев механизма, кг	m_2	80	8	15	18	38	24	16	20	37	32
	m_3	100	10	18	25	23	30	28	25	22	17
	m_4	60	6	25	25	30	40	40	30	36	31
	m_5	100	10	100	70	80	90	90	60	73	62
Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м^2	J_1	0,5	0,5	0,2	0,1	0,1	0,09	0,18	0,09	0,3	0,21
	J_2	1,0	1,0	0,1	0,2	0,3	0,2	0,08	0,2	4,1	3,1
	J_3	0,8	0,8	0,4	0,8	0,18	0,2	0,6	0,5	2,7	2,9
	J_4	0,6	0,6	1,2	1,0	1,03	1,4	1,4	1,05	1,6	1,1
Сила сопротивления, кН	$F_р$	10,0	2,25	3,0	2,5	1,5	1,6	3,0	1,8	4,6	3,6
Передаточное число редуктора	u	5,6	6,3	4,1	4,0	4,5	3,5	6,0	3,1	6,3	8,0
Предел прочности материала вала, МПа	$\sigma_В$	650	750	750	800	850	750	650	800	750	700

Вариант задания № 2. Плунжерный питатель с грохотом

Схемы механизма плунжерного питателя с грохотом и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 2





Плунжерный питатель с грохотом состоит из кривошипа 1, шатунов 2 и 4, сита грохота 5, плунжера 3. Центр тяжести кривошипа расположен на оси вращения O_1, центры тяжести остальных звеньев находятся в их середине. Сила сопротивления движению плунжера 3 сохраняет постоянное значение $F_р$ на протяжении всего рабочего хода (рабочий ход слева – направо). На холостом ходу сила сопротивления постоянна и составляет 10 % от номинальной.

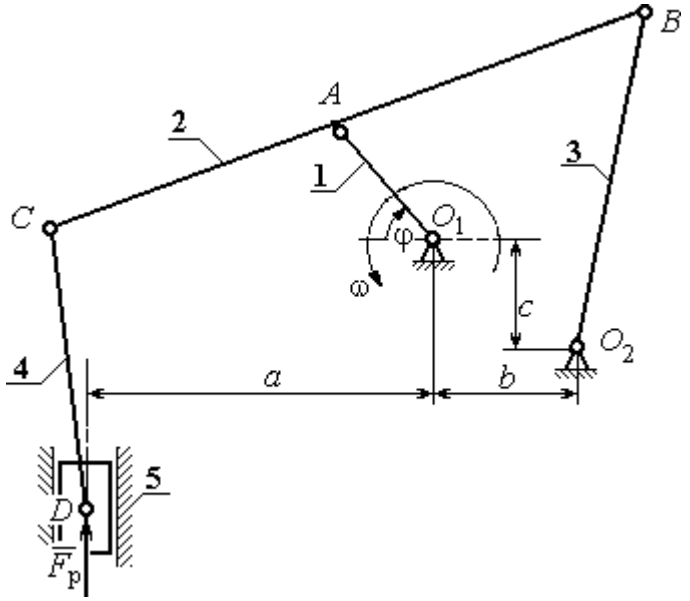
Ведомый вал редуктора привода кривошипа плунжерного питателя имеет симметричное расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

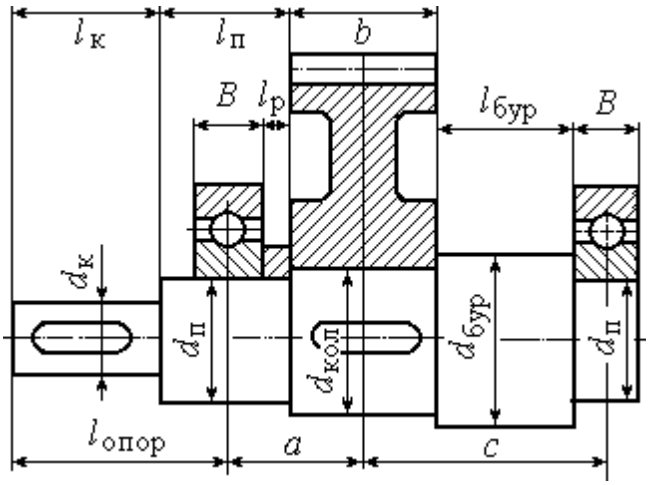
Варианты исходных данных механизма плунжерного питателя с грохотом для варианта задания № 2

Параметры	Обозначение	Варианты исходных данных									
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м	O_1A	0,8	0,05	0,06	0,08	0,06	0,08	0,08	0,06	0,1	0,1
	AB	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4	0,6	0,5
	DB	0,4	0,3	0,3	0,35	0,3	0,25	0,25	0,3	0,43	0,33
	O_2C	0,4	0,27	0,19	0,3	0,24	0,25	0,22	0,24	0,31	0,21
	CD	0,12	0,09	0,2	0,2	0,2	0,13	0,14	0,2	0,16	0,16
	a	0,57	0,45	0,4	0,57	0,45	0,5	0,45	0,45	0,5	0,4
	b	0,12	0,02	0,12	0,12	0,12	0,05	0,05	0,13	0,13	0,13
Угол поворота кривошипа, град	φ	60	56	58	55	55	58	57	65	60	70
Частота вращения кривошипа, об/мин	n	150	30	210	150	160	140	130	160	130	120
Массы звеньев механизма, кг	m_2	42	38	35	36	31	35	36	31	40	40
	m_3	8	12	8	10	12	8	10	12	10	12
	m_4	16	9	16	18	20	13	14	20	16	16
	m_5	40	27	35	30	24	25	22	24	31	21
Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м^2	J_1	0,08	0,09	0,08	0,1	0,07	0,07	0,08	0,07	0,1	0,1
	J_2	1,3	1,2	1,1	1,1	1,0	1,1	1,1	1,0	1,2	1,2
	J_4	0,5	0,3	0,5	0,6	0,6	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5
	J_5	1,2	0,9	1,1	0,9	0,8	0,8	0,7	0,8	1,0	0,6
Сила сопротивления, кН	$F_р$	100	90	980	80	80	80	700	80	100	60
Передаточное число редуктора	u	6,8	6,0	7,0	6,3	5,0	4,8	2,8	3,5	4,0	4,5
Предел прочности материала вала, МПа	$\sigma_В$	750	700	650	800	850	650	750	700	800	850

Вариант задания № 3. Поршневой насос

Схемы механизма поршневого насоса и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 3





Механизм **поршневого насоса** состоит из кривошипа 1, шатунов 2 – 4 и ползуна (поршня) 5. Рабочий ход поршня сверху – вниз. Центры масс звеньев 2 – 4 находятся посредине их длин, звена 1 – в точке O_1, звена 5 – в точке D. Сила сопротивления движению поршня 5 сохраняет постоянное значение $F_р$ на протяжении всего рабочего хода. На холостом ходу сила сопротивления постоянна и составляет 10 % от номинальной.

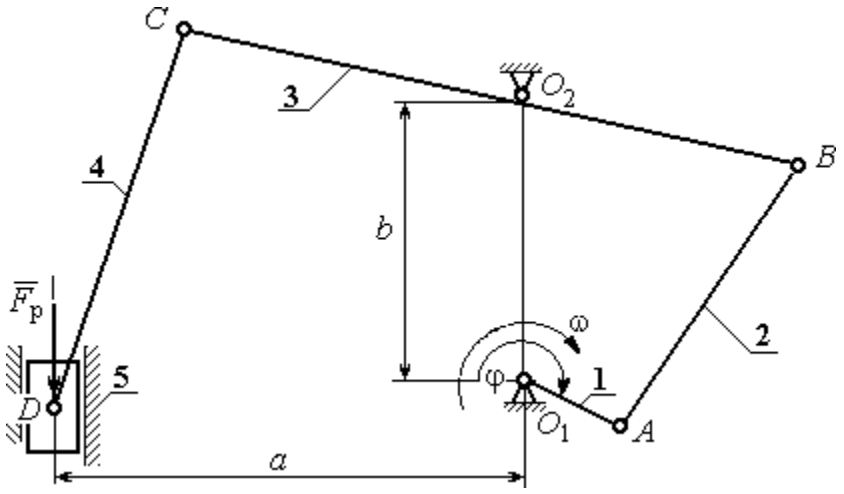
Ведомый вал редуктора привода кривошипа поршневого насоса имеет несимметричное левое расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

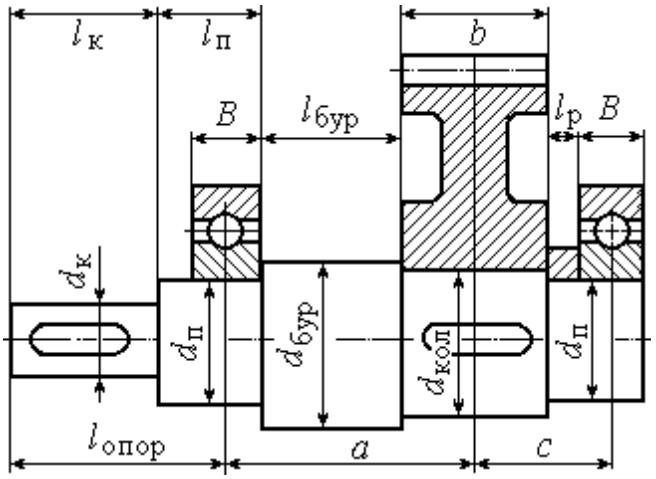
Варианты исходных данных механизма поршневого насоса для варианта задания № 3

Параметры	Обозначение	Варианты исходных данных									
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м	O_1A	0,16	0,13	0,16	0,18	0,11	0,18	0,13	0,12	0,18	0,1
	AB	0,56	0,5	0,52	0,6	0,6	0,56	0,47	0,45	0,56	0,42
	AC	0,38	0,35	0,4	0,4	0,3	0,42	0,35	0,3	0,42	0,3
	O_2B	0,55	0,5	0,55	0,55	0,45	0,55	0,5	0,48	0,55	0,45
	CD	0,6	0,55	0,6	0,55	0,45	0,6	0,55	0,5	0,6	0,45
	c	0,5	0,3	0,32	0,35	0,25	0,5	0,4	0,3	0,5	0,2
	a	0,5	0,45	0,45	0,3	0,3	0,5	0,28	0,4	0,5	0,35
	b	0,3	0,35	0,32	0,3	0,25	0,38	0,28	0,3	0,38	0,2
Угол поворота кривошипа, град	φ	60	56	45	60	65	65	23	65	60	63
Частота вращения кривошипа, об/мин	n	140	70	130	160	80	110	90	55	110	50
Массы звеньев механизма, кг	m_2	28	28	30	30	26	30	25	25	30	26
	m_3	25	20	25	25	18	25	28	20	25	18
	m_4	28	25	28	30	20	28	36	22	25	20
	m_5	38	32	25	40	34	28	45	26	28	22
Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м^2	J_1	0,15	0,11	0,18	0,2	0,1	0,2	0,13	0,1	0,15	0,1
	J_2	0,92	0,7	0,83	1,08	0,72	0,8	0,95	0,6	0,85	0,72
	J_3	0,75	0,63	1,05	0,8	0,62	1,15	0,72	0,65	1,1	0,86
	J_4	1,15	0,93	1,2	1,05	0,95	1,15	1,1	0,9	1,15	1,0
Сила сопротивления, кН	$F_р$	1,2	1,4	1,5	20,4	0,8	2,2	1,4	1,7	2,2	0,8
Передаточное число редуктора	u	3,1	4,4	5,8	6,2	7,3	3,2	4,5	5,2	6,3	7,2
Предел прочности материала вала, МПа	$\sigma_В$	680	780	880	820	730	560	580	630	680	720

Вариант задания № 4. Глубинный насос

Схемы механизма глубинного насоса и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 4





Механизм **глубинного насоса** состоит из кривошипа 1 шатунов 2 и 4, коромысла 3 и ползуна (поршня) 5. Рабочий ход поршня снизу – вверх. Центры масс звеньев 2 – 4 находятся посредине их длин, звена 1 – в точке O_1, звена 5 – в точке D. Сила сопротивления движению поршня 5 сохраняет постоянное значение $F_р$ на протяжении всего рабочего хода. На холостом ходу сила сопротивления постоянна и составляет 10 % от номинальной.

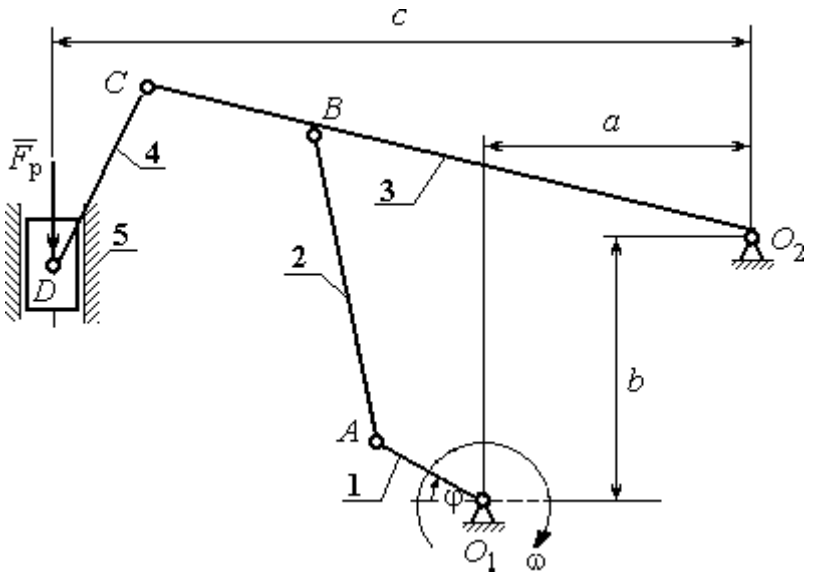
Ведомый вал редуктора привода кривошипа глубинного насоса имеет несимметричное правое расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

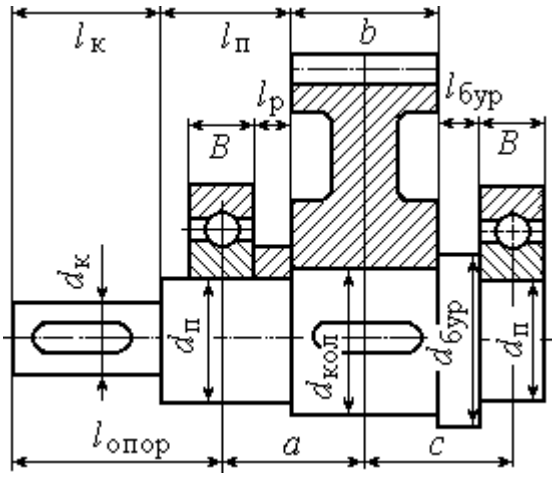
Варианты исходных данных механизма глубинного насоса для варианта задания № 4

Параметры	Обозначение	Варианты исходных данных									
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м	O_1A	0,09	0,11	0,15	0,1	0,12	0,17	0,13	0,14	0,16	0,95
	AB	0,6	0,72	0,7	0,7	0,7	0,55	0,8	0,70	0,65	0,9
	O_2B	0,38	0,47	0,5	0,4	0,5	0,5	0,6	0,8	0,7	0,8
	O_2C	0,2	0,7	0,5	0,45	0,35	0,5	0,5	0,55	0,75	0,6
	CD	0,6	0,8	0,85	0,6	0,65	0,8	1,5	1,55	1,75	1,6
	a	0,45	0,43	0,5	0,36	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,65
	b	0,46	0,63	0,6	0,45	0,66	0,6	0,5	0,55	0,7	0,8
Угол поворота кривошипа, град	φ	180	210	0	165	150	253	30	45	60	120
Частота вращения кривошипа, об/мин	n	140	130	180	70	150	200	100	110	160	190
Массы звеньев механизма, кг	m_2	38	24	14	22	27	20	23	26	29	30
	m_3	35	52	34	40	47	40	33	37	41	44
	m_4	33	30	36	28	34	40	43	47	49	51
	m_5	35	36	20	32	30	20	44	49	51	60
Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м^2	J_1	0,22	0,1	0,14	0,2	0,1	0,15	0,1	0,2	0,3	0,4
	J_2	1,1	0,83	0,5	1,2	0,9	0,75	0,8	0,9	0,6	0,4
	J_3	3,5	4,9	2,5	4	4,1	4,3	2,1	2,5	2,7	3,0
	J_4	2,1	2,0	2,3	1,6	2,2	2,4	3,0	3,5	3,9	4,4
Сила сопротивления, кН	$F_р$	3,0	1,26	1,44	1,68	2,17	2,16	3,0	4,8	5,1	6,1
Передаточное число редуктора	u	3,5	6,0	3,1	6,3	8,0	3,2	2,0	5,6	4,0	5,2
Предел прочности материала вала, МПа	$\sigma_В$	750	650	800	750	700	800	680	720	770	810

Вариант задания № 5. Вытяжной пресс

Схемы механизма вытяжного пресса и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 5





Механизм вытяжного **пресса** состоит из кривошипа 1, шатунов 2 – 4 и ползуна (поршня) 5. Рабочий ход поршня снизу – вверх. Центры масс звеньев 2 –4 находятся посредине их длин, звена 1 – в точке O_1, звена 5 – в точке D. Сила сопротивления движению поршня 5 сохраняет постоянное значение $F_р$ на протяжении всего рабочего хода. На холостом ходу сила сопротивления постоянна и составляет 10 % от номинальной.

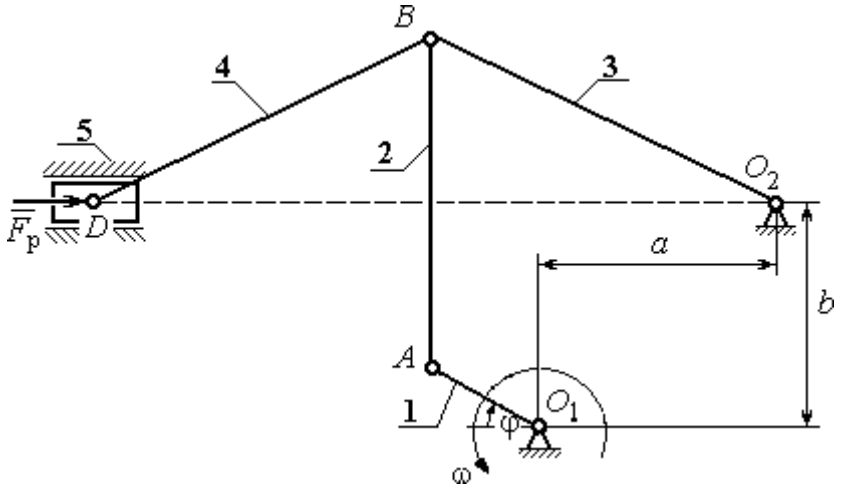
Ведомый вал редуктора привода кривошипа вытяжного пресса имеет симметричное расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

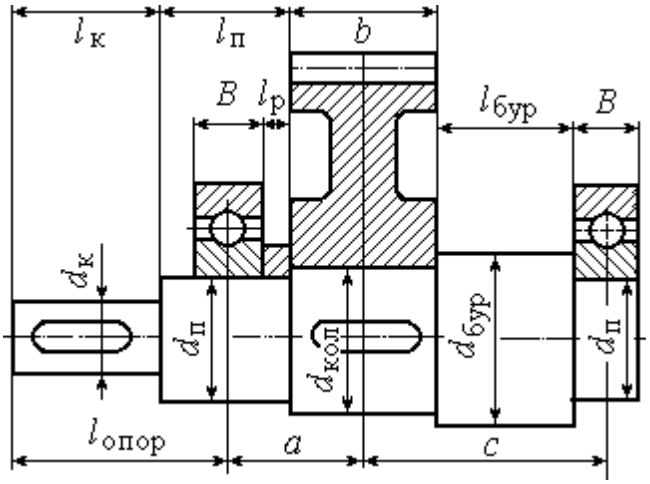
Варианты исходных данных механизма вытяжного пресса
для варианта задания № 5

Параметры	Обозначение	Варианты исходных данных									
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м	O_1A	0,1	0,09	0,09	0,09	0,08	0,1	0,07	0,1	0,11	0,08
	AB	0,32	0,45	0,36	0,38	0,4	0,42	0,46	0,48	0,5	0,52
	O_2B	0,3	0,6	0,5	0,42	0,51	0,6	0,62	0,46	0,45	0,5
	O_2C	0,42	0,9	0,7	0,6	0,7	0,85	0,8	0,66	0,65	0,7
	CD	0,11	0,3	0,4	0,6	0,5	0,8	0,9	0,35	0,49	0,5
	a	0,16	0,35	0,45	0,44	0,56	0,62	0,6	0,64	0,68	0,66
	b	0,29	0,3	0,4	0,41	0,46	0,5	0,51	0,55	0,6	0,6
	c	0,41	0,7	0,6	0,56	0,65	0,75	0,8	0,62	0,6	0,65
Угол поворота кривошипа, град	φ	30	60	120	150	210	240	300	330	25	45
Частота вращения кривошипа, об/мин	n	40	65	50	55	60	165	70	75	285	150
Массы звеньев механизма, кг	m_2	30	7	8	9	10	12	11	14	12	11
	m_3	40	12	10	10	8	10	8	7	14	10
	m_4	15	5	6	4	7	8	9	6	4	5
	m_5	20	30	33	35	37	30	37	35	40	42
Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м^2	J_1	0,5	2,0	2,4	2,4	2,6	2,5	2,2	2,0	2,2	2,2
	J_2	0,2	0,10	0,20	0,21	0,24	0,28	0,29	0,31	0,33	0,35
	J_3	0,3	0,20	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65
	J_4	0,1	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,2	0,22	0,24	0,26
Сила сопротивления, кН	$F_р$	36	36	40	41	39	37	34	32	36	42
Передаточное число редуктора	u	3,1	4,4	5,8	6,2	7,3	6,8	6,0	7,0	6,3	5,0
Предел прочности материала вала, МПа	$\sigma_В$	680	780	880	820	730	750	700	650	800	850

Вариант задания № 6. Гайковырубной автомат

Схемы механизма гайковырубного автомата и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 6





Механизм гайковырубного **автомата** состоит из кривошипа 1, шатунов 2, 4, коромысла 3 и ползуна (поршня) 5. Рабочий ход поршня слева – направо. Центры масс звеньев 2 – 4 находятся посредине их длин, кривошипа 1 – в точке O_1, звена 5 – в точке D. Сила сопротивления движению поршня 5 сохраняет постоянное значение $F_р$ на протяжении всего рабочего хода. На холостом ходу сила сопротивления постоянна и составляет 10 % от номинальной.

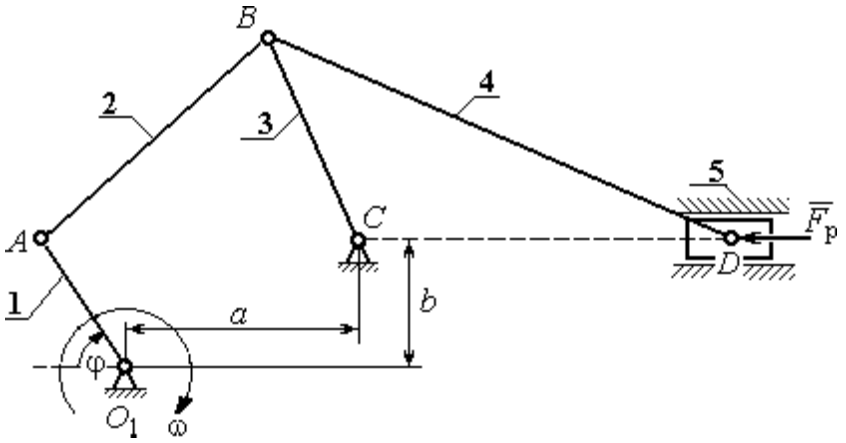
Ведомый вал редуктора привода кривошипа гайковырубного автомата имеет несимметричное левое расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

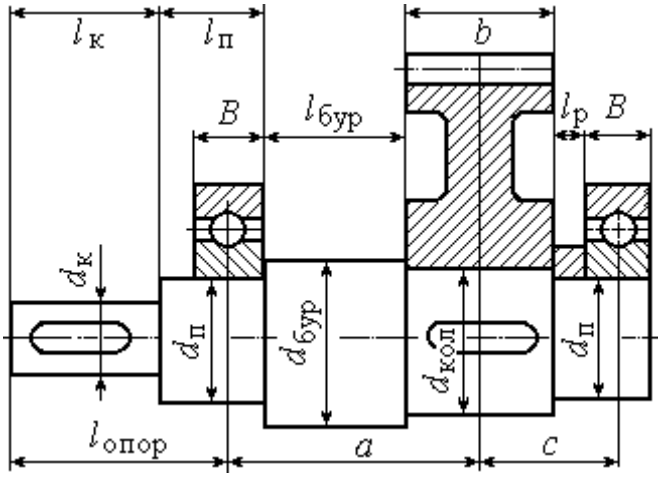
Варианты исходных данных механизма гайковырубного автомата для варианта задания № 6

Параметры	Обозначение	Варианты исходных данных									
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м	O_1A	0,09	0,11	0,1	0,12	0,08	0,11	0,12	0,1	0,1	0,12
	AB	0,43	0,41	0,48	0,43	0,38	0,48	0,44	0,44	0,37	0,52
	O_2B	0,25	0,29	0,28	0,3	0,22	0,28	0,31	0,26	0,26	0,31
	BD	0,25	0,29	0,28	0,3	0,22	0,28	0,31	0,26	0,26	0,31
	a	0,24	0,27	0,27	0,29	0,21	0,27	0,3	0,25	0,25	0,29
	b	0,45	0,43	0,5	0,45	0,4	0,5	0,47	0,39	0,39	0,55
Угол поворота кривошипа, град	φ	30	45	60	120	150	210	240	300	305	25
Частота вращения кривошипа, об/мин	n	100	45	50	55	60	65	70	75	80	90
Массы звеньев механизма, кг	m_2	11	10	12	10	9	12	11	11	9	13
	m_3	15	17	16	20	13	18	19	16	16	18
	m_4	15	17	16	20	13	18	19	16	16	18
	m_5	60	62	56	70	46	65	67	57	58	63
Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м^2	J_1	1,2	1,4	1,6	1,0	0,9	1,5	1,3	1,1	1,0	1,3
	J_2	0,2	0,17	0,28	0,18	0,13	0,28	0,21	0,21	0,12	0,35
	J_3	0,09	0,14	0,12	0,18	0,08	0,14	0,18	0,11	0,11	0,17
	J_4	0,09	0,14	0,12	0,18	0,08	0,14	0,18	0,11	0,11	0,17
Сила сопротивления, кН	$F_р$	60	65	70	58	55	52	53	54	60	70
Передаточное число редуктора	u	5,6	2,8	3,5	5,1	6,3	3,2	4,6	5,9	6,0	3,4
Предел прочности материала вала, МПа	$\sigma_В$	750	650	700	800	640	600	620	680	710	800

Вариант задания № 7. Качающийся конвейер

Схемы механизма качающегося конвейера и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 7





Механизм качающегося **конвейера** состоит из кривошипа 1, шатунов 2, 4, коромысла 3 и ползуна (поршня) 5. Рабочий ход поршня слева – направо. Центры масс звеньев 2 – 4 находятся посредине их длин, кривошипа 1 – в точке O_1, звена 5 – в точке D. Сила сопротивления движению поршня 5 сохраняет постоянное значение $F_р$ на протяжении всего рабочего хода. На холостом ходу сила сопротивления постоянна и составляет 10 % от номинальной.

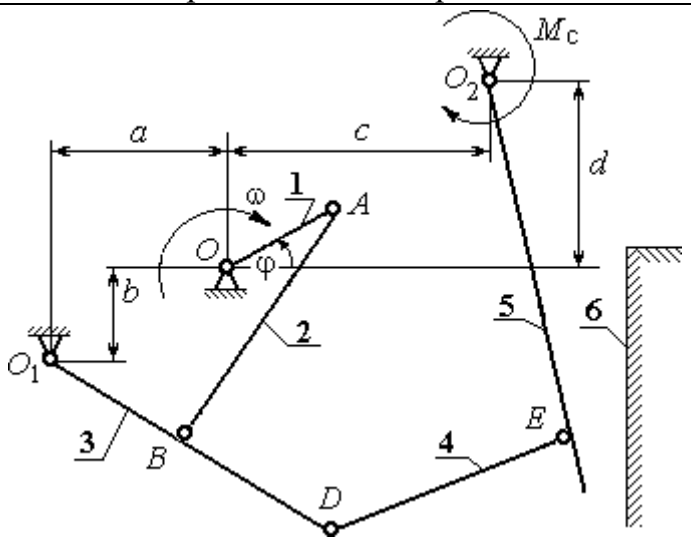
Ведомый вал редуктора привода кривошипа качающегося конвейера имеет несимметричное правое расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

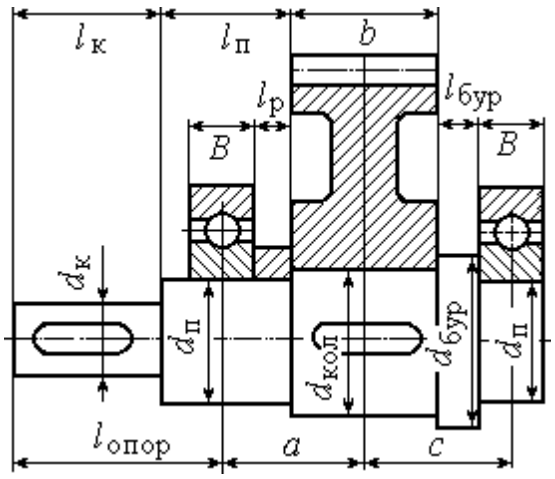
Варианты исходных данных механизма качающегося конвейера для варианта задания № 7

Параметры	Обозначение	Варианты исходных данных									
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м	O_1A	0,1	0,09	0,1	0,11	0,12	0,14	0,1	0,12	0,14	0,12
	AB	0,38	0,38	0,46	0,42	0,46	0,28	0,45	0,55	0,53	0,45
	BC	0,32	0,3	0,33	0,35	0,39	0,35	0,4	0,4	0,45	0,38
	BD	1,3	1,4	1,5	1,4	1,5	1,6	1,5	1,5	1,6	1,5
	a	0,29	0,3	0,34	0,32	0,33	0,32	0,35	0,41	0,4	0,35
	b	0,05	0,06	0,06	0,05	0,06	0,04	0,05	0,07	0,07	0,06
Угол поворота кривошипа, град	φ	25	45	60	115	135	150	210	245	290	300
Частота вращения кривошипа, об/мин	n	80	60	68	73	70	63	63	79	74	50
Массы звеньев механизма, кг	m_2	20	20	21	20	20	25	20	22	25	20
	m_3	90	80	90	100	85	100	90	95	100	90
	m_4	400	400	450	500	500	500	400	450	500	450
	m_5	900	800	900	900	950	900	950	800	900	950
Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м^2	J_1	1,0	1,0	1,1	1,0	1,2	1,4	1,0	1,2	1,4	1,2
	J_2	1,0	1,0	1,1	1,0	1,2	1,4	1,0	1,2	1,4	1,2
	J_3	0,4	0,4	0,6	0,5	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	0,5
	J_4	40	40	42	35	40	38	42	45	35	45
Сила сопротивления, кН	$F_р$	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0
Передаточное число редуктора	u	3,2	4,5	5,2	6,3	7,2	3,5	6,0	3,1	6,3	8,0
Предел прочности материала вала, МПа	$\sigma_В$	560	580	630	680	720	750	800	800	750	700

Вариант задания № 8. Щековая дробилка

Схемы механизма щековой дробилки и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 8





Механизм щековой **дробилки** состоит из кривошипа 1, шатуна 2, коромысла 3, тяги 4, подвижной щеки 5 и неподвижной щеки 6. Рабочий ход подвижной щеки слева – направо. Центр масс кривошипа 1 – в точке O_1. У остальных звеньев 2 – 5 центры масс находятся посредине их длин. Момент сил сопротивления движению подвижной щеки 5 сохраняет постоянное значение M_C на протяжении всего рабочего хода. На холостом ходу щеки момент сил сопротивления постоянный и составляет 10 % от номинального.

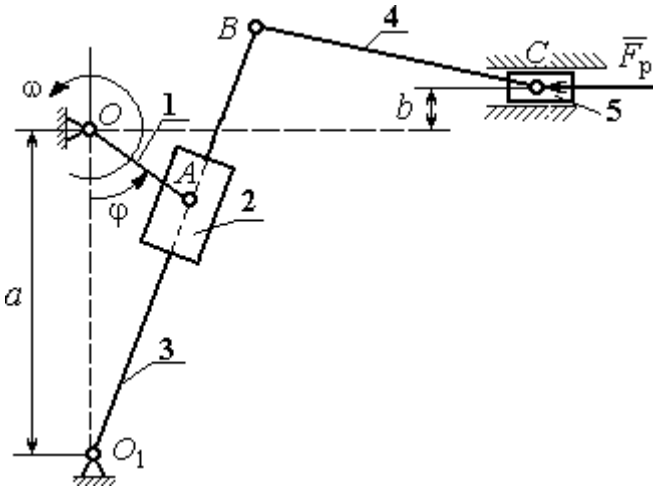
Ведомый вал редуктора привода кривошипа щековой дробилки имеет симметричное расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

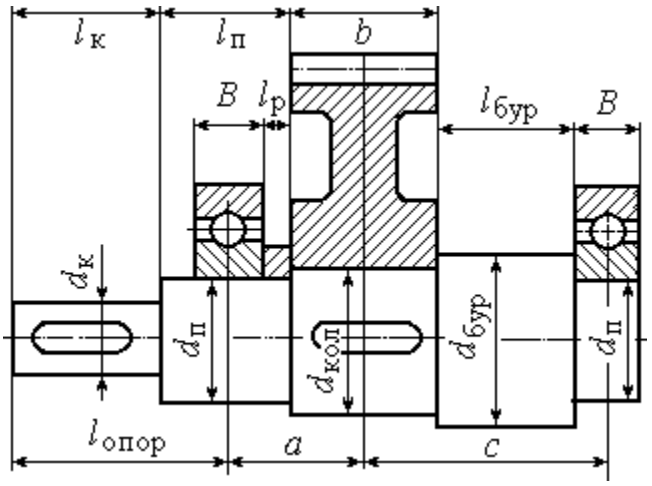
Варианты исходных данных механизма щековой дробилки для варианта задания № 8

Параметры	Обозначение	Варианты исходных данных									
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м	OA	0,11	0,1	0,15	0,07	0,15	0,08	0,1	0,15	0,12	0,07
	AB	0,8	0,9	0,75	0,6	0,9	0,7	0,45	0,9	0,8	0,65
	O_1B	0,45	0,5	0,6	0,3	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,3
	BD	0,2	0,15	0,2	0,3	0,1	0,15	0,25	0,15	0,2	0,2
	O_2E	0,8	0,85	1,2	0,9	1,15	1,0	0,8	1,2	1,0	0,75
	DE	0,6	0,55	0,6	0,4	0,7	0,35	0,3	0,65	0,3	0,45
	a	0,45	0,5	0,4	0,3	0,3	0,4	0,5	0,4	0,4	0,3
	b	0,55	0,6	0,5	0,4	0,5	1,0	0,5	0,5	1,0	0,4
	c	0,4	0,35	0,6	0,3	0,6	0,4	0,25	0,6	0,5	0,3
	d	0,12	0,15	0,3	0,4	0	0,2	0,2	0	0,1	0,2
Угол поворота кривошипа, град	φ	20	30	45	60	115	145	215	240	295	330
Частота вращения кривошипа, об/мин	n	160	190	150	250	170	200	200	140	240	240
Массы звеньев механизма, кг	m_2	55	50	45	40	48	40	35	55	50	40
	m_3	30	25	30	15	30	30	25	30	35	30
	m_4	30	27	30	20	35	18	15	33	15	22
	m_5	90	85	120	110	100	80	120	100	75	100
Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м^2	J_1	0,23	0,25	0,35	0,2	0,3	0,2	0,25	0,35	0,2	0,24
	J_2	0,8	4,0	3,4	1,6	3,9	1,9	0,7	4,5	3,2	1,7
	J_3	0,9	0,6	1,1	0,14	1,1	1,1	0,5	1,1	0,26	0,14
	J_4	0,9	0,82	1,0	0,32	1,7	0,22	0,14	1,4	0,15	0,45
	J_5	6,3	6,1	17,3	7,3	14,5	10,0	5,1	17,3	10,0	4,2
Момент сил сопротивления, кН·м	M_C	4	8	30	9	20	10	7	35	2	15
Передаточное число редуктора	u	5,6	3,8	4,7	6,3	4,0	4,5	4,8	2,8	3,5	4,0
Предел прочности материала вала, МПа	σ_B	670	710	820	630	750	700	650	740	720	810

Вариант задания № 9. Кулисный конвейер

Схемы механизма кулисного конвейера и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 9





Механизм кулисного **конвейера** состоит из кривошипа 1, ползуна 2, кулисы 3, шатуна 4 и ползуна (поршня) 5. Рабочий ход поршня слева – направо. Центры масс звеньев 3, 4 находятся посредине их длин, кривошипа 1 – в точке *O*, ползуна 2 – в точке *A*, звена 5 – в точке *C*. Сила сопротивления движению поршня 5 сохраняет постоянное значение $F_р$ на протяжении всего рабочего хода. На холостом ходу сила сопротивления постоянна и составляет 10 % от номинальной.

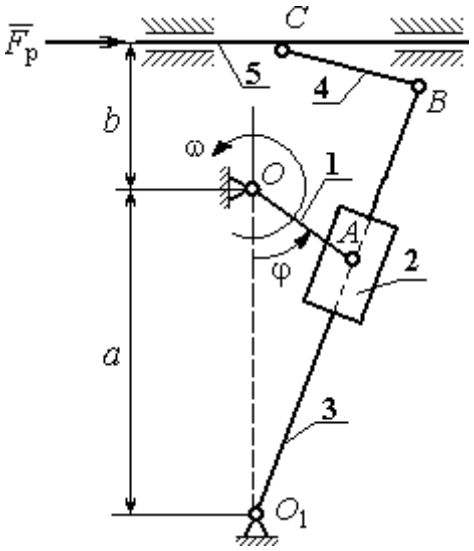
Ведомый вал редуктора привода кривошипа кулисного конвейера имеет несимметричное левое расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

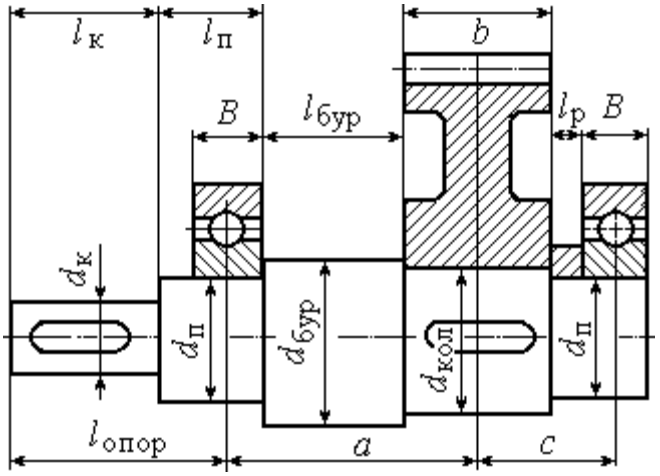
Варианты исходных данных механизма кулисного конвейера для варианта задания № 9

Параметры	Обозначение	Варианты исходных данных									
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м	OA	0,17	0,08	0,1	0,12	0,0,9	0,11	0,13	0,14	0,15	0,16
	O_1B	1,5	0,8	1,0	1,2	0,9	1,1	1,3	1,4	1,25	1,45
	BC	2,1	1,8	1,9	2,0	1,75	1,65	1,45	1,5	1,85	1,95
	a	0,9	0,6	0,8	0,9	0,6	0,6	0,7	1,0	0,95	1,1
	b	0,28	0,05	0,07	0,08	0,09	0,1	0,055	0,065	0,06	0,065
Угол поворота кривошипа, град	φ	300	20	30	45	60	110	120	150	210	240
Частота вращения кривошипа, об/мин	n	190	100	110	120	130	140	150	160	170	180
Массы звеньев механизма, кг	m_2	14	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	m_3	28	10	12	14	16	18	20	22	24	26
	m_4	32	14	16	18	20	22	24	26	28	30
	m_5	280	100	120	140	160	180	200	220	240	260
Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м^2	J_1	3,0	1	2	3	4	4,5	3,6	4,7	2,8	2,9
	J_2	0,65	0,6	0,4	0,3	0,5	0,7	0,8	0,35	0,45	0,55
	J_3	6,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
	J_4	1,5	2,0	2,5	3,5	4,5	5,0	3,0	4,0	6,0	6,5
Сила сопротивления, кН	$F_р$	14	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Передаточное число редуктора	u	3,2	4,5	5,2	6,3	7,2	3,5	6,0	3,1	6,3	7,3
Предел прочности материала вала, МПа	$\sigma_В$	560	520	680	650	730	750	820	800	740	700

Вариант задания № 10. Строгальный станок

Схемы механизма кулисного конвейера и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 10





Механизм строгального **станка** состоит из кривошипа 1, ползуна 2, кулисы 3, шатуна 4 и резца (вместе с суппортом) 5. Рабочий ход резца справа – налево. Центры масс звеньев 3, 4 находятся посредине их длин, кривошипа 1 – в точке *O*, ползуна 2 – в точке *A*, резца 5 – в точке *C*. Сила сопротивления движению резцу 5 сохраняет постоянное значение $F_р$ на протяжении всего рабочего хода. На холостом ходу сила сопротивления постоянна и составляет 10 % от номинальной.

Ведомый вал редуктора привода кривошипа кулисного конвейера имеет несимметричное правое расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

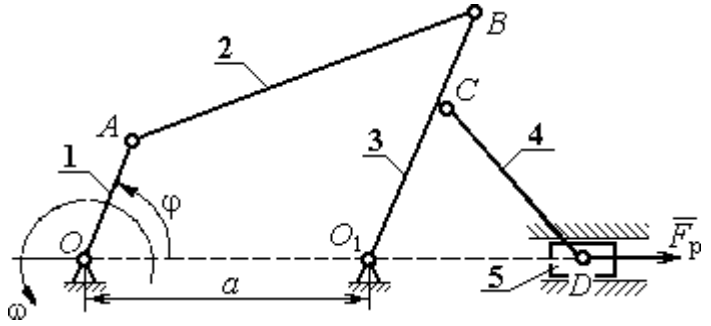
Варианты исходных данных механизма кулисного конвейера для варианта задания № 10

Параметры	Обозначение	Варианты исходных данных									
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м	OA	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15
	O_1B	1,35	1,45	1,6	1,6	1,8	1,55	1,45	1,75	1,45	1,4
	BC	0,5	0,6	0,7	0,8	0,45	0,35	0,55	0,65	0,75	0,8
	a	0,8	0,85	0,9	0,95	1,05	0,75	0,65	0,85	1,1	1,2
	b	0,7	0,8	0,85	0,9	0,95	0,95	0,95	1,05	0,6	0,5
Угол поворота кривошипа, град	φ	20	35	60	75	120	150	210	240	295	330
Частота вращения кривошипа, об/мин	n	120	130	140	150	160	170	180	190	110	100
Массы звеньев механизма, кг	m_2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	m_3	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	m_4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	5
	m_5	25	28	30	32	35	37	40	43	45	49
Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м^2	J_1	1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	1,9	2,1	2,2	2,3
	J_2	0,2	0,25	0,3	0,35	0,1	0,15	0,18	0,22	0,26	0,32
	J_3	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5
	J_4	1,1	1,3	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1	2,2	2,3
Сила сопротивления, кН	$F_\text{р}$	6	5	4	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10
Передаточное число редуктора	u	2	3,1	4	5	6,3	7,1	4,5	5,6	3,3	3,9
Предел прочности материала вала, МПа	$\sigma_\text{В}$	650	700	750	800	850	900	670	770	870	600

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Рассмотрим последовательность выполнения расчетно-графической работы на примере условной схемы пятизвенного плоского механизма с симметричной компоновкой узла ведомого вала кривошипа (рис. 1).

Пятизвенный механизм



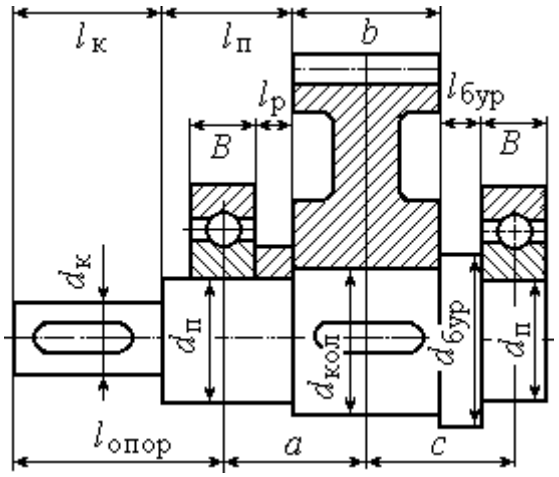


Рис. 1. Схемы пятизвенного механизма и компоновки узла ведомого вала кривошипа

Механизм состоит из кривошипа 1, шатуна 2, коромысла 3, шатуна 4 и ползуна 5. Центр масс кривошипа расположен на оси вращения, в точке *O*, центры масс звеньев 2 – 4 – посередине их длин, центр масс звена 5 – в точке *D*. Рабочий ход ползуна справа – налево. Сила сопротивления движению ползуна на

протяжении рабочего хода равна $F_р$. На холостом ходу сила сопротивления составляет 10 % от номинального значения.

Ведомый вал редуктора привода кривошипа механизма имеет симметричное расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

Данные для кинематического и динамического расчета механизма приведены в табл. 1 – 2.

Таблица 1

Кинематические характеристики механизма

Размеры звеньев механизма						Угол поворота кривошипа, φ, град	Частота вращения кривошипа, n, об/мин
a, м	OA, м	AB, м	O_1C, м	BC, м	CD, м		
0,4	0,1	0,4	0,15	0,15	0,5	90	95,5

Таблица 2

Параметры динамического расчёта

Массы звеньев, кг					Моменты инерции звеньев, кг·м^2				Сила полезного сопротивления, кН	Передаточное число редуктора	Предел прочности материала вала, МПа
m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	J_{01}	J_{S2}	J_{O_13}	J_{S4}	$F_р$	u	$\sigma_в$
5	40	30	50	10	1	2	1	3	16,045	5	640

1. Структурный и кинематический анализ механизма

Структурный анализ механизма

В рассматриваемом механизме (рис. 2, *а*) 5 подвижных звеньев и 7 кинематических пар:

– вращательная кинематическая пара O (рис. 2, *b*) низшего типа 5-го класса образуется неподвижной стойкой 6 и кривошипом 1;

– вращательная кинематическая пара A (рис. 2, c) низшего типа 5-го класса образуется кривошипом 1 и шатуном 2;

– вращательная кинематическая пара B (рис. 2, d) низшего типа 5-го класса образуется шатуном 2 и коромыслом 3;

– вращательная кинематическая пара O_1 (рис. 2, e) низшего типа 5-го класса образуется коромыслом 3 и стойкой 7;

– вращательная кинематическая пара C (рис. 2, f) низшего типа 5-го класса образуется коромыслом 3 и шатуном 4;

– вращательная кинематическая пара D (рис. 2, g) низшего типа 5-го класса образуется шатуном 4 и ползуном 5;

– поступательная кинематическая пара D_1 (рис. 2, h) низшего типа 5-го класса образуется ползуном 5 и стойкой 8.

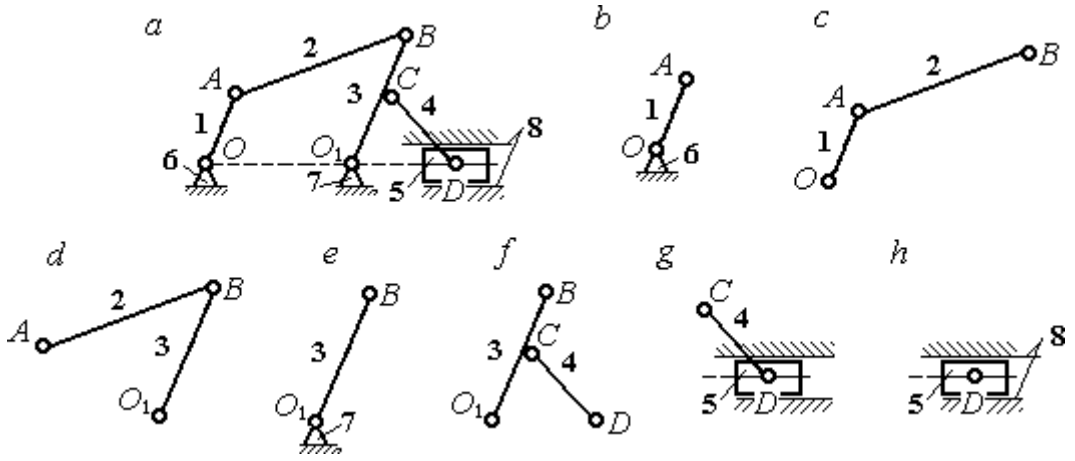


Рис. 2. Кинематические пары механизма:
a – схема механизма; *b* – *h* – звенья, составляющие кинематические пары

Высших кинематических пар в данном механизме нет, так как соединение всех звеньев осуществляется по поверхности. Кинематические пары и звенья, составляющие кинематические пары, показаны на рис. 2.

Степень подвижности плоского механизма определяется по формуле П. Л. Чебышева: $W = 3n - 2\,p_5 = 3\cdot 5 - 2\cdot 7 = 1$, где $n = 5$ – число подвижных звеньев механизма, $p_5 = 7$ – число кинематических пар 5-го класса. Следовательно, механизм имеет одно ведущее звено.

В рассматриваемом механизме можно выделить две группы Ассура и начальное звено (рис. 3):

– группа звеньев, состоящая из шатуна 4 и ползуна 5, является группой Ассура II класса, второго вида (ползун – поводок), рис. 3, *b*;

– группа звеньев, состоящая из коромысла 3 и шатуна 2, является группой Ассура II класса, первого вида (двухповодковая группа), рис. 3, *c*;

– кривошип 1 вместе со стойкой 6 образуют начальное звено или начальный механизм I класса, рис. 3, *d*.

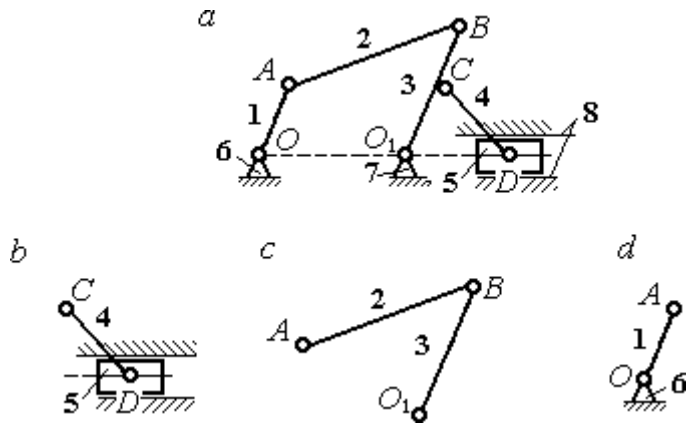


Рис. 3. Группы Ассура механизма:
a – схема механизма; *b, c* – группы Асура; *d* – начальное звено

Схема образования механизма группами Ассура:

$$(1) \rightarrow (2, 3) \rightarrow (4, 5).$$

К первому (ведущему) звену присоединяется группа Ассура, состоящая из звеньев 2 и 3, образуя раму, имеющую ту же степень подвижности, что и исходный механизм. К группе Ассура, состоящей из звеньев 2 и 3, присоединяется группа Ассура, состоящая из звеньев 4 и 5. При этом степень подвижности образованного механизма не увеличивается.

Представленный механизм включает начальный механизм I класса и две группы Ассура II класса, в результате чего является механизмом II класса.

Результаты структурного анализа механизма приводятся в табл. 3 – 4.

Таблица 3

Анализ кинематических пар

Обозначение кинематической пары	O	A	B	O_1	C	D	D_1
Звенья, образующие пару	1 – 6	1 – 2	2 – 3	3 – 7	3 – 4	4 – 5	5 – 8
Наименование пары	Вращательная, низшая						Поступательная, низшая
Класс пары	5 класс						

Таблица 4

Анализ групп Ассура

Группы Ассура	4 – 5	2 – 3	1
Наименование группы Ассура	Ползун-поводок	Двухповодковая	Начальное звено
Класс групп Ассура	II класс	II класс	I класс
Класс механизма	Механизм II класса		

Построение плана механизма

Построение плана механизма начинается с определения масштабного коэффициента длины. Выберем для плана механизма стандартный масштаб, например 1:4. Масштаб выбирается таким образом, чтобы длина самого большого звена механизма на чертеже не превышала 100 – 150 мм. При выбранном масштабе длина отрезка l_{CD}, изображающего на чертеже звено CD максимальной длины 0,5 м, составит: $l_{CD} = \frac{0{,}5}{4}$ = 0,125 м = 125 мм и находится в пределах допустимых границ длин. Масштабный коэффициент длины рассчитывается как отношение k_l = $\frac{0{,}5}{125}$ = 0,004 $\frac{\text{м}}{\text{мм}}$.

Определяем длины звеньев на чертеже с учётом масштабного коэффициента:

$$l_{OA} = \frac{OA}{k_l} = \frac{0{,}1}{0{,}004} = 25 \text{ мм}, \qquad l_{CD} = \frac{CD}{k_l} = \frac{0{,}5}{0{,}004} = 125 \text{ мм},$$

$$l_{AB} = \frac{AB}{k_l} = \frac{0{,}4}{0{,}004} = 100 \text{ мм}, \qquad l_a = \frac{a}{k_l} = \frac{0{,}4}{0{,}004} = 100 \text{ мм},$$

$$l_{O_1C} = \frac{O_1C}{k_l} = \frac{0{,}15}{0{,}004} = 37{,}5 \text{ мм}, \quad l_{BC} = \frac{BC}{k_l} = \frac{0{,}15}{0{,}004} = 37{,}5 \text{ мм}.$$

Порядок построения положения механизма таков:

1. Первоначально на чертеже фиксируем неподвижные точки O и O_1. Поставим на свободном поле чертежа точку O_1, затем, отложив расстояние a, поставим точку O_2.

2. Радиусом l_{OA} проведём окружность, по которой будет перемещаться точка A, лежащая на кривошипе. Установим заданное положение кривошипа под углом $\varphi = 90^\circ$ и получим положение точки A (начальное положение и направление отсчёта угла показано на схеме механизма).

3. Из точки A проводим дугу радиусом l_{AB}, затем из точки O_1 дугу радиусом $l_{O_1B} = l_{O_1C} + l_{CB}$. В точке пересечения ставим точку B. Прямая линия, соединяющая точки A и B, определяет положение шатуна 2.

4. Из точки C, находящейся на средине коромысла 3, проводим дугу окружности радиусом l_{DC} до пересечения её с продолжением линии OO_1. Точка пересечения D определяет положение ползуна 5.

План механизма в масштабе 1: 4 показан на рис. 4.

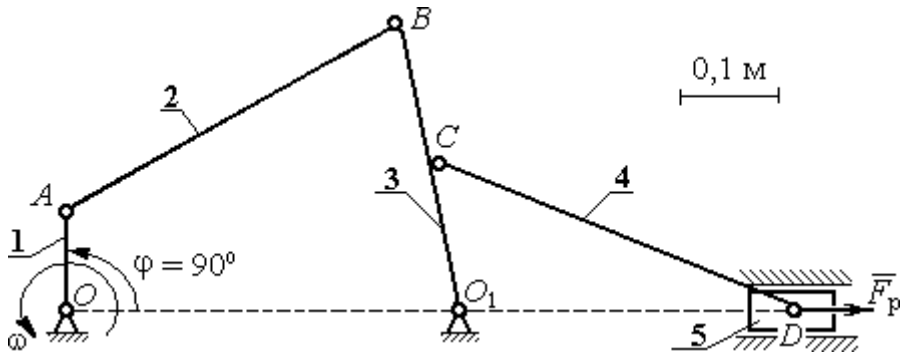


Рис. 4. План механизма в масштабе 1:4

Построение плана скоростей механизма

Построение начинаем с определения модуля скорости точки *A* ведущего звена 1 – кривошипа.

Вычисляем угловую скорость кривошипа ω, рад/с, по заданной его частоте вращения *n*, об/мин: $\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3{,}14 \cdot 95{,}5}{30}$ = 10 рад/с. Вычисляем модуль скорости точки *A* кривошипа: $V_A = \omega \cdot O_1A$ = 10·0,1 = 1 м/с. Длину вектора скорости $\vec{V}_A$ точки *A* на плане скоростей принимаем равной 100 мм. Вычисляем масштаб плана скоростей: $k_v = \frac{V_A}{100} = \frac{1}{100} = 0{,}01\,(\text{мм/с})/\text{м}$.

Точка *B* принадлежит как звену *AB* (шатун 2), совершающему плоскопараллельное движение, так и звену O_1B (коромысло 3), вращающемуся вокруг неподвижного центра O_1 (см. рис. 4). Скорость точки *B* звена *AB*, равна векторной сумме скорости полюса, например точки *A*, и скорости точки *B* во вращательном движении звена *AB* по отношении к полюсу. Тогда для определения скорости точки *B* имеем первое векторное равенство: $\vec{V}_B = \vec{V}_A + \vec{V}_{BA}$, где $\vec{V}_B$ – вектор скорости точки *B*; $\vec{V}_A$ – вектор скорости точки *A*, известный по величине и направлению; $\vec{V}_{BA}$ – вектор скорости точки *B* во вращательном движении звена *AB* по отношении к полюсу *A*. Известно, что вектор скорости $\vec{V}_{BA}$ перпендикулярен линии *AB*.

С другой стороны, в силу того, что точка *B* принадлежит звену O_1B, вращающемуся вокруг неподвижного центра O_1, скорость точки *B* может быть найдена из второго векторного равенства $\vec{V}_B = \vec{V}_{BO_1}$, где $\vec{V}_{BO_1}$ – вектор скорости точки *B* при вращении звена BO_1 вокруг центра O_1. Вектор $\vec{V}_{BO_1}$ (и, следовательно, вектор $\vec{V}_B$) перпендикулярен линии BO_1.

Проведём построение векторов на плане скоростей (рис. 5). Выберем в качестве полюса плана скоростей точку p_v, которую изображаем на поле чертежа в удобном для построения месте. Изобразим вектор скорости $\vec{V}_A$, направив его из

точки p_v. При заданном положении кривошипа вектор $\vec{V}_A$ на плане скоростей горизонтален. Направление вектора $\vec{V}_A$ перпендикулярно кривошипу O_1A в сторону его вращения. Длина вектора на чертеже устанавливается в соответствии с масштабным коэффициентом (100 мм). В конце построенного вектора поставим точку *a*. Таким образом, вектор $\vec{V}_A$ на плане скоростей изображается отрезком $p_v a$ (см. рис. 5).

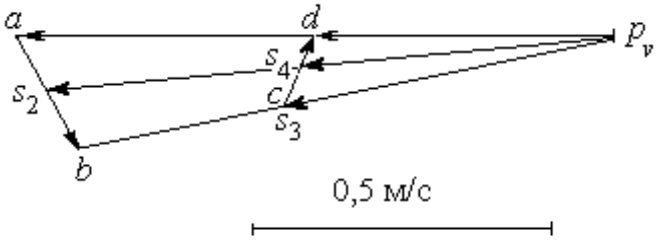


Рис. 5. План скоростей механизма для угла поворота кривошипа φ = 90º

Далее, из точки *a* направляем вектор $\vec{V}_{BA}$, перпендикулярно линии звена *AB*. Величина вектора $\vec{V}_{BA}$ неизвестна и потому вектор скорости $\vec{V}_B$ найти невозможно. Для того, чтобы его найти, построим вектор $\vec{V}_B$ в соответствии со вторым векторным уравнением. Из него следует, что величина и направление вектора $\vec{V}_B$ совпадает с величиной и направлением вектора $\vec{V}_{BO_1}$, который перпендикулярен линии звена BO_1. Проведём из полюса p_v линию, перпендикулярную BO_1 до пересечения её с линией, вдоль которой направлен вектор $\vec{V}_{BA}$. Обозначим пересечение этих линий точкой *b*. Вектор, проведённый из полюса p_v в точку *b*, равен вектору скорости $\vec{V}_B$. Модуль скорости точки *B* найдём измерив длину отрезка $p_v b$ на плане скоростей (в миллиметрах) и умножив её на масштабный коэффициент плана скоростей: $V_B = p_v b \cdot k_v = 92 \cdot 0{,}01 = 0{,}92$ м/с.

Скорость точки *B* во вращательном движении звена *AB* вокруг полюса *A* V_{BA} найдём измерив длину отрезка *ab* на плане скоростей и умножив её на величину масштабного коэффициента $V_{BA} = ab \cdot k_v$.

Угловая скорость ω_2 звена *AB* определяется как отношение $\omega_2 = \frac{V_{BA}}{BA} = \frac{ab \cdot k_v}{BA} =$

$\frac{18 \cdot 0{,}01}{0{,}4} = 0{,}45$ рад/с.

Угловая скорость вращения коромысла BO_1: $\omega_3 = \frac{V_B}{BO_1} = \frac{0{,}92}{0{,}3} = 3{,}06$ рад/с.

Точка C принадлежит коромыслу BO_1. Вектор скорости $\vec{V}_C$ перпендикулярен линии BO_1 и по модулю равен: $V_C = \omega_3 \cdot CO_1 = 3{,}06 \cdot 0{,}15 = 0{,}46$ см/с.

Точке C механизма, являющейся срединой коромысла BO_1, на плане скоростей соответствует точка c, лежащая на средине отрезка $p_v b$, изображающего скорость точки B (так как скорость точки C механизма направлена так же как скорость точки B, но по величине в два раза её меньше).

Величина и направление $\vec{V}_D$ скорости точки D (ползуна 5) находится с учётом плоскопараллельного движения звена CD на основании векторной формулы: $\vec{V}_D = \vec{V}_C + \vec{V}_{DC}$. По определению вектор $\vec{V}_{DC}$ скорости точки D при вращении звена CD вокруг полюса C направлен перпендикулярно звену CD. Тогда на плане скоростей из точки C проводим прямую, перпендикулярную линии CD, и так как точка D (ползун 5) движется горизонтально из полюса p_v проводим горизонтальную прямую, параллельную линии движения ползуна OO_1. Точка d пересечения этих прямых на плане скоростей определяет конец вектора $\vec{V}_D$. Для того, чтобы найти модуль скорости, измерим расстояние $p_v d$ и умножим его на масштабный коэффициент скоростей. Получим $V_D = p_v d \cdot k_v = 44 \cdot 0{,}01 = 0{,}44$ м/с.

Угловая скорость звена 4 равна $\omega_4 = \frac{V_{DC}}{DC}$. Модуль скорости точки D V_{DC} при вращении звена CD вокруг полюса C равен измеренному на плане скоростей расстоянию dc и умноженному на масштабный коэффициент $\omega_4 = \frac{V_{DC}}{DC} = \frac{dc \cdot k_v}{DC} =$

$\frac{8 \cdot 0{,}01}{0{,}5} = 0{,}16$ рад/с.

Найдём скорости центров масс звеньев механизма. Полагая, что центры масс звеньев механизма расположены в средине соответствующих отрезков, отметим

эти точки на плане скоростей. Для того, чтобы на плане скоростей найти скорость центра масс звена *AB* механизма, разделим пополам отрезок *ab*. Получим точку s_2. Скорость центра масс звена *AB* равна расстоянию $p_v s_2$, умноженному на масштабный коэффициент: $V_{S_2} = p_v s_2 \cdot k_v = 96 \cdot 0{,}01 = 0{,}96$ м/с.

Аналогично, разделив пополам отрезки $p_v b$, cd на плане скоростей, получим точки s_3, s_4, которые определяют скорости центров масс, соответственно, звена 3 (коромысла) и звена 4 (шатуна). Измерив расстояния $p_v s_3$, $p_v s_4$ и умножив их на масштабный коэффициент, получим скорости центров масс: $V_{S_3} = p_v s_3 \cdot k_v = 46 \cdot 0{,}01 = 0{,}46$ м/с, $V_{S_4} = p_v s_4 \cdot k_v = 44 \cdot 0{,}01 = 0{,}44$ м/с.

Результаты расчётов скоростей центров масс звеньев механизма и угловых скоростей звеньев приведены в табл. 5.

Таблица 5

Абсолютные скорости центров масс и угловые скорости звеньев

Звено	*AB*	BO_1	*CD*	Ползун
Обозначение скорости центра масс звена	V_{S_2}	V_{S_3}	V_{S_4}	V_D
Величина скорости, м/с	0,96	0,46	0,44	0,44
Обозначение угловой скорости звена	ω_2	ω_3	ω_4	–
Величина угловой скорости, рад/с	0,45	3,06	0,16	–

Построение плана ускорений механизма

Для определения значений линейных и угловых ускорений звеньев механизма построим план ускорений. Принимаем, что ведущее звено 1 движется с постоянной угловой скоростью. В этом случае касательное ускорение точки *A* равно нулю – $a_A^{\tau} = 0$, полное ускорение $\vec{a}_A$ точки *A* совпадает с нормальным и потому направлено к оси вращения звена – точке O_1. По величине ускорение $\vec{a}_A$ точки *A* будет: $a_A = a_A^n = \omega_1^2 \cdot O_1 A = 10^2 \cdot 0{,}1 = 10$ м/с^2.

Перед началом построений выберем масштабный коэффициент. Примем

длину вектора ускорения точки *A* на плане ускорений 100 мм, тогда масштабный коэффициент ускорения: $k_a = \frac{a_A}{100} = \frac{10}{100} = 0{,}1$ (м/с^2)/мм.

Чертёж плана ускорения начинаем с построения ускорения точки *A*.

Из некоторой точки p_a, называемой полюсом плана ускорений и взятой на чертеже в произвольном месте, направим вектор $\vec{a}_A$ вертикально вниз, что соответствует выбранному вертикальному положению кривошипа. С учётом масштабного коэффициента ускорений длина вектора ускорения точки *A* на чертеже 100 мм. В конце вектора поставим стрелку и точку *a* (рис. 6). Ускорение точки *B* находим в соответствии с векторной формулой: $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}^{n}_{BA} + \vec{a}^{\tau}_{BA}$, где $\vec{a}_A$ – ускорение точки *A*, выбранной за полюс; $\vec{a}^{n}_{BA}$, $\vec{a}^{\tau}_{BA}$ – нормальная и касательная составляющие ускорения точки *B* во вращательном движении шатуна *AB* относительно полюса *A*. Правило сложения векторов в векторной формуле определения ускорения точки *B* на плане ускорений выглядит следующим образом. К концу вектора, изображающего на чертеже ускорение $\vec{a}_A$, присоединяем вектор, изображающий ускорение $\vec{a}^{n}_{BA}$, а к его концу – вектор, изображающий ускорение $\vec{a}^{\tau}_{BA}$. Тогда вектор, проведённый из начала первого вектора в конец последнего, представляет собой сумму векторов.

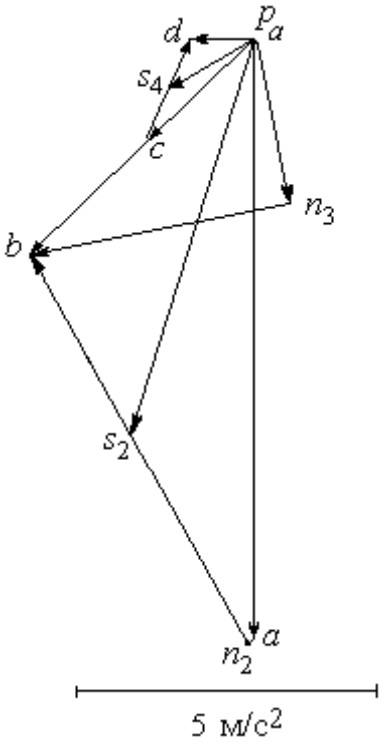


Рис. 6. План ускорений механизма для угла поворота кривошипа φ = 90º

Проведём необходимые построения для определения ускорения точки *B*. Ускорение $\vec{a}_A$ на чертеже изображается отрезком $p_a a$. Модуль вектора

нормальной составляющей ускорения точки B: $a^n_{BA} = \omega_2^2 \cdot AB = 0{,}45^2 \cdot 0{,}4 = 0{,}08$ м/с^2. На плане ускорений это будет отрезок длиной $\frac{a^n_{BA}}{k_a} = \frac{0{,}08}{0{,}1} = 0{,}8$ мм. Отложим на чертеже из точки a отрезок длиной 0,8 мм вдоль линии, параллельной звену AB механизма, в сторону, куда на плане механизма направлен вектор. В конце поставим точку n_2. Отрезок an_2 на плане ускорений изображает нормальную составляющую ускорения точки B во вращательном движении шатуна AB относительно полюса A. Здесь следует заметить, что расчётная величина отрезка an_2 настолько мала, что на чертеже показать его точно невозможно. Можно считать, что вектор нормальной составляющей ускорения точки B $\vec{a}^n_{BA}$ и, следовательно, отрезок an_2 на плане ускорений равны нулю. На рис. 6 отрезок an_2 показан для того, чтобы сохранить правило последовательного построения суммы векторов.

Далее необходимо из конца отрезка an_2 провести линию, параллельную той, вдоль которой на плане механизма направлен вектор $\vec{a}^\tau_{BA}$ – перпендикулярно линии звена BA (то есть, перпендикулярно отрезку an_2). Однако вычислить ускорение точки B, пользуясь одним этим построением, невозможно, так как величина касательного ускорения a^τ_{BA} неизвестна. Воспользуемся тем, что точка B принадлежит звену 3 – коромыслу, совершающему вращательное движение вокруг неподвижного центра O_1. Следовательно, полное ускорение точки B может быть представлено как сумма его нормального и касательного составляющих – $\vec{a}_B = \vec{a}^n_B + \vec{a}^\tau_B$, где величина нормальной составляющей ускорения равна $a^n_B = \omega_3^2 \cdot O_1B = 3{,}06^2 \cdot 0{,}3 = 2{,}84$ см/с^2, а направление – вдоль BO_1 от точки B в сторону O_1. Относительно касательной составляющей $\vec{a}^\tau_B$ ускорения точки B известно только, что она направлена перпендикулярно BO_1. Вычислим длину отрезка, изображающего на чертеже нормальную составляющую ускорения точки

B, как отношение $\frac{a_B^n}{k_a} = \frac{2{,}84}{0{,}1}$ = 28,4 мм и из полюса p_a на чертеже отложим его параллельно звену BO_1. В конце отрезка поставим точку n_3. В соответствии с правилом сложения векторов, из точки n_3 – конца отрезка $p_a n_3$, изображающего ускорение $\vec{a}_B^{\,n}$, проводим линию, перпендикулярную этому отрезку. Это линия перпендикулярна звену BO_1 и вдоль неё направлена касательная составляющая $\vec{a}_B^{\,\tau}$ ускорения точки B. Находим точку пересечения двух перпендикуляров – к отрезку $p_a n_3$ и к отрезку an_2 и обозначим её точкой b. Тогда отрезок, проведённый из полюса p_a в точку b, изображает на плане ускорений полное ускорение $\vec{a}_B$ точки B механизма. Величину ускорения точки B найдём, измерив на чертеже длину отрезка $p_a b$ и умножив его на масштабный коэффициент: $a_B = p_a b \cdot k_a = 52 \cdot 0{,}1 = 5{,}2$ м/с^2.

Отрезок $n_3 b$ изображает на чертеже касательную составляющую ускорения $\vec{a}_B^{\,\tau}$ точки B. Измеряем длину отрезка $n_3 b$ ($n_3 b$ = 43 мм), тогда угловое ускорение звена 3: $\varepsilon_3 = \frac{a_B^{\tau}}{BO_1} = \frac{n_3 b \cdot k_a}{BO_1} = \frac{43 \cdot 0{,}1}{0{,}3}$ = 14,3 рад/с^2. Угловое ускорение звена 2 находится аналогично. На чертеже измеряем отрезок $n_2 b$, который изображает ускорение $\vec{a}_{BA}^{\,\tau}$ ($n_2 b$ = 74 мм). Тогда угловое ускорение звена 2: $\varepsilon_2 = \frac{a_{BA}^{\tau}}{BA} = \frac{n_2 b \cdot k_a}{BA} = \frac{74 \cdot 0{,}1}{0{,}4}$ = 18,5 рад/с^2.

Точка C принадлежит звену 3, совершающему вращательное движение вокруг неподвижного центра O_1. Направление ускорения точки C такое же как и у точки B, которое на плане ускорений показано отрезком $p_a b$. Так как точка C на плане механизма находится в средине звена BO_1, соответствующая ей точка c на плане ускорений находится на средине отрезка $p_a b$. Тогда отрезок $p_a c$ изображает ускорение точки C.

Ускорение точки D находим на основании векторной формулы $\vec{a}_D = \vec{a}_C + \vec{a}_{DC}^{\,n} + \vec{a}_{DC}^{\,\tau}$, где $\vec{a}_C$ – ускорение точки C, выбранной за полюс; $\vec{a}_{DC}^{\,n}$, $\vec{a}_{DC}^{\,\tau}$ –

нормальная и касательная составляющие ускорения точки D во вращательном движении шатуна DC относительно полюса C.

Проведём необходимые построения. Заметим сразу, что направление ускорения $\vec{a}_D$ точки D ползуна 5 известно. Ускорение направлено вдоль линии OO_1 на плане механизма. Это означает, что на плане ускорений ускорение точки D изображается горизонтальным отрезком, исходящим из центра p_a. Модуль вектора нормальной составляющей ускорения точки D $a^n_{DC} = \omega_4^2 \cdot DC = 0{,}16^2 \cdot 0{,}5 = 0{,}01$ м/с^2. На плане ускорений это будет отрезок, длиной $\frac{a^n_{DC}}{k_a} = \frac{0{,}01}{0{,}1} = 0{,}1$ мм. Можно считать, что вектор нормальной составляющей ускорения точки D $\vec{a}^n_{DC}$ и соответствующий ему отрезок на плане ускорений равны нулю. Тогда, исходя из векторной формулы сложения ускорений и с учётом нулевого вектора $\vec{a}^n_{DC}$, на плане ускорений из конца отрезка $p_a c$, изображающего вектор ускорения $\vec{a}_C$, необходимо провести линию, перпендикулярную звену CD, вдоль которой на плане механизма направлен вектор $\vec{a}^\tau_{DC}$. Находим точку пересечения этой линии с горизонтальной прямой, проведённой из полюса ускорений, вдоль которой направлен вектор ускорения точки D. Обозначим точку пересечения d. Отрезок прямой $p_a d$ изображает на плане ускорений ускорение точки D. Замеряем длину отрезка $p_a d$ ($p_a d$ = 13 мм) и находим ускорение точки D: $a_D = p_a d \cdot k_a = 13 \cdot 0{,}1 = 1{,}3$ м/с^2.

Замеряем на плане ускорений длину отрезка cd, изображающего ускорение $\vec{a}^\tau_{DC}$ (cd = 18 мм), и находим угловое ускорение звена 4: $\varepsilon_4 = \frac{a^\tau_{DC}}{DC} = \frac{cd \cdot k_a}{DC} = \frac{18 \cdot 0{,}1}{0{,}5} = 3{,}6$ рад/с^2.

Определим ускорения центров масс звеньев механизма.

Разделим пополам отрезок ab на плане ускорений, обозначим середину отрезка точкой s_2 и соединим с полюсом p_a. Отрезок $p_a s_2$ изображает ускорение центра масс звена 2 – кривошипа AB. Длина отрезка $p_a s_2$ = 70 мм. Ускорение

центра масс звена 2: $a_{S2} = p_a s_2 \cdot k_a = 70 \cdot 0{,}1 = 7$ м/с^2. Аналогично, точка s_4, лежащая на средине отрезка *cd*, изображает центр масс звена 4 шатуна *CD*. Ускорение центра масс звена 4: $a_{S4} = p_a s_4 \cdot k_a = 18 \cdot 0{,}1 = 1{,}8$ м/с^2.

Все построения плана ускорений приведены на рис. 6.

Результаты вычислений ускорений центров масс звеньев, а также угловых ускорений звеньев механизма приводятся в табл. 6.

Таблица 6

Ускорения центров масс звеньев механизма и угловые ускорения звеньев

Звено	*AB*	BO_1	*DC*	Ползун
Обозначение ускорения центра масс звена	a_{S_2}	a_{S_3}	a_{S_4}	a_D
Величина ускорения, м/с^2	7	2,6	1,8	1,3
Обозначение углового ускорения звена	ε_2	ε_3	ε_4	–
Величина углового ускорения, рад/с^2	18,5	14,3	3,6	–

Определение движущего момента, приведённого к валу кривошипа, по методу Н. Е. Жуковского

Определим уравновешивающую силу, приведённую к крайней точке *A* кривошипа.

Вычисляем силы тяжести звеньев.

$$G_2 = m_2 g = 40 \cdot 9{,}8 = 392 \text{ Н}, \quad G_3 = m_3 g = 30 \cdot 9{,}8 = 294 \text{ Н},$$

$$G_4 = m_4 g = 50 \cdot 9{,}8 = 490 \text{ Н}, \quad G_5 = m_5 g = 10 \cdot 9{,}8 = 98 \text{ Н}.$$

Вычисляем модули сил инерции, действующих на механизм.

$$F_2^{\text{ин}} = m_2 a_{S2} = 40 \cdot 7 = 280 \text{ Н}, \quad F_3^{\text{ин}} = m_3 a_{S2} = 30 \cdot 2{,}6 = 78 \text{ Н},$$

$$F_4^{\text{ин}} = m_4 a_{S4} = 50 \cdot 1{,}8 = 90 \text{ Н}, \quad F_5^{\text{ин}} = m_5 a_D = 10 \cdot 1{,}3 = 13 \text{ Н}.$$

Вычисляем модули моментов сил инерции.

$$M_2^{\text{ин}} = J_{S2} \varepsilon_2 = 2 \cdot 18{,}5 = 37 \text{ Н·м}, \quad M_3^{\text{ин}} = J_{S3} \varepsilon_3 = 1 \cdot 14{,}3 = 14{,}3 \text{ Н·м},$$

$$M_4^{\text{ин}} = J_{S4} \varepsilon_4 = 3 \cdot 3{,}6 = 10{,}8 \text{ Н·м}.$$

Построим «жёсткий рычаг» Жуковского. Изобразим план скоростей механизма, повернув его на 90º (рис. 3.7). Приложим в точках, изображающих на повернутом плане скоростей центры масс звеньев механизма, силы тяжести и силы инерции. Направление сил инерции противоположно направлению ускорений центров масс, показанных на плане ускорений. Моменты сил инерции, действующие на звенья механизма, раскладываем на две антипараллельные силы, приложенные к крайним точкам звена, перпендикулярно ему.

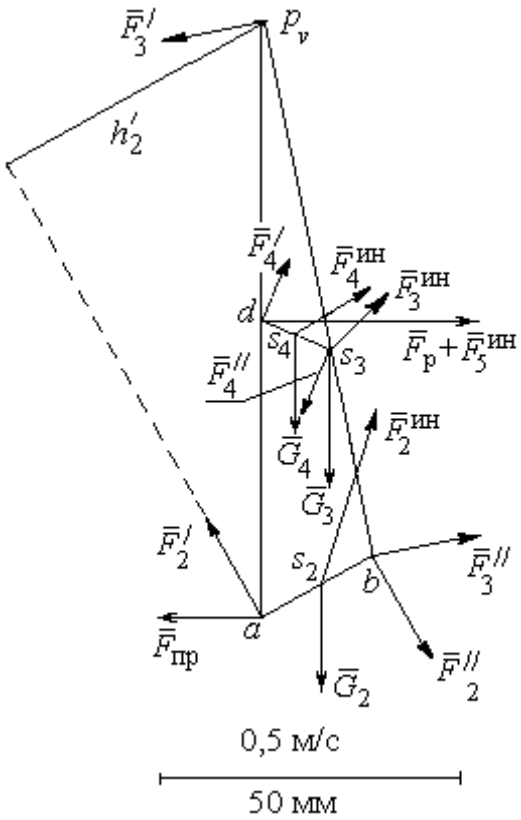


Рис. 3.7. «Жёсткий рычаг» Н. Е. Жуковского

$$F_2' = F_2'' = \frac{M_2^{ин}}{AB} = \frac{37}{0{,}4} = 92{,}5 \text{ Н},$$

$$F_3' = F_3'' = \frac{M_3^{ин}}{O_1B} = \frac{14{,}3}{0{,}3} = 48 \text{ Н},$$

$$F_4' = F_4'' = \frac{M_4^{ин}}{CD} = \frac{10{,}8}{0{,}5} = 21{,}6 \text{ Н}.$$

Заданное положение кривошипа осуществляется на рабочем ходу поршня. Сила полезного сопротивления $F_р$ направлена в сторону, противоположную движению поршня.

Рычаг Н. Е. Жуковского приведён на рис. 3.7. На рисунке отмечены силы тяжести и силы инерции звеньев, приложенные в точках плана скоростей s_2 – s_4, соответствующих положению центров масс этих звеньев. Показаны пары сил инерции $(\vec{F}_2', \vec{F}_2'')$, $(\vec{F}_3', \vec{F}_3'')$, $(\vec{F}_4', \vec{F}_4'')$, образующие главные моменты сил инерции $M_2^{ин}$, $M_3^{ин}$, $M_4^{ин}$, приложенные ко 2, 3 и 4 звеньям.

Применение «рычага Жуковского» для определения приведённой силы заключается в составлении уравнения равновесия в форме равенства нулю суммы моментов заданных сил относительно полюса p_v:

$$-F_{пр} \cdot h_{пр} - F_2' \cdot h_2' + F_2'' \cdot h_2'' - G_2 \cdot h_{G2} + F_2^{ин} \cdot h_2 + F_3'' \cdot h_3'' - F_4' \cdot h_4' + F_4'' \cdot h_4'' -$$

$$-G_4 \cdot h_{G4} - G_3 \cdot h_{G3} + (F_{\text{р}} + F_5^{\text{ин}})h_5 + F_4^{\text{ин}} \cdot h_4 + F_3^{\text{ин}} \cdot h_3 = 0.$$

При вычислении моментов сил плечи сил определяются графически с учётом масштабного коэффициента плана скоростей. Так при вычислении момента приведённой силы относительно полюса p_v плечом $h_{\text{пр}}$ силы $\vec{F}_{\text{пр}}$ на плане рычага Жуковского является отрезок $p_v a$, равный, согласно масштабному коэффициенту плана скоростей, 100 мм. Тогда $h_{\text{пр}} = p_v a = 100$ мм.

На рис. 3.7, в качестве примера, показан способ вычисления плеча h_2' силы $\vec{F}_2'$ – как кратчайшее расстояние от полюса p_v до линии действия силы $\vec{F}_2'$. Измерив это расстояние, найдём $h_2' = 52$ мм. Аналогичным образом в уравнении равновесия вычисляются плечи остальных сил.

В результате получим равенство

$$F_{\text{пр}} \cdot 100 = -92{,}5 \cdot 52 + 92{,}5 \cdot 21 - 392 \cdot 6 + 280 \cdot 31 + 48 \cdot 92 - 21{,}6 \cdot 23 + 21{,}6 \cdot 33 -$$

$$-490 \cdot 3 - 294 \cdot 7 + (16045 + 13)44 + 90 \cdot 42 + 78 \cdot 36.$$

Откуда $F_{\text{пр}}$ =7177 Н. Величина движущего момента, приведенного к валу кривошипа, находится из формулы: $M_{\text{дв}} = F_{\text{пр}} \cdot O_1 A = 7177 \cdot 0{,}1 = 717{,}7$ Н·м.

Найденный движущий момент является исходной величиной для конструирования ведомого вала кривошипа.

2. Конструирование вала редуктора
Предварительный расчет зубчатой передачи

Крутящий момент на валу $T_2 = M_{\text{дв}} = 717{,}7$ Н·м.

Твердость материала колеса по Бринеллю (приближённо)

$$HB = 0{,}285\sigma_{\text{в}} = 0{,}285 \cdot 640 = 182{,}4 \text{ МПа}.$$

Предел контактной выносливости при базовом числе циклов

$$\sigma_{H\,\lim} = 2\,HB + 70 = 2 \cdot 182{,}4 + 70 = 434{,}8 \text{ МПа}.$$

При долговременной передаче принимаем:

– коэффициент долговечности $K_{HL} = 1{,}4$,

– коэффициент безопасности S_H = 1,15.

Допустимое контактное напряжение в зацеплении колеса

$$\sigma_{H\,adm} = \frac{\sigma_{H\,\lim}}{S_H} K_{HL} = \frac{434{,}8}{1{,}15} \cdot 1{,}4 = 529{,}3 \text{ МПа}.$$

Выберем средние значения коэффициента неравномерности нагрузки на венец зубчатого колеса $K_{H\beta}$ и коэффициента ширины колеса относительно межосевого расстояния ψ_{ba}. При симметричном расположении колеса принимаем:

$$K_{H\beta} = 1{,}1; \quad \psi_{ba} = 0{,}4.$$

Межосевое расстояние передачи

$$a_w = K_a (u+1) \sqrt[3]{\frac{T_2 K_{H\beta}}{\psi_{ba} u^2 \sigma^2_{H\,adm}}} = 495(5+1) \sqrt[3]{\frac{717{,}7 \cdot 1{,}1}{0{,}4 \cdot 5^2 \cdot 529{,}3^2}} = 194{,}7 \text{ мм}.$$

Округляем расчётное межосевое расстояние до ближайшего большего значения из ряда межосевых расстояний. Принимаем a_w = 200 мм.

Делительный диаметр колеса

$$d_2 = \frac{2a_w u}{u+1} = \frac{2 \cdot 200 \cdot 5}{5+1} = 333{,}3 \text{ мм}.$$

Ширина ступицы колеса и длина распорной втулки

$$b = \psi_{ba} a_w = 0{,}4 \cdot 200 = 80 \text{ мм}, \quad l_р = 0{,}15b = 0{,}15 \cdot 80 = 12 \text{ мм}.$$

Полученные расчетные результаты ширины ступицы колеса b и длины распорной втулки $l_р$ не требуют округления, так как совпадают со значениями ряда номинальных линейных размеров *R*-40.

Принимаем b = 80 мм, $l_р$ = 12 мм.

Конструирование вала

Примем допустимое касательное напряжение кручения вала $\tau_{к\,adm}$ = 20 МПа.

Диаметр консольной части вала

$$d_к = \sqrt[3]{\frac{T_2 \cdot 10^3}{0{,}2\tau_{к\,adm}}} = \sqrt[3]{\frac{717{,}7 \cdot 10^3}{0{,}2 \cdot 20}} = 56{,}4\,\text{мм}.$$

Расчётное значение диаметра консольной части вала округляем до ближайшего большего значения из ряда *R*-40 номинальных линейных размеров.

Принимаем $d_к = 60$ мм.

Длина консольной части вала пропорциональна его диаметру: $l_к = (1{,}5 \div 2{,}5)d_к$. Выбираем

$$l_к = 2d_к = 2 \cdot 60 = 120 \text{ мм}.$$

Результат расчёта не требует округления, так как является одним из значений ряда *R*-40 номинальных линейных размеров.

Принимаем $l_к = 120$ мм.

При диаметре консольной части вала$d_к = 60$ мм высота ступени $t = 3$ мм (приложение, табл. П2). Диаметр вала под подшипник

$$d_п = d_к + 2t = 60 + 2 \cdot 3 = 66 \text{ мм}.$$

Результат округляем до ближайшего большего числа, кратного 5.

Принимаем $d_п = 70$ мм.

Длина ступени вала в месте посадки подшипника пропорциональна диаметру этого участка вала. Выберем минимальный из заданных значений коэффициент пропорциональности. Длина ступеньки вала в месте посадки подшипника

$$l_п = 1{,}25d_п = 1{,}25 \cdot 70 = 87{,}5 \text{ мм}.$$

Расчётное значение длины ступеньки вала в месте посадки подшипника округляем до ближайшего большего значения из ряда *R*-40 номинальных линейных размеров.

Принимаем $l_п = 90$ мм.

При диаметре вала под подшипник $d_п = 70$ мм координата фаски подшипника $r = 3{,}5$ мм (см. приложение, табл. П2). Диаметр вала под колесом

$$d_{кол} = d_п + 3{,}2r = 70 + 3{,}2 \cdot 3{,}5 = 81{,}2 \text{ мм}.$$

Расчётное значение диаметра вала под колесом округляем до ближайшего большего значения из ряда *R*-40 номинальных линейных размеров.

Принимаем $d_{кол} = 85$ мм.

При диаметре вала под колесом $d_{кол} = 85$ мм фаска ступицы колеса $f = 3$ мм (см. приложение, табл. П2). Диаметр упорного буртика

$$d_{бур} = d_{кол} + 3f = 85 + 3 \cdot 3 = 94 \text{ мм}.$$

Расчётное значение диаметра буртика округляем до ближайшего большего значения из ряда *R*-40 номинальных линейных размеров.

Принимаем $d_{бур} = 95$ мм.

Длина упорного буртика при симметричном расположении колеса относительно опор вала – подшипников

$$l_{бур} = 0{,}15b = 0{,}15 \cdot 80 = 12 \text{ мм}.$$

Принимаем без округления $l_{бур} = 12$ мм.

При диаметре вала в месте посадки подшипника $d_{\text{п}} = 70$ мм ширина подшипника $B = 24$ мм (см. табл. 5).

При переходе от консольной части вала к участку вала под подшипником диаметры участков $d_{\text{к}} = 60$ мм, $d_{\text{п}} = 70$ мм.

Величина ступеньки $t = 0{,}5(d_{\text{п}} - d_{\text{к}}) = 0{,}5(70 - 60) = 5$ мм.

Радиус галтели ступеньки вала пропорционален высоте ступеньки. Выберем среднее значение коэффициента пропорциональности. Радиус галтели

$$R = 0{,}6t = 0{,}6 \cdot 5 = 3 \text{ мм}.$$

В месте установки распорной втулки при переходе от участка вала под левым подшипником к участку под колесом на валу имеется ступенька. Радиус галтели ступеньки вала пропорционален координате фаски распорной втулки, равной координате фаски подшипника. Выберем среднее значение коэффициента пропорциональности. Радиус галтели

$$R = 0{,}6r = 0{,}6 \cdot 3{,}5 = 2{,}1 \text{ мм}.$$

Округляем расчётную величину до ближайшего числа, кратного 5.

Принимаем $R = 2$ мм.

При переходе от участка вала под колесом к буртику, где происходит упор ступицы колеса в буртик, на валу имеется ступенька. Радиус галтели ступеньки вала пропорционален величине фаски ступицы колеса. Радиус галтели

$$R = 0{,}7f = 0{,}7 \cdot 3 = 2{,}1 \text{мм}.$$

Принимаем $R = 2$ мм.

В месте установки правого подшипника при переходе от буртика к участку вала под подшипником на валу имеется ступенька. Радиус галтели ступеньки вала пропорционален координате фаски подшипника. Выберем среднее значение коэффициента пропорциональности. Радиус галтели

$$R = 0{,}6r = 0{,}6 \cdot 3{,}5 = 2{,}1 \text{ мм}.$$

Округляем расчётную величину до ближайшего числа, кратного 5.

Принимаем $R = 2$ мм.

Проверка прочности шпоночного соединения

Диаметр консольной части вала $d_к$ = 60 мм, длина $l_к$ = 120 мм.

Выбираем размеры призматической шпонки в консольной части вала: ширина $b_ш$ = 18 мм; высота $h_ш$ = 11 мм; длина $l_ш$ = 80 мм; глубина паза в вале t_1 = 7 мм (табл. П1).

Рабочая длина шпонки: $l_ш^р = l_ш - b_ш = 80 - 18 = 62$ мм.

Напряжение смятия шпонки и условие прочности

$$\sigma_{см} = \frac{2T_2 \cdot 10^3}{l_ш^р d_к (h_ш - t_1)} = \frac{2 \cdot 717{,}7 \cdot 10^3}{62 \cdot 60(11-7)} = 96{,}5 \text{ МПа} < 150 \text{ МПа}.$$

Условие прочности выполнено.

При выборе шпонки под колесом, где диаметр вала $d_{кол}$ = 85 мм, ширина ступицы колеса b = 80 мм, принимаем по табл. П1 ширину шпонки $b_ш$ = 22 мм; высоту $h_ш$ = 14 мм; длину $l_ш$ = 63 мм; глубину паза в вале t_1 = 9 мм. Рабочая длина шпонки: $l_ш^р = l_ш - b_ш = 63 - 22 = 41$ мм.

Напряжение смятия шпонки и условие прочности

$$\sigma_{см} = \frac{2T_2 \cdot 10^3}{l_ш^р d_{кол} (h_ш - t_1)} = \frac{2 \cdot 717{,}7 \cdot 10^3}{41 \cdot 85(14-9)} = 82{,}4 \text{ МПа} < 150 \text{ МПа}.$$

Условие прочности выполнено.

3. Проверочный расчёт вала редуктора

Расчетная схема вала. Построение эпюр изгибающих и крутящих моментов

Схематическое изображение вала и действующей на него нагрузки в вертикальной и горизонтальной плоскостях приведено на рис. 8, *т*. Показаны предположительно опасные сечения вала: *А*, *Б* – сечения на участках вала, ослабленных вырезом под шпонку; *В*, *Г*, *Д* – сечения по ступенькам вала.

Рассмотрим силовую нагрузку вала при симметричном расположении колеса.

Консольная сила от муфты $F_{\text{м}}=125\sqrt{T_2}=125\sqrt{717,7}=3348,7$ Н.

Силы в зацеплении зубчатой передачи:

– окружная сила $F_t=\dfrac{2T_2\cdot10^3}{d_2}=\dfrac{2\cdot717,7\cdot10^3}{333,3}=4306,6$ Н,

– радиальная сила $F_r=F_t\text{tg}20^\circ=4306,6\cdot0,364=1567,6$ Н.

Для построения эпюр изгибающих моментов вычислим расстояния между точками приложения сил, отнесенных к оси вала

$$l_{\text{опор}}=l_{\text{к}}+l_{\text{п}}-(l_{\text{р}}+0,5B)=120+90-(12+0,5\cdot24)=186 \text{ мм},$$

$$a=0,5b+l_{\text{р}}+0,5B=0,5\cdot80+12+0,5\cdot24=64 \text{ мм},$$

$$c=0,5b+l_{\text{бур}}+0,5B=0,5\cdot80+12+0,5\cdot24=64 \text{ мм}.$$

Эпюра изгибающих моментов M_x в вертикальной плоскости

Условия равновесия вала в вертикальной плоскости (рис. 8, *n*):

$$F_rc-R_{1y}(a+c)=0,\quad -F_ra+R_{2y}(a+c)=0.$$

Находим реакции опор подшипников в вертикальной плоскости:

$$R_{1y}=\frac{F_rc}{(a+c)}=\frac{1567,6\cdot64}{64+64}=783,8 \text{ Н},\quad R_{2y}=\frac{F_ra}{(a+c)}=\frac{1567,6\cdot64}{64+64}=783,8 \text{ Н}.$$

Проверка: $R_{1y}-F_r+R_{2y}=783,8-1567,6+783,8=0.$

На 1-м участке вала $0\le z_1\le l_{\text{опор}}$, $M_{1x}=0.$

Изгибающие моменты в сечении вала *A*, где вал ослаблен шпоночным вырезом, и в сечении *B*, где имеется ступенька вала при переходе от консольной части к участку вала под подшипник, равны нулю: $M_{xA}=M_{xB}=0.$

На 2-м участке вала $0\le z_2\le a$. Эпюра изгибающих моментов

$$M_{2x}=R_{1y}z_2$$

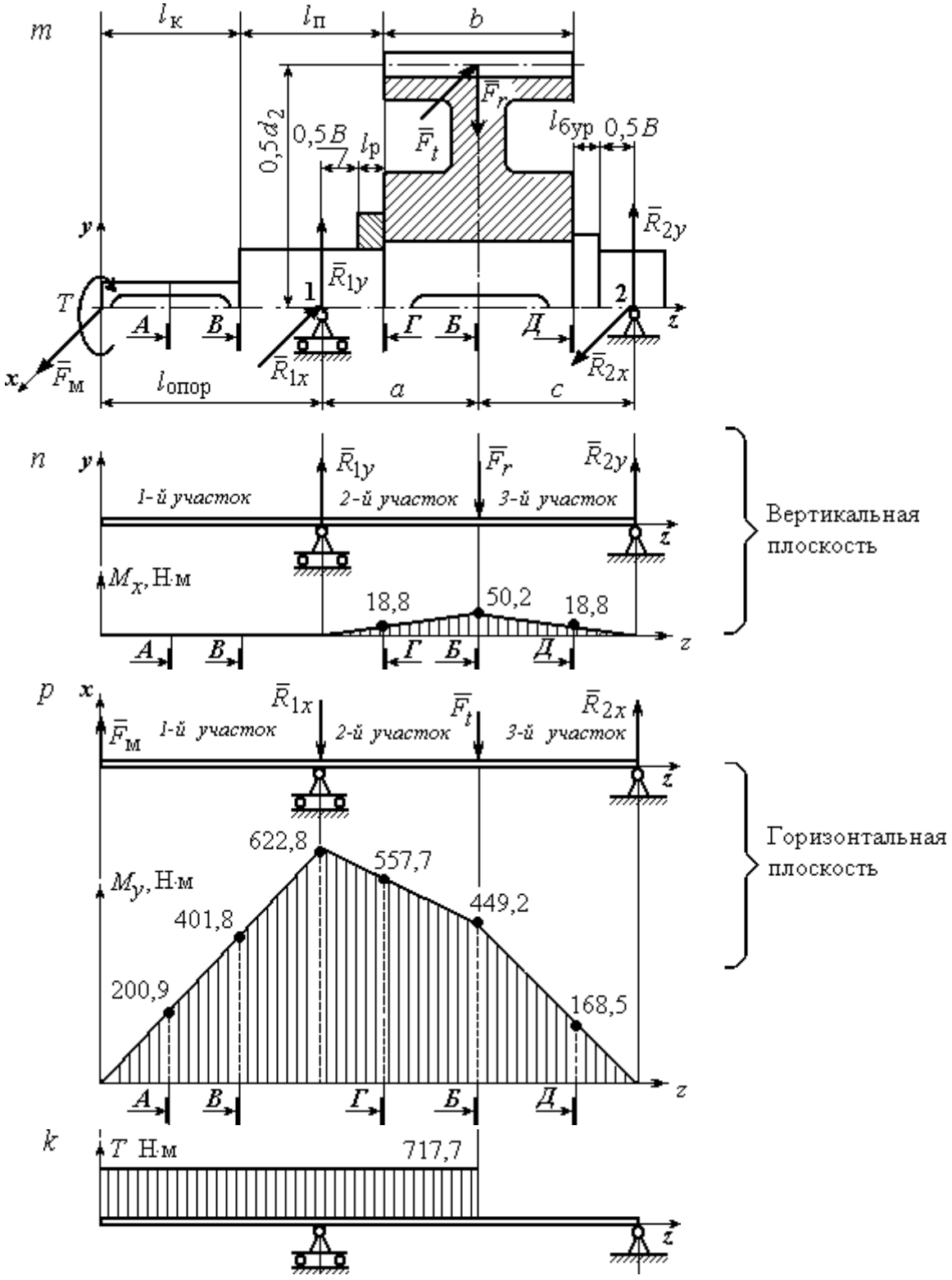


Рис. 8. Расчётная схема вала:
m – нагрузка вала; *n* – проекция нагрузки на вертикальную плоскость
и эпюра изгибающих моментов M_x; *p* – проекция нагрузки
на горизонтальную плоскость и эпюра изгибающих моментов M_y; *k* – эпюра крутящих моментов

В начале участка $z_2 = 0$, $M_{2x} = 0$. В конце участка при $z_2 = a = 64 \cdot 10^{-3}$ м

$$M_{2x} = R_{1y} a = 783{,}8 \cdot 64 \cdot 10^{-3} = 50{,}2 \text{ Н·м.}$$

Изгибающий момент в сечении *Г*, где у вала ступенька перехода от диаметра под подшипник к диаметру под колесо, при $z_{2Г} = a - 0{,}5b = 24$ мм

$$M_{xГ} = R_{1y}(a - 0{,}5b) = 783{,}8 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 18{,}8 \text{ Н·м.}$$

Изгибающий момент в сечении *Б*, где вал ослаблен шпоночным вырезом под колесом, при $z_{2Б} = a = 64$ мм $M_{xБ} = R_{1y} a = 783{,}8 \cdot 64 \cdot 10^{-3} = 50{,}2$ Н·м.

На 3-м участке вала $0 \le z_3 \le c$. Эпюра изгибающих моментов

$$M_{3x} = R_{1y}(z_3 + a) - F_r z_3 .$$

В начале 3-го участка при $z_3 = 0$, $M_{3x} = 50{,}2$ Н·м. В конце участка при $z_3 = c = 64 \cdot 10^{-3}$ м, $M_{3x} = 0$.

Изгибающий момент в сечении *Д*, где у вала ступенька при переходе от участка под колесом к буртику, при $z_{3Д} = 0{,}5b = 40$ мм

$$M_{xД} = R_{1y}(0{,}5b + a) - F_r 0{,}5b =$$

$$= 783{,}8(40 + 64)10^{-3} - 1567{,}6 \cdot 40 \cdot 10^{-3} = 18{,}8 \text{ Н·м.}$$

Вид эпюры изгибающих моментов в вертикальной плоскости M_x показан на рис. 8, *n*.

Эпюра изгибающих моментов M_y в горизонтальной плоскости

Условия равновесия вала в горизонтальной плоскости (рис. 8, *p*):

$$-F_м(l_{опор} + a + c) + F_t c + R_{1x}(a + c) = 0, \quad -F_м l_{опор} - F_t a + R_{2x}(a + c) = 0 .$$

Реакции опор подшипников в горизонтальной плоскости

$$R_{1x} = \frac{1}{(a + c)}\left[F_м(l_{опор} + a + c) - F_t c\right] =$$

$$= \frac{1}{(64 + 64)}\left[3348{,}7(186 + 64 + 64) - 4306{,}6 \cdot 64\right] = 6061{,}5 \text{ Н,}$$

$$R_{2x} = \frac{1}{(a + c)}\left[F_м l_{опор} + F_t a\right] =$$

$$= \frac{1}{(64+64)}\left[3348{,}7 \cdot 186 + 4306{,}6 \cdot 64\right] = 7019{,}4 \text{ Н}.$$

Проверка: $F_{\text{м}} - R_{1x} - F_t + R_{2x} = 3348{,}7 - 6061{,}5 - 4306{,}6 + 7019{,}4 = 0.$

На 1-м участке вала $0 \le z_1 \le l_{\text{опор}}$. Эпюра изгибающих моментов

$$M_{1y} = F_{\text{м}} z_1.$$

В начале 1-го участка при $z_1 = 0$, $M_{1y} = 0$.

В конце участка при $z_1 = l_{\text{опор}}$

$$M_{1y} = F_{\text{м}} l_{\text{опор}} = 3348{,}7 \cdot 186 \cdot 10^{-3} = 622{,}8 \text{ Н·м}.$$

Положим координату сечения вала *А*, где вал ослаблен шпоночным вырезом, $z_{1A} = 0{,}5 l_{\text{к}} = 60$ мм. Изгибающий момент в сечении *А*

$$M_{yA} = F_{\text{м}} 0{,}5 l_{\text{к}} = 3348{,}7 \cdot 60 \cdot 10^{-3} = 200{,}9 \text{ Н·м}.$$

Изгибающий момент в сечении *В* при $z_{1B} = l_{\text{к}} = 120$ мм

$$M_{yB} = F_{\text{м}} l_{\text{к}} = 3348{,}7 \cdot 120 \cdot 10^{-3} = 401{,}8 \text{ Н·м}.$$

На 2-м участке вала $0 \le z_2 \le a$. Эпюра моментов

$$M_{2y} = F_{\text{м}}(l_{\text{опор}} + z_2) - R_{1x} z_2.$$

В начале участка при $z_2 = 0$, $M_{2y} = F_{\text{м}} l_{\text{опор}} = 3348{,}7 \cdot 186 \cdot 10^{-3} = 622{,}8$ Н·м.

В конце участка при $z_2 = a = 64 \cdot 10^{-3}$ м

$$M_{2y} = F_{\text{м}}(l_{\text{опор}} + a) - R_{1x} a =$$

$$= 3348{,}7(186+64)10^{-3} - 6061{,}5 \cdot 64 \cdot 10^{-3} = 449{,}2 \text{ Н·м}.$$

Изгибающий момент в сечении *Г* при $z_{2Г} = a - 0{,}5b = 24$ мм

$$M_{yГ} = F_{\text{м}}\left(l_{\text{опор}} + a - 0{,}5b\right) - R_{1x}\left(a - 0{,}5b\right) =$$

$$= 3348{,}7\left(186 + 24\right)10^{-3} - 6061{,}5 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 557{,}7 \text{ Н·м}.$$

Изгибающий момент в сечении *Б* при $z_2 = a = 64 \cdot 10^{-3}$ равен изгибающему моменту в конце 2-го участка $M_{yБ} = 449{,}2$ Н·м.

На 3-м участке вала $0 \le z_3 \le c$. Эпюра изгибающих моментов

$$M_{3y} = F_{\text{м}}(l_{\text{опор}} + a + z_3) - R_{1x}(z_3 + a) - F_t z_3.$$

В начале 3-го участка при $z_3 = 0$

$$M_{3y} = F_{\text{м}}(l_{\text{опор}} + a) - R_{1x}a = 449{,}2 \text{ Н·м}.$$

В конце 3-го участка при $z_3 = c = 64 \cdot 10^{-3}$ м $M_{3y} = 0$.

Изгибающий момент в сечении *Д* при $z_{3Д} = 0{,}5b = 40$ мм

$$M_{yД} = F_{\text{м}}\left(l_{\text{опор}} + a + 0{,}5b\right) - R_{1x}\left(a + 0{,}5b\right) - F_t\, 0{,}5b =$$

$$= \left[3348{,}7\left(186 + 64 + 40\right) - 6061{,}5\left(64 + 40\right) - 4306{,}6 \cdot 40\right]10^{-3} = 168{,}5 \text{ Н·м}.$$

Эпюра изгибающих моментов в горизонтальной плоскости приведена на рис. 8, *р*.

Эпюра крутящих моментов показана на рис 8, *k*.

Проверочный расчёт вала

Результаты расчётов изгибающих моментов в потенциально опасных сечениях показаны на рис. 8, *n*, *p* и приведены в табл. 7.

Среди сечений, ослабленных шпоночным пазом (сечение *А*, *Б*), наиболее опасным является сечение *Б* вала под колесом. Суммарный изгибающий момент в этом сечении $M_{\text{сум}Б} = 452$ Н·м.

Среди сечений в местах ступенчатого перехода вала (сечения *В*, *Г* и *Д*) наиболее опасным является сечение *Г* – ступенька вала при переходе от диаметра вала под подшипник к диаметру под колесо. В этом сечении суммарный изгибающий момент $M_{\text{сум}Г} = 558$ Н·м.

Таким образом, проверку вала на усталостную прочность необходимо проводить в двух наиболее опасных сечениях – *Г* и *Б*.

Таблица 7

Изгибающие моменты в потенциально опасных сечениях вала при расчётах на сопротивление усталости

Параметр	Виды опасных сечений				
	сечения, где вал ослаблен шпоночным пазом		сечения в местах ступенчатого перехода вала		
Сечение на валу	*А*	*Б*	*В*	*Г*	*Д*
Изгибающий момент в вертикальной плоскости M_x, Н·м	0	50,2	0	18,8	18,8
Изгибающий момент в горизонтальной плоскости M_y, Н·м	200,9	449,2	401,8	557,7	168,5
Суммарный изгибающий момент $M_{\text{сум}}$, Н·м	200,9	452,0	401,8	558,0	169,5

Сечение Г. При расчёте момента сопротивления сечения выбирается меньший из диаметров – диаметр вала под подшипник $d_{\text{п}} = 70$ мм.

Момент сопротивления сечения *Г*

$$W_{\text{и}Г} = 0{,}1d_{\text{п}}^3 = 0{,}1 \cdot 70^3 = 34{,}3 \cdot 10^3 \text{ мм}^3.$$

Амплитуда цикла нормальных напряжений при изгибе

$$\sigma_{aГ} = \frac{M_{\text{сум}\,Г} 10^3}{W_{\text{и}Г}} = \frac{558 \cdot 10^3}{34{,}3 \cdot 10^3} = 16{,}3 \text{ МПа}.$$

В сечении *Г* отношение радиуса галтели к диаметру $\frac{R}{d_{\text{п}}} = \frac{2}{70} = 0{,}03$.

Коэффициент концентрации напряжений изгиба в сечении *Г*: $K_\sigma = 2$ (рис. П2, приложение).

Для материала вала с пределом прочности $\sigma_{\text{в}} = 640$ МПа при чистовой обработке поверхности коэффициент качества обработки поверхности вала $\beta = 0{,}83$ (рис. П4, приложение).

При расчётном диаметре сечения $d_{\text{п}} = 70$ мм масштабный фактор для напряжений изгиба $\varepsilon_\sigma = 0{,}77$ (рис. П3, приложение).

Коэффициент учета постоянной составляющей напряжений изгиба при $\sigma_{\text{в}} = 640$ МПа $\psi_\sigma = 0{,}05$ (табл. П4, приложение).

Среднее напряжение цикла нормальных напряжений $\sigma_{mГ} = 0$.

Предел выносливости материала вала при симметричном цикле изгиба

$$\sigma_{-1} = 0{,}43\sigma_{в} = 0{,}43 \cdot 640 = 275{,}2 \text{ МПа}.$$

Коэффициент запаса сопротивления усталости по изгибу в сечении *Г*

$$n_{\sigma Г} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_\sigma}{\beta\varepsilon_\sigma}\sigma_{aГ} + \psi_\sigma\sigma_{mГ}} = \frac{275{,}2}{\frac{2}{0{,}83 \cdot 0{,}77}16{,}3} = 5{,}4.$$

Предел выносливости материала вала при пульсирующем цикле касательных напряжений пропорционален пределу прочности материала вала. Выберем среднее значение коэффициента пропорциональности

$$\tau_{-1} = 0{,}25\sigma_{в} = 0{,}25 \cdot 640 = 160 \text{ МПа}.$$

Полярный момент сопротивления сечения *Г*

$$W_{pГ} = 0{,}2d_{п}^{3} = 0{,}2 \cdot 70^3 = 68{,}6 \cdot 10^3 \text{ мм}^3.$$

Амплитуда цикла касательных напряжений и среднее напряжение

$$\tau_{aГ} = \tau_{mГ} = \frac{T_2 \cdot 10^3}{2W_{pГ}} = \frac{717{,}7 \cdot 10^3}{2 \cdot 68{,}6 \cdot 10^3} = 5{,}2 \text{ МПа}.$$

Коэффициент концентрации касательных напряжений в сечении *Г* при отношении радиуса галтели к диаметру вала $\frac{R}{d_{п}} = \frac{2}{70} = 0{,}03$, $K_\tau = 1{,}49$ (рис. П2, приложение).

Коэффициент качества при чистовой обработки поверхности вала $\beta = 0{,}83$ (рис. П4, приложение).

Масштабный фактор для касательных напряжений при диаметре сечения $d_{п} = 70$ мм $\varepsilon_\tau = 0{,}65$ (рис. П3, приложение).

Коэффициент учета постоянной составляющей касательных напряжений при $\sigma_{в} = 640$ МПа $\psi_\tau = 0$ (табл. П3, приложение).

Коэффициент запаса сопротивления усталости по кручению в сечении *Г*

$$n_{\tau Г} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{K_\tau}{\beta\varepsilon_\tau}\tau_{aГ} + \psi_\tau\tau_{mГ}} = \frac{160}{\frac{1{,}49}{0{,}83 \cdot 0{,}65}5{,}2} = 11{,}1.$$

Общий коэффициент запаса сопротивления усталости сечения *Г*

$$n_{\Gamma} = \frac{n_{\sigma\Gamma} n_{\tau\Gamma}}{\sqrt{n_{\sigma\Gamma}^2 + n_{\tau\Gamma}^2}} = \frac{5{,}4 \cdot 11{,}1}{\sqrt{5{,}4^2 + 11{,}1^2}} = 4{,}8 > n_{adm} = 2{,}5 \div 3{,}0.$$

В сечении *Г* вал удовлетворяет условию прочности.

Сечение Б. Предел выносливости материала вала при симметричном цикле изгиба σ_{-1}= 275,2 МПа.

Момент сопротивления сечения *Б* при изгибе с учетом шпоночного паза

$$W_{иБ} = 0{,}1 d_{\text{кол}}^3 - \frac{b_{\text{ш}} t_1 (d_{\text{кол}} - t_1)^2}{2 d_{\text{кол}}} = 0{,}1 \cdot 85^3 - \frac{22 \cdot 9 (85 - 9)^2}{2 \cdot 85} = 54{,}7 \cdot 10^3 \text{ мм}^3.$$

Амплитуда цикла нормальных напряжений при изгибе

$$\sigma_{aБ} = \frac{M_{\text{сум}Б} 10^3}{W_{иБ}} = \frac{452 \cdot 10^3}{54{,}7 \cdot 10^3} = 8{,}3 \text{ МПа}.$$

Коэффициент концентрации напряжений изгиба для сечения *Б*, ослабленного шпоночным пазом, $\sigma_{\text{в}}$ = 640 МПа, K_{σ}= 1,85 (табл. П3, приложение).

Коэффициент качества при чистовой обработке поверхности вала β = 0,83 (рис. П4, приложение).

Масштабный фактор для напряжений изгиба вала при $d_{\text{кол}}$ = 85 мм ε_{σ} = 0,72 (рис. П3, приложение).

Коэффициент учета постоянной составляющей напряжений изгиба при $\sigma_{\text{в}}$ = 640 МПа ψ_{σ} = 0,05 (табл. П4, приложение).

Среднее напряжение цикла нормальных напряжений $\sigma_{mБ}$ = 0.

Коэффициент запаса сопротивления усталости по изгибу в сечении *Б*

$$n_{\sigma Б} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_{\sigma}}{\beta \varepsilon_{\sigma}} \sigma_{aБ} + \psi_{\sigma} \sigma_{mБ}} = \frac{275{,}2}{\frac{1{,}85}{0{,}83 \cdot 0{,}72} 8{,}3} = 10{,}7.$$

Предел выносливости материала вала при пульсирующем цикле касательных напряжений τ_{-1}= 160 МПа.

Полярный момент сопротивления сечения *Б* с учетом шпоночного паза

$$W_{рБ} = 0{,}2 d_{\text{кол}}^3 - \frac{b_{\text{ш}} t_1 (d_{\text{кол}} - t_1)^2}{2 d_{\text{кол}}} = 0{,}2 \cdot 85^3 - \frac{22 \cdot 9 (85 - 9)^2}{2 \cdot 85} = 116{,}1 \cdot 10^3 \text{ мм}^3.$$

Амплитуда цикла касательных напряжений и среднее напряжение

$$\tau_{aБ} = \tau_m = \frac{T_2 \cdot 10^3}{2W_{pБ}} = \frac{717{,}7 \cdot 10^3}{2 \cdot 116{,}2 \cdot 10^3} = 3{,}1 \text{ МПа.}$$

Коэффициент концентрации касательных напряжений для сечения *Б* при $\sigma_в$ = 640 МПа K_τ = 1,6 (табл. П3, приложение).

Коэффициент качества при чистовой обработке поверхности вала при $\sigma_в$ = 640 МПа β = 0,83 (рис. П4, приложение).

Масштабный фактор для касательных напряжений вала при $d_{кол}$ = 85 мм ε_τ = 0,62 (рис. П3, приложение).

Коэффициент учета постоянной составляющей касательных напряжений при $\sigma_в$ = 640 МПа ψ_τ = 0 (табл. П4, приложение).

Коэффициент запаса сопротивления усталости по кручению в сечении *Б*

$$n_{\tau Б} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{K_\tau}{\beta\varepsilon_\tau}\tau_{aБ} + \psi_\tau \tau_{mБ}} = \frac{160}{\frac{1{,}6}{0{,}83 \cdot 0{,}62}3{,}1} = 16{,}6.$$

Общий коэффициент запаса сопротивления усталости сечения *Б*

$$n_Б = \frac{n_{\sigma Б} n_{\tau Б}}{\sqrt{n_{\sigma Б}^2 + n_{\tau Б}^2}} = \frac{10{,}7 \cdot 16{,}6}{\sqrt{10{,}7^2 + 16{,}6^2}} = 8{,}9 > n_{adm} = 2{,}5 \div 3{,}0.$$

В сечении *Б* вал удовлетворяет условию прочности.

Расчёт на статическую прочность

При расчёте на статическую прочность опасное сечение вала проходит через средину подшипника 1. В этом сечении суммарный изгибающий момент максимальный, равный $M_{сум1}$ = 622,8 Н·м.

Диаметр сечения $d_п$ = 70 мм. Вал сплошной. Осевой и полярный моменты сопротивления сечения при изгибе и кручении

$$W_{и1} = 0{,}1 d_п^3 = 0{,}1 \cdot 70^3 = 34{,}3 \cdot 10^3 \text{ мм}^3, \quad W_{p1} = 0{,}2 d_п^3 = 0{,}2 \cdot 70^3 = 68{,}6 \cdot 10^3 \text{ мм}^3.$$

Напряжения изгиба и кручения в опасном сечении

$$\sigma_{и1} = \frac{M_{сум1} \cdot 10^3}{W_{и1}} = \frac{622{,}8 \cdot 10^3}{34{,}3 \cdot 10^3} = 18{,}2 \text{ МПа,}$$

$$\tau_{к1} = \frac{T_2 \cdot 10^3}{W_{p1}} = \frac{717{,}7 \cdot 10^3}{68{,}6 \cdot 10^3} = 10{,}5 \text{ МПа}.$$

Эквивалентное напряжение

$$\sigma_{экв} = \sqrt{\sigma_{и1}^2 + 3\tau_{к1}^2} = \sqrt{18{,}2^2 + 3 \cdot 10{,}5^2} = 25{,}7 \text{ МПа}.$$

Коэффициент перегрузки $k = 2$. Предел текучести материала вала $\sigma_т = 380$ МПа.

Запас статической прочности

$$n_т = \frac{\sigma_т}{k\sigma_{экв}} = \frac{380}{2 \cdot 25{,}7} = 6{,}2 > n_{т\,adm} = 1{,}2 \div 1{,}8.$$

Результаты проверочного расчёта вала на прочность приведены в табл. 8.

Эскизный чертёж вала дан на рис. 9.

Таблица 8

Результаты расчета вала на прочность

Параметр	Виды расчётов		
	сопротивление усталости		статическая прочность
	сечения, где вал ослаблен шпоночным пазом	сечения в местах ступенчатого перехода вала	сечение, где суммарный изгибающий момент максимальный
Наиболее опасное сечение вала	*Б*	*Г*	средина опоры 1
Суммарный изгибающий момент $M_{сум}$, Н·м	452	558	622,8
Коэффициент запаса сопротивления усталости по изгибу, n_σ	10,7	5,4	–
Коэффициент запаса сопротивления усталости по кручению, n_τ	16,6	11,1	–
Общий коэффициент запаса сопротивления усталости, n	8,9	4,8	–
Коэффициент запаса статической прочности	–	–	6,2

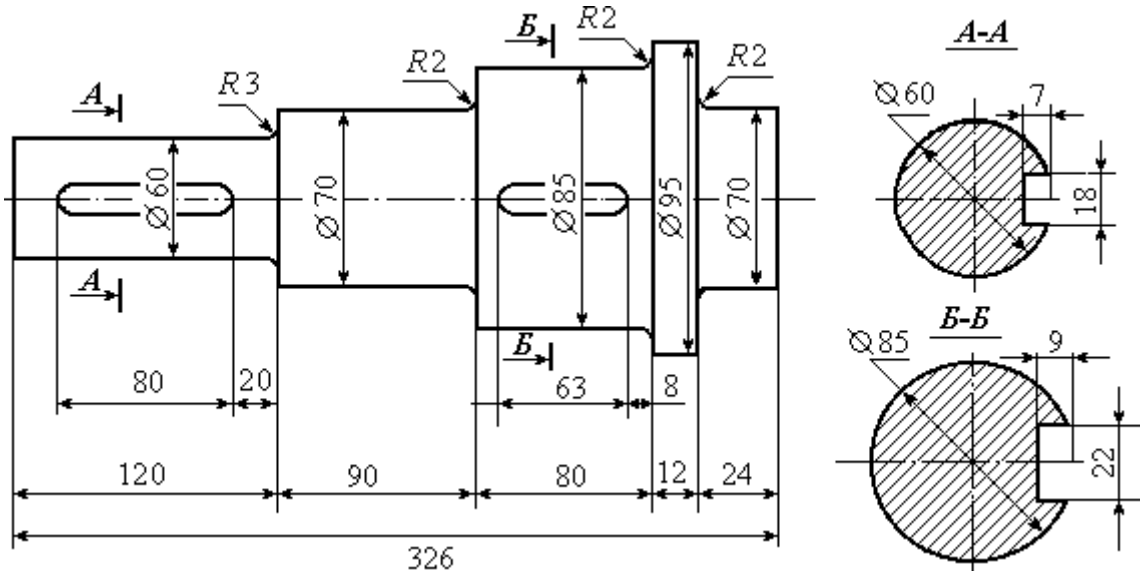
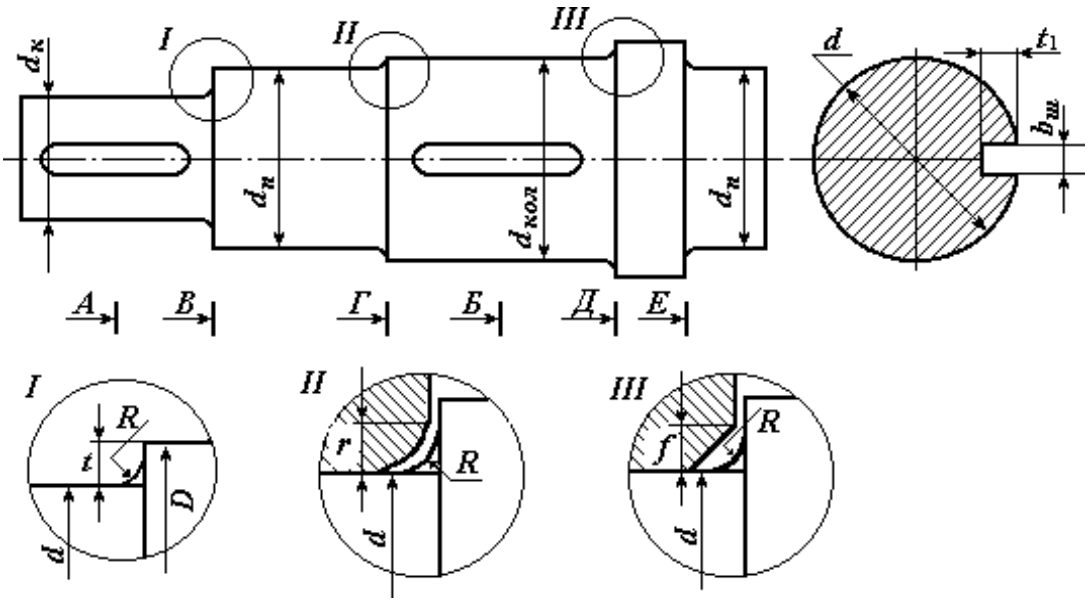


Рис. 9. Эскизный чертёж вала

ПРИЛОЖЕНИЕ

Рис. П1.



Элементы конструкций вала:
R – радиус галтели; *t* – высота ступеньки; *r* – координата фаски подшипника;
f – величина фаски ступицы

Таблица П1

Шпонки призматические (ГОСТ 23360-78)

Диаметр вала, мм	Сечение шпонки, мм			Глубина паза, мм	Диаметр вала, мм	Сечение шпонки, мм			Глубина паза, мм
d	$b_ш$	$h_ш$	$l_ш$	t_1	*d*	$b_ш$	$h_ш$	$l_ш$	t_1
17÷22	6	6	14÷70	3,5	58 ÷ 65	18	11	50÷200	7
22÷30	8	7	18÷90	4	65 ÷75	20	12	56÷220	7,5
30 ÷ 38	10	8	22÷110	5	75 ÷85	22	14	63÷250	9
38 ÷ 44	12	8	28÷140	5	85 ÷95	25	14	70÷280	9
44 ÷ 50	14	9	36÷160	5,5	95 ÷110	28	16		10
50 ÷ 58	16	10	45÷180	6	110÷130	32	18		11

Примечание. Длина шпонки $l_ш$ (мм) выбирается из стандартного ряда длин: 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63; 70; 80; 90; 100; 110; 125

Таблица П2

Значения высоты *t* ступеньки вала, координаты *r* фаски подшипника и величины *f* фаски ступицы колеса в зависимости от диаметра *d* вала, мм

d	17–24	25–30	32–40	42–50	52–60	63–70	75–85	85–95	95–105	105–115
t	2	2,2	2,5	2,8	3	3,3	3,5	3,8	4	4
r	1,6	2	2,5	3	3	3,5	3,5	4	4	4
f	1	1	1,2	1,6	2	2	2	2,2	2,6	2,6

Таблица П3

Эффективные коэффициенты концентрации напряжений для сечений валов, ослабленных шпоночными пазами

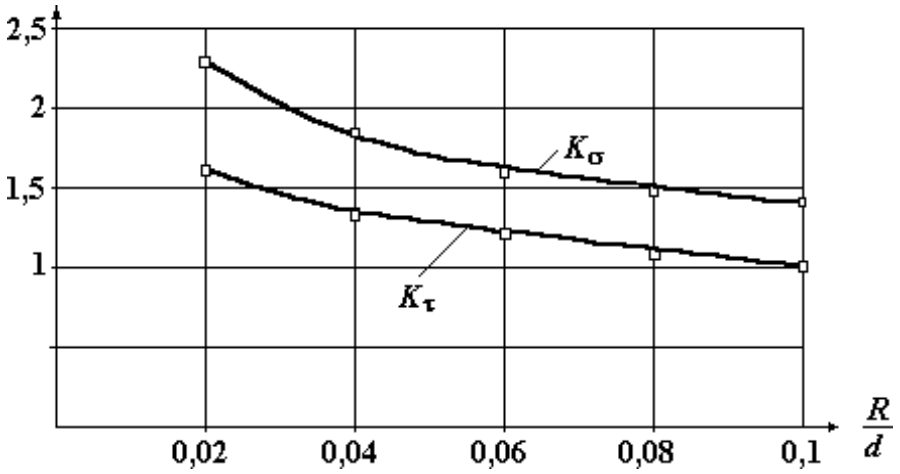
$\sigma_в$, МПа	500	700	900
K_σ	1,6	1,9	2,15
K_τ	1,4	1,7	2,05

Таблица П4

Коэффициенты чувствительности асимметрии цикла

$\sigma_в$, МПа	350 – 520	520 – 720	720 – 1000	1000 – 1200
ψ_σ	0	0,05	0,1	0,2
ψ_τ	0	0	0,05	0,1

Рис. П2. Эффективные коэффициенты концентрации напряжений K_σ и K_τ в зависимости от отношения радиуса галтели к диаметру вала



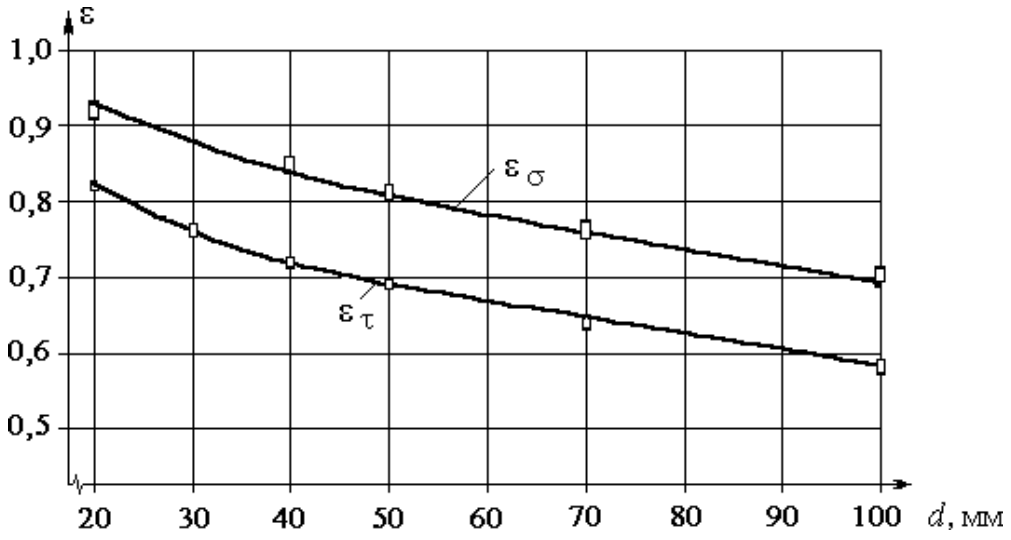


Рис. П3. Зависимость значений масштабных факторов ε_σ и ε_τ от диаметра вала

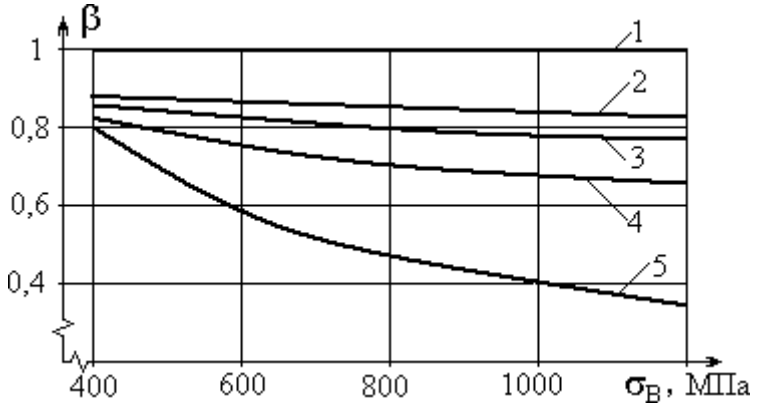


Рис. П4. Зависимость коэффициента β качества обработки поверхности от предела выносливости материала и вида обработки:

1 – полированная поверхность; 2 – шлифование; 3 – тонкая (чистовая) обработка; 4 – грубое точение; 5 – окалина

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Афанасьев А. И., Ляпцев С. А. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин. – Екатеринбург: Изд–во УГГУ, 2005.

Дунаев П. Ф., Леликов О. П. Конструирование узлов и деталей машин: учебн. пособие для студ. техн. спец. вузов. – М.: Изд. центр «Академия», 2003. – 496 с.

Краснов М. М., Вереина Л. И. Техническая механика. М.: – Academia, 2010. – 288 с.

Левитский И. И. Теория механизмов и машин. – М.: Высшая школа, 2007.

Мокрушин Н. В., Ляпцев С. А. Лекции по сопротивлению материалов. – Екатеринбург: Изд–во УГГУ, 2012.

Сопротивление материалов в примерах и задачах. *Под ред*. *Мокрушина Н. В.*– Екатеринбург: Изд–во УГГУ, 2010.

Олофинская В. П. Техническая механика. – М.: Форум, 2009.

Смеляпин А. И. Теория механизмов и машин. – М.: Инфра, 2009.

Степин П. А. Сопротивление материалов. – М.: Лань, 2010.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Б1.В.08 ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Технологическая безопасность и горноспасательное дело

Авторы: Котельников А.П, к.т.н., доц.

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией
Технической механики	Горнотехнологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____ *(подпись)*	Председатель _____ *(подпись)*
Волков Е.Б.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 15.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

Методические указания адресованы студентам, обучающимся по направлению подготовки 21.05.04 Горное дело, и призваны обеспечить эффективную самостоятельную работу по курсу «Прикладная механика».

Форма контроля самостоятельной работы студентов – проверка на практическом занятии, расчетно-графическая работа, зачет.

ФОРМЫ И СОДЕРЖАНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (опыта деятельности), характеризующие формирование компетенций

Ознакомление обучающихся с процедурой и алгоритмом оценивания (в начале изучения дисциплины).

Проверка ответов на задания, выполненных работ.

Сообщение результатов оценивания обучающимся, обсуждение результатов. Оформление необходимой документации.

1. ШПОНОЧНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Шпоночные и шлицевые соединения служат для закрепления деталей на осях и валах и передачи крутящего момента от вала к ступице детали или наоборот, от ступицы к валу.

Рабочими гранями призматических и сегментных шпонок служат их боковые, более узкие грани. На боковых гранях возникают напряжения смятия $\sigma_{см}$, а в продольном сечении шпонки – напряжения среза $\tau_{ср}$.

Условие прочности на смятие для призматических шпонок (рис. 1):

$$\sigma_{см} = \frac{4 \cdot T}{d \cdot h \cdot l_{раб}} \le [\sigma_{см}],$$

условие прочности шпонки на срез:

$$\tau_{ср} = \frac{2 \cdot T \cdot 10^3}{d \cdot b \cdot l_{раб}} \le [\tau_{ср}],$$

где T – крутящий момент на валу; d – диаметр вала; h – высота шпонки; b – ширина шпонки; $l_{раб}$ – рабочая длина призматической шпонки.

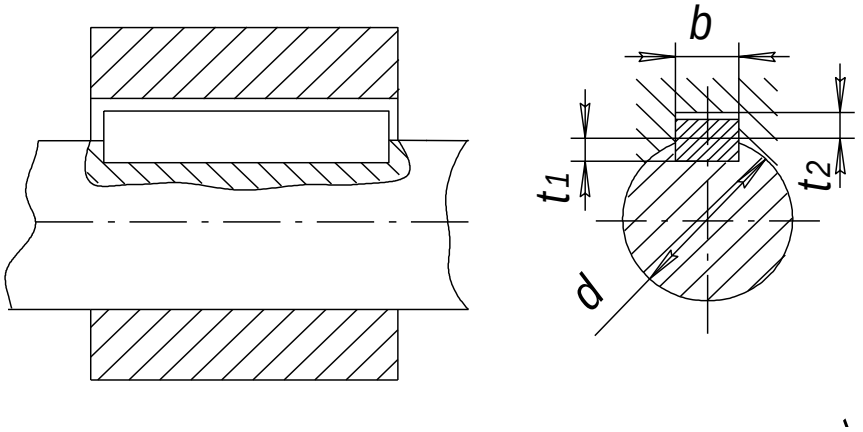


Рис. 1. Шпоночное соединение

Для неподвижных шпоночных соединений допускают:
при переходных посадках $[\sigma_{см}] = 80...150$ МПа; при посадках с натягом $[\sigma_{см}] = 110...200$ МПа. Меньшие значения для чугунных ступиц и при резких изменениях нагрузки. В подвижных соединениях (в осевом направлении) $[\sigma_{см}] = 20...30$ МПа. Допускаемые напряжения на срез шпоночных соединений $[\tau_{ср}] = 60...90$ МПа.

Допускаемое напряжение смятия в неподвижных шлицевых соединениях при тяжёлых условиях эксплуатации $[\sigma_{см}] = 35...50$ МПа.

Задача № 1

Для вала диаметром 60 мм подобрать размеры призматической шпонки с закругленными концами. Определить, какой момент может передавать эта шпонка. Принять длину шпонки $l = 1{,}3 \cdot d$; $[\sigma_{см}] = 80$ МПа.

Решение

По рекомендации вычисляем предварительную длину шпонки $l = 1{,}3 \cdot 60 = 78{,}0$ мм. .

По ГОСТу 23360-78 принимаем $l = 80$ мм и выбираем размеры сечения шпонки высота h=11 мм; ширина b=18 мм в соответствии с диаметром вала d=60 мм (табл.П.1). Рабочая длина шпонки

$$l_{раб} = l - b. \qquad (1)$$

Запишем условие прочности на смятие

$$\sigma_{см} = \frac{4 \cdot T}{d \cdot h \cdot l_{раб}} \le [\sigma_{см}] \ , \qquad (2)$$

откуда определяем крутящий момент

$$T \le \frac{[\sigma_{см}] \cdot d \cdot h \cdot l_{раб}}{4 \cdot 10^3} = \frac{80 \cdot 60 \cdot 11 \cdot (80 - 18)}{4 \cdot 10^3} = 818 \ \text{Н} \cdot \text{м}.$$

Задача № 2

Выбрать по ГОСТу призматическую шпонку для соединения шестерни с валом диаметром 35 мм (рис.1), передаваемый момент равен $150 Н \cdot м$. Выполнить полную проверку соединения на прочность.

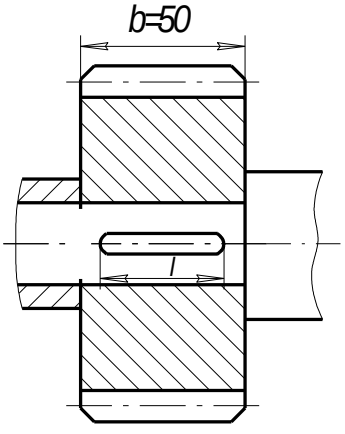


Рис. 2. Соединение к задаче 2

Решение

По ГОСТу 23360-78 выбираем сечение шпонки h=8 мм; b=10 мм. Из конструктивных соображений длину шпонки l принимаем на 5─10 мм меньше ширины зубчатого венца шестерни b_w=50 мм, поэтому l =45 мм. Итак, размеры шпонки по ГОСТ $10 \times 8 \times 45$ мм.

Проверим прочность шпонки на смятие:

$$\sigma_{см} = \frac{4 \cdot T}{d \cdot h \cdot l_{раб}} = \frac{4 \cdot 150 \cdot 10^3}{35 \cdot 8 \cdot (45 - 10)} = 61{,}2 \ \text{МПа} < 80 \ \text{МПа}, \quad (3)$$

где $[\sigma_{см}] = 80$ МПа .

Проверим шпонку на срез:

$$\tau_{ср} = \frac{2 \cdot T \cdot 10^3}{d \cdot b \cdot l_{раб}} = \frac{2 \cdot 150 \cdot 10^3}{35 \cdot 10 \cdot (45 - 10)} = 24{,}5 \ \text{МПа} < 60 \ \text{МПа}, \quad (4)$$

где $\lfloor \tau_{ср} \rfloor = 60$ МПа . Условия прочности выполнены.

Задача № 3

Зубчатое колесо, рассчитанное для передачи окружного усилия $F_t = 6кН$, соединено с валом призматической шпонкой (рис.3). Проверить шпоночное соединение на прочность.

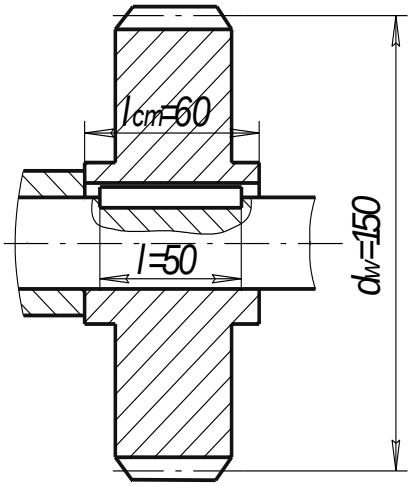
Решение

Определяем крутящий момент на валу, передаваемый цилиндрическим зубчатым колесом, Н·м:

$$T = \frac{F_t \cdot d_w}{2} = \frac{6 \cdot 10^3 \cdot 150 \cdot 10^{-3}}{2} = 450 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Диаметр вала определяем из условия прочности вала:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{T}{0{,}2[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{450 \cdot 10^3}{0{,}2 \cdot 15}} = 53{,}1 \text{ мм}, \quad (5)$$



где [τ] – пониженное напряжение на кручение, обычно принимают для редукторных и аналогичных валов [τ] = (12…15) МПа.

Округляем по ряду Ra 40 диаметр вала *d*=56 мм.

Размеры шпонки выбираем по ГОСТу 23360-78 $16 \times 10 \times 50$ (по табл. П. 1).

Проводим проверку шпонки на смятие:

$$\sigma_{см} = \frac{4 \cdot T}{d \cdot h \cdot l_{раб}} = \frac{4 \cdot 450 \cdot 10^3}{56 \cdot 10 \cdot (50 - 16)} = 94{,}5 \text{ МПа}. \quad (6)$$

Поскольку $\sigma_{см} = 94{,}5 \text{ МПа} < [\sigma_{см}] = 200 \text{ МПа}$, условие прочности соблюдается, так как посадка колеса на вал с натягом.

Рис.3. Соединение к задаче 3

Задача № 4

Втулочная муфта, соединяющая два вала, установлена на сегментных шпонках (рис. 4). Соединение с натягом. Подобрать размеры шпонки и проверить соединение на срез и смятие. Расчетный момент определить из условия прочности вала на кручение, при допускаемом напряжении на кручение $[\tau_{КР}] = 25МПа$, ослабление вала шпоночной канавкой не учитывать.

Решение

Условие прочности вала на кручение:

$$\tau_{кр} = \frac{T}{0{,}2 \cdot d^3} \leq [\tau_{кр}], \quad (7)$$

откуда вычисляем крутящий момент

$$T \le \frac{[\tau_{кр}] \cdot 0{,}2 \cdot d^3}{10^3} = \frac{25 \cdot 0{,}2 \cdot 38^3}{10^3} = 274\,\text{Н} \cdot \text{м}\ .$$

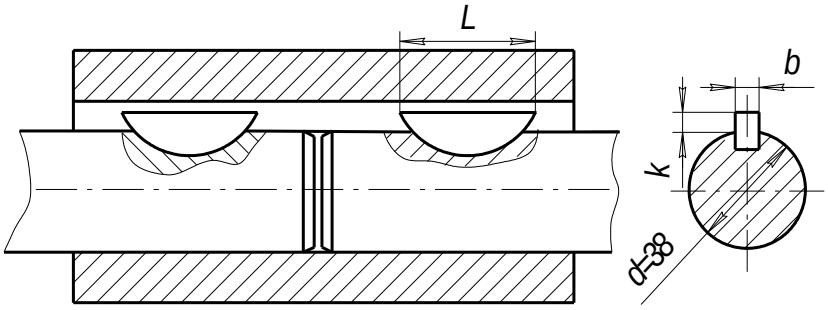


Рис. 4. Соединение к задаче 4

Размеры шпонки выбираем по ГОСТ 24071-80: высота h=13 мм; ширина b=10 мм; D=32 мм; глубина врезания t_1=10 мм; t_2 = 3,3 мм (далее в формуле $k = t_2$) см. табл. П. 2. Проверяем подобранную шпонку на смятие

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot T}{d \cdot k \cdot L} = \frac{2 \cdot 274 \cdot 10^3}{38 \cdot 3{,}3 \cdot 32} = 137\,\text{МПа}, \qquad (8)$$

где длина шпонки $L \approx D \approx 32$ мм.

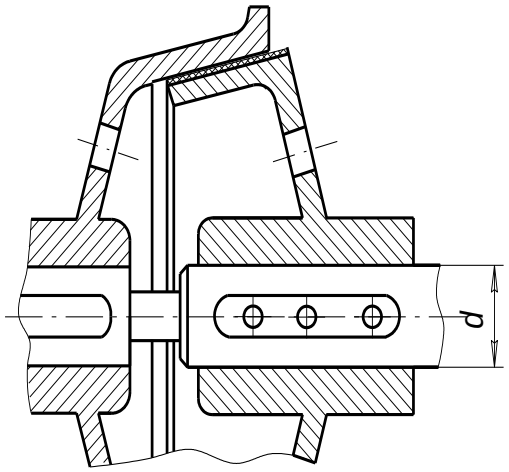
Поскольку $\sigma_{см} = 137\,\text{МПа} < [\sigma_{см}] = 200\,\text{МПа}$, то далее проверяем шпонку на срез

$$\tau_{ср} \approx \frac{2 \cdot T}{d \cdot b \cdot L} \approx \frac{2 \cdot 274 \cdot 10^3}{38 \cdot 10 \cdot 32} \approx 45\,\text{МПа} < 60\ \text{МПа}. \qquad (9)$$

Отмечаем, что соединение с натягом является прочным.

Задача № 5

Определить рабочую длину и сечение призматической шпонки вала конической фрикционной муфты (рис. 5.) по следующим данным: d=45 мм; материал сталь 50. Материал муфты – чугун СЧ18. Момент, передаваемый муфтой, равен $T = 345\,\text{Н} \cdot \text{м}$. Перемещение муфты производится под нагрузкой, вал работает с незначительными толчками, $[\sigma_{см}] = 40\,\text{МПа}$.



Решение

По ГОСТу 23360-78 выбираем сечение шпонки 14х9 мм, где b=14 мм; h=9 мм; t_1=5,5 мм; t_2 = 3,8 мм; (табл. П.1).

Условие прочности на смятие:

Рис. 5. Муфта коническая

$$\sigma_{CM} = \frac{4 \cdot T \cdot 10^3}{d \cdot h \cdot l_{РАБ}} \le [\sigma_{CM}], \qquad (10)$$

откуда определяем рабочую длину шпонки $l_{раб} \ge \frac{4 \cdot T \cdot 10^3}{d \cdot h \cdot [\sigma_{см}]} = \frac{4 \cdot 345 \cdot 10^3}{45 \cdot 9 \cdot 40} = 85{,}2$ мм.

Вычисляем предварительно длину призматической шпонки $l = l_{раб} + b = 85{,}2 + 14 = 99{,}2$ мм и принимаем по ГОСТ окончательно l =100 мм.

2. ШЛИЦЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Задача № 6

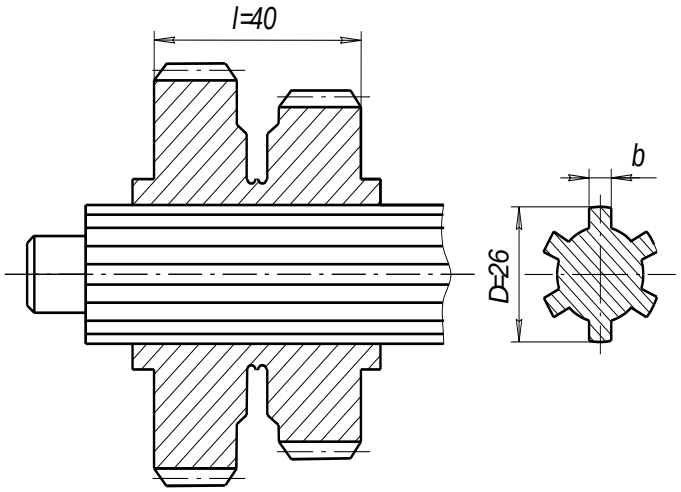


Рис. 6. Шлицевое соединение

Проверить зубчатое (шлицевое) прямобочное соединение блока шестерен с валиком (рис. 6) коробки передач токарного станка по следующим данным: материал вала – сталь 45, число зубьев (шлицов) $z = 6$. Передаваемый момент T= 100 Н·м. Блок шестерен из стали 40, переключение не под нагрузкой. Рабочая поверхность шлицов термически обработана и шлифована.

Условия эксплуатации средние.

Решение

По заданному наружному диаметру D=26 мм выбираем по табл. П.3 легкую серию с размерами: b =6 мм, c =0,3 мм, l =40 мм, d =23 мм, z = 6.

Проверяем соединение на смятие:

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot T}{d_{ср} \cdot k_з \cdot z \cdot h \cdot l} \le [\sigma_{см}], \qquad (11)$$

где $d_{ср} = \frac{D + d}{2} = \frac{26 + 23}{2} = 24{,}5$ мм; $k_з = 0{,}7 \ldots 0{,}8$; принимаем $k_з = 0{,}75$;

$h = \frac{D - d}{2} - 2 \cdot c = \frac{26 - 23}{2} - 2 \cdot 0{,}3 = 0{,}9$ мм; $[\sigma_{см}] = 45$ МПа;

$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot 100 \cdot 10^3}{24{,}5 \cdot 0{,}75 \cdot 6 \cdot 0{,}9 \cdot 40} = 50{,}4$ МПа > 45 МПа, из этого следует, что легкая серия не подходит, а значит выбираем среднюю. Для средней серии: D=2 мм, b =6 мм, c =0,3 мм, l =40 мм, d =23 мм, z = 6.

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot 100 \cdot 10^3}{25{,}5 \cdot 0{,}75 \cdot 6 \cdot 1{,}9 \cdot 40} = 22{,}9 \text{ МПа}, \quad \text{где} \quad d_{ср} = \frac{D+d}{2} = \frac{28+23}{2} = 25{,}5 \text{ мм};$$

$$h = \frac{D-d}{2} - 2 \cdot c = \frac{28-23}{2} - 2 \cdot 0{,}3 = 1{,}9 \text{ мм}; \quad \sigma_{см} = 22{,}9 \text{ МПа} < 45 \text{ МПа},$$

следовательно, средняя серия удовлетворяет условию прочности.

3. СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Сварка – это технологический процесс соединения металлических деталей при сильном местном нагреве их до расплавленного или пластического состояния с применением давления. Затвердевший после сварки металл называется сварным швом. Прочность соединения зависит от однородности и непрерывности материала сварного шва и окружающей его зоны.

Наибольшее распространение получили следующие виды сварки: электродуговая ручная, автоматическая дуговая под слоем флюса, контактная (оплавленная, точечная, шовная, трением). Электрошлаковая сварка предназначена для соединения деталей большой толщины и для чугунных отливок.

Все виды контактной сварки высокопроизводительны, их широко применяют в массовом производстве для сварки труб, арматуры, кузовов автомашин, металлической обшивки железнодорожных вагонов, корпусов самолетов, тонкостенных резервуаров и т. д.

В зависимости от толщины свариваемых дуговой сваркой деталей требования к форме кромок различны: края тонких листов до 3 мм загибают, кромки листов толщиной от 8 до 20 мм при автоматической сварке выполняют прямыми, а при большей толщине деталей делают скошенные края под углом 60 градусов.

По сравнению с клёпаными и литыми конструкциями сварные обеспечивают существенную экономию металла и значительно снижают трудоемкость процесса изготовления. Поэтому сварные конструкции в большинстве случаев гораздо дешевле клепаных и литых. Применение сварки особенно целесообразно при изготовлении конструкций сложной формы, отдельные детали которых получают прокаткой, ковкой, штамповкой и отливкой.

К недостаткам сварных конструкций относятся: появление остаточных напряжений в свариваемых элементах после окончания процесса сварки, коробление, плохое восприятие переменных и особенно вибрационных нагрузок, сложность и трудоемкость контроля качества сварных швов.

Конструкции и расчет на прочность. Сварные соединения относятся к неразъёмным. По взаимному расположению элементов их можно разделить на следующие группы: стыковые, угловые, нахлесточные и тавровые.

Сварной шов стыкового соединения называется стыковым швом, а сварной шов углового, нахлесточного или таврового соединений – угловым швом.

Стыковые швы рассчитывают:

на растяжение $\sigma_р = \dfrac{F}{b \cdot \delta} \le [\sigma']_р$; (12)

и на сжатие $\sigma_{сж} = \dfrac{F}{b \cdot \delta} \le [\sigma']_{сж}$; (13)

а также на изгиб $\sigma = \dfrac{M}{W} = \dfrac{M \cdot 6}{b \cdot \delta^2}$, (14)

где F – внешняя нагрузка; $[\sigma'_р]$ – допускаемое напряжение сварного шва при растяжении, пишется со штрихом и вычисляется по формуле: $[\sigma'_р] = (0{,}9...1{,}0) \cdot [\sigma_р]$; $[\sigma_р]$ – допускаемое напряжение при растяжении для материала деталей; b - длина сварного шва; δ – толщина деталей; M – изгибающий момент в плоскости сечения; W – момент сопротивления расчетного сечения шва.

Угловые швы имеют следующие основные геометрические характеристики – катет k и высоту h ; для нормального шва $h = k \sin 45 = 0{,}7k$ (рис. 7).

В зависимости от расположения швы различают: фланговые, лобовые и косые.

Лобовой шов расположен перпендикулярно линии действия нагружающей силы, а фланговый - параллельно. Обычно применяют комбинированные сварные швы в соединениях.

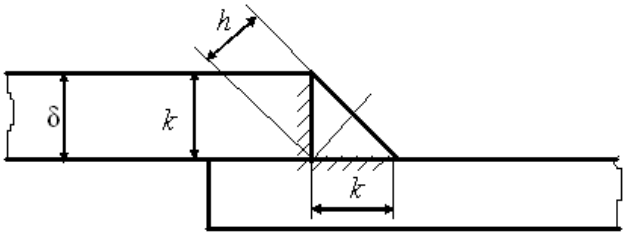


Рис. 7. Угловой шов

Условие прочности флангового шва записывается в виде:

$$\tau = \frac{F}{0{,}7k_1 \cdot 2l} \le [\tau'] \quad (15)$$

где $[\tau']$- допускаемое напряжение в сварном шве при срезе.

Для сравнительно коротких швов, если соединение нагружено парой сил с моментом Т, касательные напряжения определяется в виде

$$\tau = \frac{T}{0{,}7klb} \le [\tau'], \quad (16)$$

Если одна из соединяемых деталей асимметрична, например, к листу приварен уголок, то расчет прочности производят с учетом нагрузки, воспринимаемой каждым швом и распределяемой по швам обратно пропорционально плечам a_1 и a_2 (рис. 8).

При этом напряжения в обоих фланговых швах определяются:

$$\tau = \frac{F}{0{,}7k(l_1 + l_2)} \le \left[\tau'\right] \qquad (17)$$

и длина каждого шва находится обратно пропорционально плечам: $\frac{l_1}{l_2} = \frac{a_2}{a_1}$.

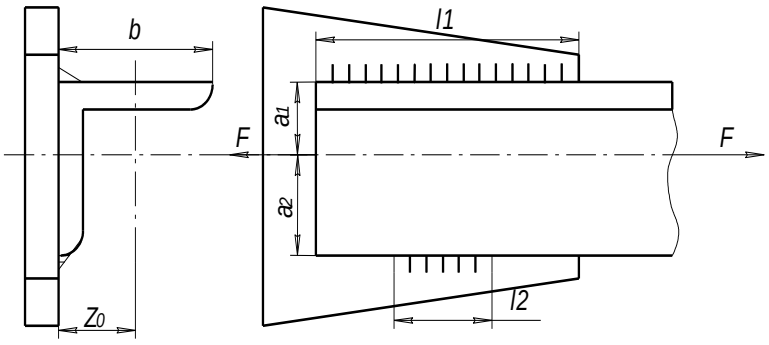


Рис. 8. Фланговый шов асимметричной детали

Л о б о в ы е ш в ы

Лобовые швы рассчитывают только по касательным напряжениям, действующим в плоскости биссектрисы m-m:

$$\tau = \frac{F}{0{,}7kl} \le \left[\tau'\right] \qquad (18)$$

Если соединение нагружено парой сил с моментом Т, то условие прочности:

$$\tau_c = \frac{T}{W} = \frac{6T}{0{,}7klb^2} \le [\tau'_c]. \qquad (19)$$

При сложном напряженном состоянии растяжения (или сжатия) с изгибом прочность соединения определяют по формулам:

для соединений встык, выполненных стыковым швом

$$\sigma_p = \frac{F}{b \cdot \delta} + \frac{6M}{b \cdot \delta^2} \le \left[\sigma'_p\right] \qquad (20)$$

для нахлёсточных соединений, выполненных угловыми швами

$$\tau_c = \frac{6M}{0{,}7k \cdot 2l^2} + \frac{F}{0{,}7k \cdot 2l} \le [\tau'_c]. \qquad (21)$$

Для решения задач приведены физико-механические свойства некоторых сталей (табл. 1).

Таблица 1

Физико-механические свойства некоторых материалов

Марка стали	Предел прочности $\sigma_в$, МПа	Предел текучести $\sigma_т$, МПа	Предел выносливости σ_{-1}, МПа

Ст 3 и 10	340	200	160
Сталь 20	400	240	170
Сталь 35	500	300	180
Сталь 45	600	360	240
Сталь 35 Х	800	640	280
Сталь 30ХГСА	1000	900	300

Допускаемые напряжения сварных швов зависят от вида шва, способа сварки, марки электродов и характера нагрузки (табл.2.).

Таблица 2

Допускаемые напряжения в сварных швах

Вид технологического процесса сварки	Допускаемые напряжения в швах при		
	Растяжении $[\sigma']_P$	Сжатии $[\sigma']_{СЖ}$	Срезе $[\tau']$
Автоматическая под флюсом, ручная электродами Э42А и Э50А, контактная стыковая	$[\sigma]_P$	$[\sigma]_P$	$0{,}65[\sigma]_P$
Ручная дуговая электродами Э42 и Э50, газовая сварка	$0{,}9[\sigma]_P$	$[\sigma]_P$	$0{,}6[\sigma]_P$
Контактная точечная и шовная	-	-	$0{,}5[\sigma]_P$

Примечание. $[\sigma]_р = \sigma_T / s$ - допускаемое напряжение на растяжение для материала соединяемых деталей при статических нагрузках. Для металлических конструкций запас прочности s =1,4…1,6.

Задача №7

Проверить прочность соединения двух стальных листов толщиной $\delta = 10$ мм, шириной $b = l = 200$ мм , нагруженных силой $F = 140$ кН. Материал – сталь Ст5 ($\sigma_т = 200$ МПа).

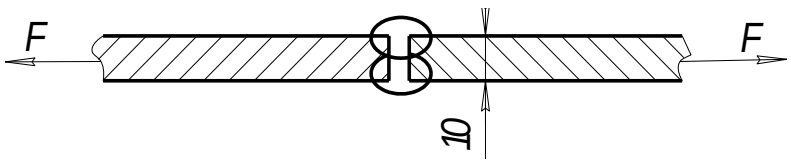


Рис. 9. Сварное соединение к задаче 7

Решение

Определяем допускаемое напряжение в материале

$$[\sigma]_р = \sigma_т / s = \frac{200}{1{,}5} = 133 \text{ МПа}.$$

Определяем допускаемое напряжение в сварном шве по табл. 2:
$\lfloor\sigma'\rfloor_{\text{р}} = 0{,}9 \cdot 133 = 120$ МПа.

Запишем условие прочности сварного шва

$$\sigma'_{\text{р}} = \frac{F}{\delta \cdot l} \le \lfloor\sigma'\rfloor_{\text{р}} \qquad (22)$$

и вычислим

$$\sigma'_{P} = \frac{140 \cdot 10^{3}}{200 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^{-3}} = 70 \cdot 10^{6}\,Па = 70МПа < 120МПа$$

Значит, соединение прочное.

Задача № 8

Две полосы из стали Ст3 шириной 200 мм и толщиной 12 мм соединены сварным швом и нагружены силами F (рис. 8).Материал листов – сталь Ст3, для которой $\lfloor\sigma_{p}\rfloor = 160МПа$. Требуется определить допускаемые значения силы для следующих вариантов выполнения шва:

а) ручная сварка электродом Э42;

б) сварка автоматическая под слоем флюса.

Для каждого из указанных вариантов определить процент использования основного материала конструкции.

Решение

а) Определяем допускаемое напряжение в сварном шве:

б) $[\sigma'] = 0{,}9 \cdot \lfloor\delta_{p}\rfloor = 0{,}9 \cdot 160 = 144МПа$ - по табл. 2;

Из условия прочности $\sigma_{\text{р}} = \frac{F}{b \cdot \delta} \le [\sigma'_{\text{р}}]$ (23)

определяем усилие: $F \ge b \cdot \delta \cdot [\sigma'] = 200 \cdot 10^{-3} \cdot 12 \cdot 10^{-3} \cdot 144 \cdot 10^{6} = 346кН$. (24)

Использовано только 90% основного материала.

б) Определяем допускаемое напряжение в сварном шве:
$[\sigma'] = \lfloor\delta_{p}\rfloor = 160МПа$

определяем усилие: $F \ge A \cdot [\sigma'] = 200 \cdot 10^{-3} \cdot 12 \cdot 10^{-3} \cdot 160 \cdot 10^{6} = 384кН$.

Используется 100% основного материала.

Задача №9

Определить длины сварных швов, соединяющих уголок с косынкой. Сварка ручная электродом Э42. Катет швов равен толщине полки уголка №10. Материал сталь 35.

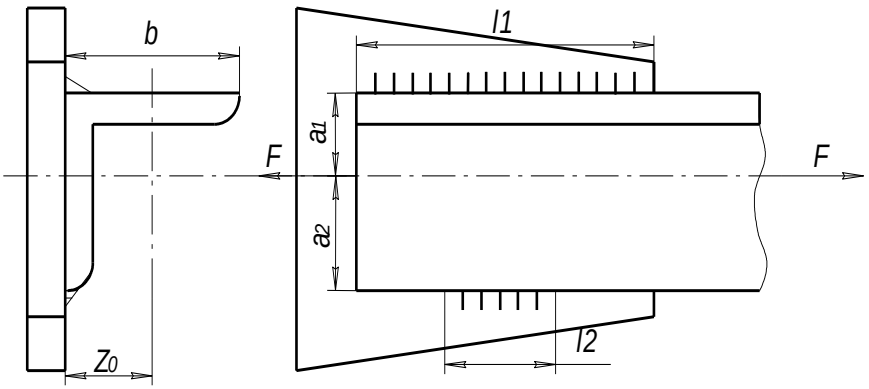


Рис.10. Сварное соединение задаче 9

Решение

Определяем допускаемое напряжение в материале:

$$[\sigma_p]=\frac{\sigma_T}{S}=\frac{300}{1{,}5}=200\ МПа\cdot$$

Определяем допускаемое напряжение в сварном шве (по табл. 2):

$$[\tau'_C]=0{,}6\cdot[\sigma_p]=0{,}6\cdot 200=120 МПа$$

По справочнику [6] для уголка № 10 определяем размеры: ширина полки $b=100мм$; толщина полки $t=10мм$; расстояние от полки до центра тяжести $z_0=28{,}3мм$; площадь $A=1920мм^2$; $a_1=28{,}3мм$; $a_2=b-z_0=100-28{,}3=71{,}7мм$.

Исходя из прочности уголка $\sigma_p=\frac{F}{A}\le[\sigma_p]$,

определяем допускаемую силу $F\le A\cdot[\sigma_p]=1920\cdot10^{-6}\cdot200\cdot10^6=384\cdot10^3 H=384\,кН$.

Составляем условие прочности для сварного шва:

$$\tau=\frac{F}{0{,}7K\cdot l_\Sigma}\le[\tau'_C], \qquad (25)$$

откуда определяем суммарную длину сварного шва (l_Σ)

$$l_\Sigma\ge\frac{F}{0{,}7k\cdot[\tau'_C]}=\frac{384\cdot10^3}{0{,}7\cdot10^{-2}\cdot120\cdot10^6}=457\cdot10^{-3}\text{м}\cdot$$

Решаем систему уравнений $\frac{l_1}{l_2}=\frac{a_2}{a_1}=\frac{71{,}7}{28{,}3}=2{,}53$; (26)

$$l_1+l_2=l_\Sigma. \qquad (27)$$

Из уравнения (26) $l_1=2{,}53\cdot l_2$;

подставляем в уравнение (27) $2{,}53\cdot l_2+l_2=457$ мм;

далее вычисляем $l_2=\frac{457}{3{,}53}=129$ мм; $l_1=l_\Sigma-l_2=455-129=328$ мм.

Ответ: $l_1=328$ мм; $l_2=129$ мм.

Задача № 10

Проверить прочность сварных швов, соединяющих диск с зубчатым ободом и

диск со ступицей диаметром 120 мм. Катеты сварных швов $k_1 = 4$ мм, $k_2 = 6$ мм. Передаваемая мощность $P = 18$ кВт и угловая скорость зубчатого колеса $\omega = 3\ ^{рад}/_{с}$. Диаметры $d_2 = 120$ мм; $D_1 = 450$ мм. Допускаемое напряжение $[\sigma_р] = 200$ МПа.

Решение

Определяем допускаемое напряжение в сварном шве (по табл. 2): $[\tau'_с] = 0{,}6 \cdot [\sigma_р] = 0{,}6 \cdot 200 = 120$ МПа.

Определяем крутящий момент, передаваемый зубчатым колесом:

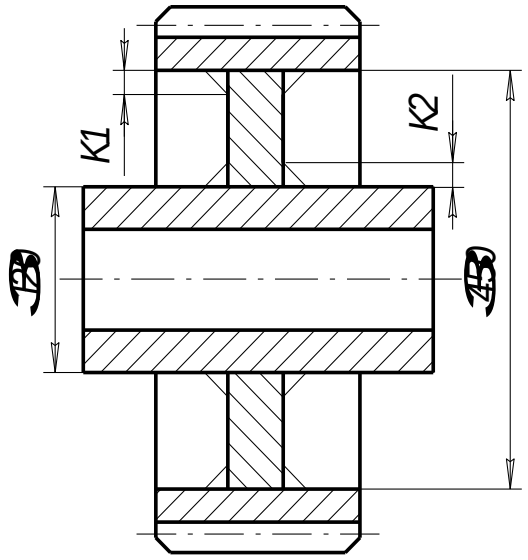


Рис.11. Сварное зубчатое колесо

$$T = \frac{P \cdot 10^3}{\varpi} = \frac{18 \cdot 10^3}{3} = 6 кН \cdot м.$$

Условия прочности для двухстороннего сварного шва 1 между диском и зубчатым ободом: $\tau'_1 = \frac{F_1}{0{,}7K_1 \cdot 2\pi D_1} \le [\tau']$, (28)

где $F_1 = \frac{2T}{D_1} = \frac{2 \cdot 6000}{450 \cdot 10^{-3}} = 26{,}7 кН$;

$$\tau'_1 = \frac{26{,}7 \cdot 10^3}{0{,}7 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 3{,}14 \cdot 450 \cdot 10^{-3}} = 3{,}37 \cdot 10^6 \text{ Па} = 3{,}37 \text{ МПа};$$

соединение прочное, так как 3,37 МПа <

Условия прочности для сварного шва 2 между диском и ступицей:

$$\tau'_2 = \frac{F_2}{0{,}7k_2 \cdot 2\pi \cdot d_2} \le [\tau'], \quad (29)$$

где $F_2 = \frac{2 \cdot T}{d_2} = \frac{2 \cdot 6000}{120 \cdot 10^{-3}} = 100$ кН;

$$\tau'_2 = \frac{100 \cdot 10^3}{0{,}7 \cdot 6 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 3{,}14 \cdot 120 \cdot 10^{-3}} = 31{,}6 \text{ МПа}.$$

Напряжение 31,6 МПа<120 МПа, следовательно, соединение прочное.

Задача № 11

Рассчитать сварное соединение листа 1 с уголком 2. Заданы действующее усилие Q = 11 кН; расстояние от сварного шва до точки приложения усилия *a* = 15см, сварные швы выполнены с обеих сторон. Материал свариваемых деталей сталь 35. Вид сварки принять самостоятельно.

Решение

Определяем допускаемое напряжение в материале:

$$\left[\sigma_{\text{р}}\right]=\frac{\sigma_{\text{т}}}{S}=\frac{300}{1{,}5}=200\ \ \text{МПа}\ .$$

Определяем допускаемое напряжение в сварном шве (по табл. 2):

$$\left[\tau'_{\text{с}}\right]=0{,}6\cdot\left[\sigma_{\text{р}}\right]=0{,}6\cdot 200=120\ \text{МПа}\ .$$

Переносим силу *Q*, действующую на уголок 2, к центру сварного шва и уравновешиваем её. Таким образом получаем, что на сварной шов действует сила *Q* и изгибающий момент *M*.

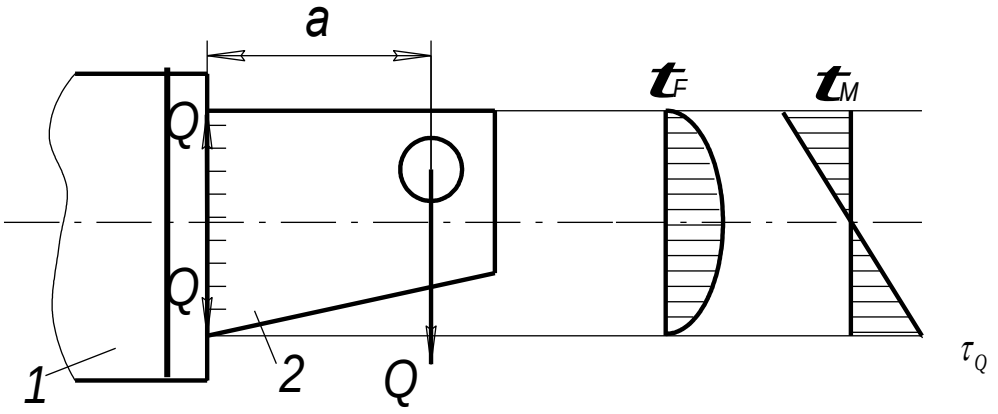


Рис. 12. Сварное соединение листа с уголком и эпюрами напряжений

При нагружении силой и изгибающим моментом прочность соединения определяем по формуле:

$$\tau_{\text{общ}}=\tau_{\text{Q}}+\tau_{\text{М}}\le\left[\tau'\right],\qquad(30)$$

где τ_{Q} – касательное напряжение от силы;

$\tau_{\text{М}}$ – касательное напряжение от изгибающего момента.

Поскольку в верхней точке сварного шва $\tau_{\text{Q}}=0$, то

$$\tau_{\text{общ}}=\tau_{\text{М}}=\frac{M}{W}\ .\qquad(31)$$

Вычисляем изгибающий момент

$$M=\text{Q}\cdot a=11\cdot 10^{3}\cdot 15\cdot 10^{-2}=1650\ \text{Н}\cdot\text{м}\ .\qquad(32)$$

Момент сопротивления сечения определяется по формуле:

$$W=\frac{0{,}7\kappa l^{2}}{6}\ .\qquad(33)$$

Определяем общее касательное напряжение по формуле:

$$\tau_{\text{общ}}=\frac{M\cdot 6}{2\cdot 0{,}7\kappa l^{2}}=\frac{6\cdot 1650}{2\cdot 0{,}7\kappa l^{2}}\le[\tau'].\qquad(34)$$

Пусть катет сварного шва k =3 мм. Тогда определяем длину сварного шва из формулы (34):

$$l \geq \sqrt{\frac{M \cdot 6}{2 \cdot 0{,}7 \cdot k \cdot [\tau']}} = \sqrt{\frac{1650 \cdot 6}{2 \cdot 0{,}7 \cdot 3 \cdot 10^{-3} \cdot 120 \cdot 10^{+6}}} = 0{,}141\,\text{м} = 141\,\text{мм}.$$

Окончательно $l = 141$ мм.

4. РЕЗЬБОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Соединения деталей с помощью болтов, винтов и винтовых стяжек относятся к резьбовым соединениям. Соединения деталей с помощью болтов, винтов и винтовых стяжек относятся к резьбовым соединениям (рис.13).

Резьба – выступы, образованные на основной поверхности винтов и гаек и расположенные по винтовой линии.

По форме основной поверхности различают цилиндрические и конические резьбы.

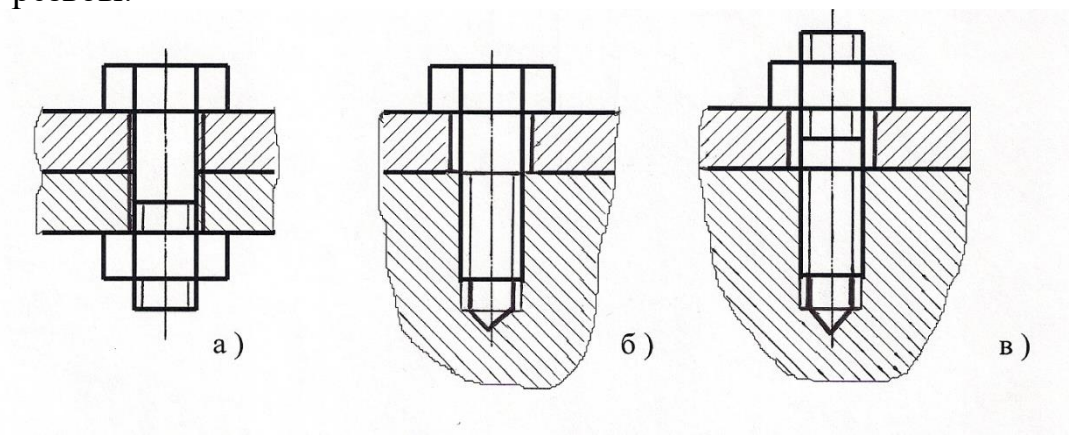


Рис.13. Соединение деталей с помощью болтов (а), винтов (б) и винтовых стяжек (в)

По профилю резьбы – треугольные, прямоугольные, трапецеидальные, круглые и др. Профиль резьбы – это контур сечения резьбы в плоскости, проходящей через ось основной поверхности.

По направлению винтовой линии различают правую и левую резьбы. У правой резьбы винтовая линия идет слева направо и вверх, а у левой - справа налево и вверх.

По числу заходов различают одно-, двухзаходную и т.д.

Основные типы резьб: крепежные и резьбы для винтовых механизмов.

К резьбам крепежным относятся: метрическая с треугольным профилем (рис. 14) – основная резьба, трубная – треугольная со скругленными вершинами и впадинами, а также круглая. Геометрические параметры метрической резьбы стандартизированы (прил. таблица 4).

Виды резьбы винтовых механизмов (ходовые резьбы): прямоугольная, трапецеидальная симметричная, трапецеидальная несимметричная (упорная).

Для изготовления крепежных деталей применяют низко- и средне-углеродистые стали, а для деталей, работающих при переменных и ударных нагрузках, – легированные стали. Наибольшее применение нашли стали: Ст3кп; Ст5; Ст10; Ст10кп. Характеристики этих марок сталей приведены в первой строке табл. 1.

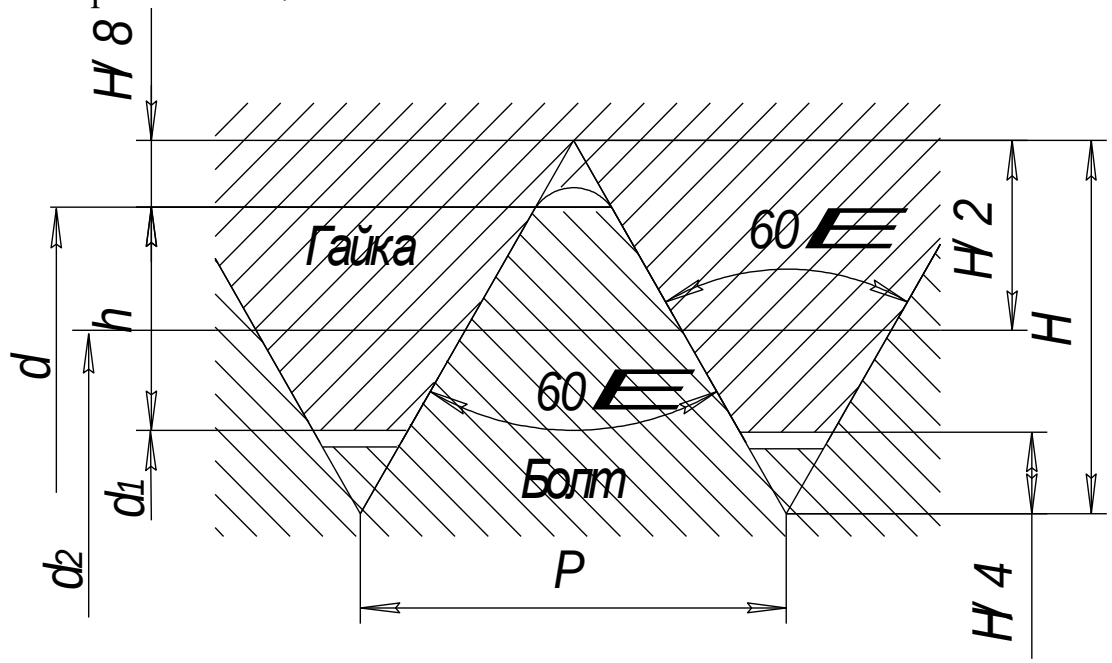


Рис.14. Геометрические параметры метрической резьбы:
d – наружный диаметр; d_1 – внутренний диаметр; d_2 – средний диаметр;
h – рабочая высота профиля; P – шаг; α – угол профиля.

Геометрические параметры резьбы определяются следующим образом:

d – наружный диаметр;

d_1 – внутренний диаметр;

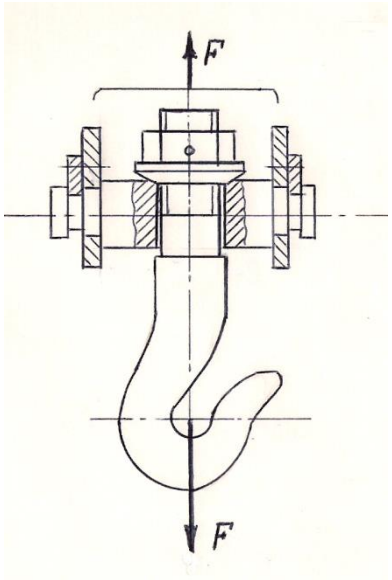
d_2 – средний диаметр;

h – рабочая высота профиля;

P – шаг (расстояние между одноименными сторонами соседних профилей, измеренное в направлении оси резьбы);

α – угол профиля.

Расчет болтов (винтов) при наиболее распространённых способах нагружения в соединениях.



1) **Растяжение в стержне (без затяжки).**

Пример: участок крюка для подвешивания груза. Стержень болта нагружен только внешней растягивающей силой. Опасным является сечение наименьшей площади диаметром d_1. Условие прочности по напряжениям растяжения в стержне:

$$\sigma_{экв} = \frac{F_з}{\pi \cdot d_1^2 / 4} \le [\sigma_р] \qquad (35)$$

где d_1 – внутренний диаметр резьбы, $F_з$ – сила затяжки; [$\sigma_р$] –допускаемые напряжения на растяжение см. в табл. 3.

крюк

2) **Болт затянут, внешняя нагрузка отсутствует.**

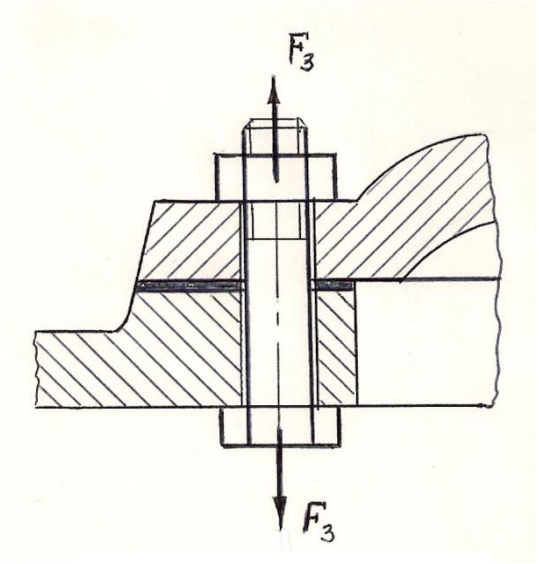


Рис.16. Болт затянут

Стержень болта растягивается и закручивается. Прочность болта определяют по эквивалентному напряжению:

$$\sigma_{экв} = \frac{F_з}{\pi \cdot d_1^{\,2} / 4} \le [\sigma_р] \qquad (36)$$

Напряжения растяжения от силы $F_з$ и кручения от пары с моментом $T_р$:

$$\tau = \frac{T_р}{W_р} = 0{,}5 \cdot F_з \cdot d_2 \cdot tg(\psi + \varphi) / 0{,}2 d_1^3, \qquad (37)$$

где ψ- угол подъёма; φ - угол трения в резьбе.

В этом случае прочность болта определяется по эквивалентному напряжению: $\sigma_{экв} = \sqrt{\sigma_р^{\,2} + 3\tau^2} \le [\sigma_р]$. Вычисления показывают, что для стандартных метрических резьб [1]:

$$\sigma_{экв} = 1{,}3\sigma_р$$

или

$$\sigma_{экв} = \frac{1{,}3 \cdot F_з}{\pi \cdot d_1^{\,2} / 4} \le [\sigma_р]. \qquad (38)$$

3) **Болтовое соединение нагружено силами, сдвигающими детали в стыке.** Условием надежности соединения является отсутствие сдвига деталей в стыке. Выполняется два варианта установки:

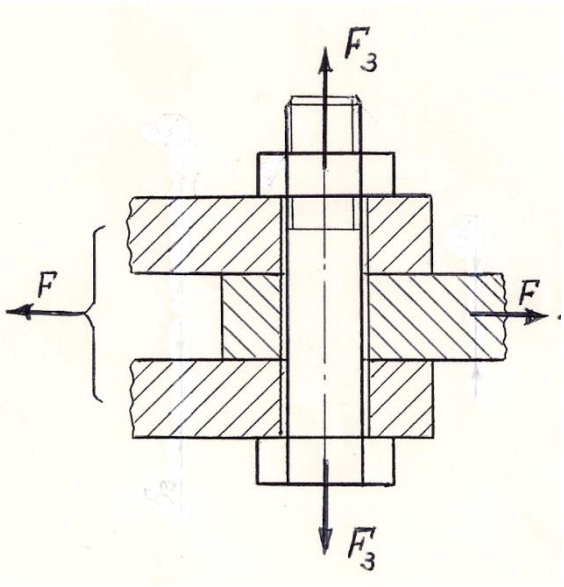


Рис.17. Болтовое соединение с зазором

а) **с зазором,** при этом внешнюю нагрузку F уравновешивают силами трения в стыке, образующимися от затяжки болта. Усилие затяжки определяется

$$F_з = \frac{K \cdot F}{i \cdot f}, \qquad (39)$$

где f = 0,15...0,20 - коэффициент трения в стыке для сухих стальных и чугунных поверхностей; i – число плоскостей стыка деталей (на рис.17 i=2); K – коэффициент запаса, принимающий численные значения при статической нагрузке K = 1,3...1,5; при переменной нагрузке K = 1,8...2,0.

Дальнейший расчёт проводится по эквивалентному напряжению (38).

б) **без зазора.** В этом случае должно выполняться два условия прочности. Первое условие – условие прочности при **срезе**

$$\tau = \frac{F}{(\pi \cdot d_1^{\,2}/4) \cdot i \cdot z} \le [\tau_c], \qquad (40)$$

где i– число плоскостей среза деталей; $[\tau_c]$ – допускаемое напряжение на срез, вычисляется при статической нагрузке $[\tau_c] = 0{,}4\,\sigma_т$; при переменной нагрузке $[\tau_c] = (0{,}2...0{,}3)\sigma_т$; z –число болтов.

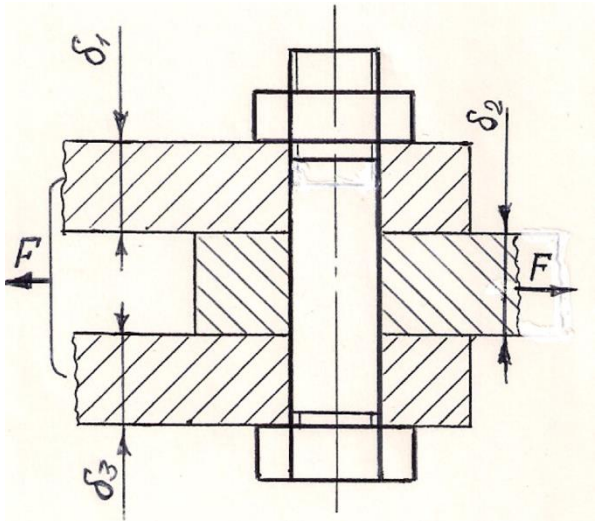


Рис. 18. Болтовое соединение без зазора

Второе условие – условие прочности при **смятии**, которое при соединении трёх деталей записывается двумя уравнениями:
для средней детали:

$$\sigma_{см} = \frac{F}{(\delta_2 \cdot d) \cdot n} \le [\sigma_{см}]; \qquad (41)$$

для крайних деталей:

$$\sigma_{см} = \frac{F}{(\delta_1 + \delta_3) \cdot d \cdot n} \le [\sigma_{см}], \qquad (42)$$

где δ_1, ,δ_3 – толщина крайних соединяемых деталей, δ_2 –толщина средней детали.

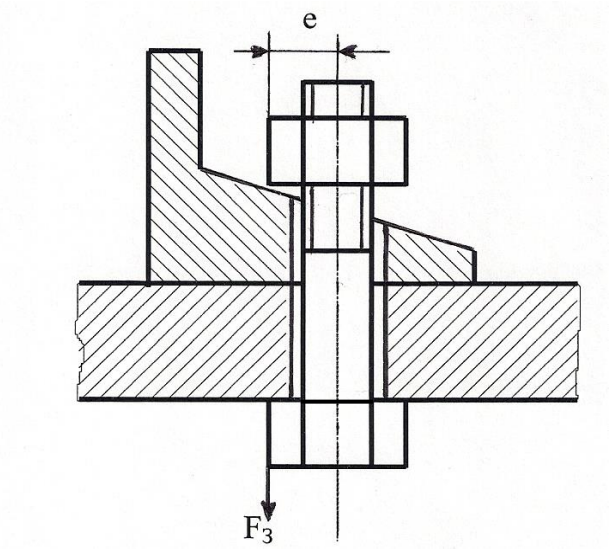


Рис. 19. Эксцентрично нагруженный болт

4) **Эксцентрично нагруженный** болт

В некоторых конструкциях резьбовых соединений болты нагружены также изгибающими их силами. Такое нагружение возникает вследствие перекосов плоскостей болта, гайки, соединяемых деталей, либо в связи с вынужденными конструктивными решениями.

После затяжки **эксцентрично нагруженного** болта кроме напряжений растяжения ($\sigma_р$) возникают также напряжения изгиба ($\sigma_и$) и максимальное эквивалентное напряжение определяют:

$$\sigma_{max} = \sigma_р + \sigma_и = \frac{F_з}{\pi \cdot d_1^{\,2}/4} + \frac{F_з \cdot e}{\pi \cdot d_1^{\,3}/32} \le [\sigma_р] \qquad (43)$$

после преобразования формулы получим:

$$\sigma_{max} = \frac{4F_з(d_1 + 8 \cdot e)}{\pi \cdot d_1^{\,3}} \le [\sigma_р] \qquad (44)$$

где e – эксцентриситет, который определяется как расстояние между возникающей парой сил, создающей изгибающий момент. Часто эксцентриситет принимают равным диаметру болта.

Допускаемые напряжения для резьбовых соединений и запасы прочности приведены в табл. 3 и 4.

Таблица 3

Допускаемые напряжения для резьбовых соединений

Вид нагрузки	Рекомендуемые значения
Растягивающая внешняя нагрузка: без затяжки болтов	$[\sigma] = 0{,}6 \cdot \sigma_Т$
с затяжкой болтов	$[\sigma] = \sigma_Т / [s]$ **Статическая** нагрузка: [s] по таблице запасов – неконтролируемая затяжка; [s] = 0,5…2,5 – контролируемая затяжка. **Переменная** нагрузка: [s] по таблице запасов – неконтролируемая затяжка; [s] = 1,5…2,5 – контролируемая затяжка
Поперечная внешняя нагрузка: болт поставлен с зазором	[s] по таблице запасов – неконтролируемая затяжка; [s] = 0,5…2,5 – контролируемая затяжка
болт поставлен без зазора	$[\tau] = 0{,}4 \cdot \sigma_Т$ (статическая); $[\tau] = (0{,}2...0{,}3) \cdot \sigma_Т$ - (переменная); $[\sigma_{см}] = 0{,}8 \cdot \sigma_Т$ - сталь; $[\sigma_{см}] = (0{,}4...0{,}5) \cdot \sigma_Т$ - чугун

Таблица 4

Запасы прочности для резьбовых соединений [s]

Материал болта	[s] при неконтролируемой затяжке и постоянной нагрузке		
	М6…М16	М16…М30	М30…М60
Углеродистая сталь	5…4	4…2,5	2,5…1,5

Легированная сталь	6,5…5	5…3,3	3,3

Задача 12

Рычаг с грузом массой *m*=60 *кг* крепится на валике посредством клеммового соединения (рис. 20). Определить требуемый диаметр болтов, если коэффициент трения между валиком и ступицей рычага $f = 0{,}15$; число болтов $z = 2$; материал – сталь Ст3; затяжка неконтролируемая.

Указание. Момент сил трения должен быть на 20% больше момента от сил тяжести груза. Силы трения условно принять сосредоточенными в верхней и нижней точках контакта валика и ступицы клеммы.

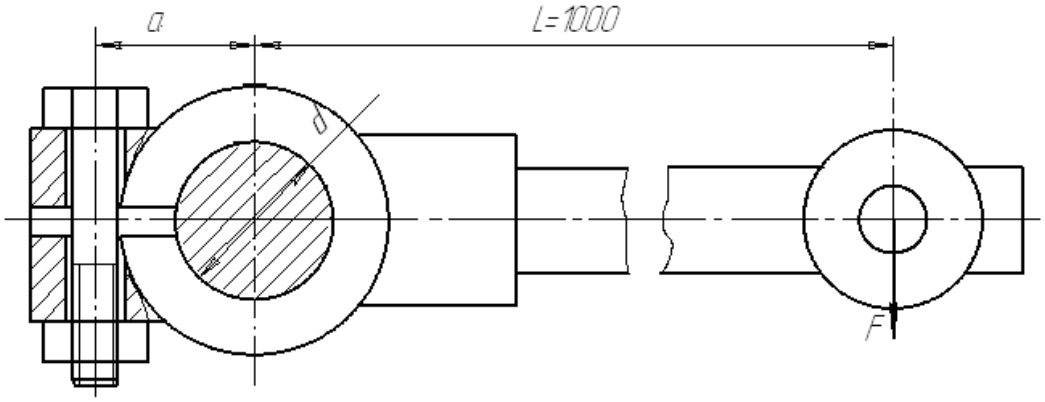


Рис. 20. Клеммовое соединение

Решение

Внешний момент от действия груза находим из выражения

$$M_{\text{внеш}} = F \cdot L = m \cdot g \cdot L = 60 \cdot 9{,}8 \cdot 1 = 588 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (45)$$

Укажем силы трения в верхней и в нижней точках контакта валика и ступицы клеммы согласно указания к решению задачи (рис. 21). Момент от пары сил трения, возникший между ступицей клеммы и валом, должен уравновесить внешний момент и должен превышать на 20 % внешний момент, то есть

$$M_{\text{внутр}} = F_{\text{тр}} \cdot d = M_{\text{внеш}} \cdot 1{,}2 \quad (46)$$

или подробнее $F_{\text{п}} \cdot f \cdot d = 1{,}2 \cdot M_{\text{внеш}}$,

откуда $$F_{\text{п}} = \frac{1{,}2 M_{\text{внеш}}}{f \cdot d} = \frac{1{,}2 \cdot 588}{0{,}15 \cdot 0{,}06} = 78{,}4 \text{ кН}. \quad (47)$$

Предположим, что половины ступицы клеммы соединены с рычагом шарнирно в точке 0. Из равенства моментов сил $F_{\text{п}}$ и $F_{\text{з}} \cdot z$ (с учётом количества болтов), относительно точки 0 имеем

$$-F_з\left(a+\frac{d}{2}\right)\cdot z+F_n\cdot\frac{d}{2}=0. \qquad (48)$$

Откуда сила затяжки одного болта

$$F_з=\frac{F_n\cdot d}{2\left(a+\frac{d}{2}\right)\cdot z}=\frac{F_n\cdot d}{(2\cdot a+d)\cdot z}=\frac{78{,}4\cdot 0{,}06}{(2\cdot 0{,}055+0{,}06)\cdot 2}=13{,}85\,кН$$

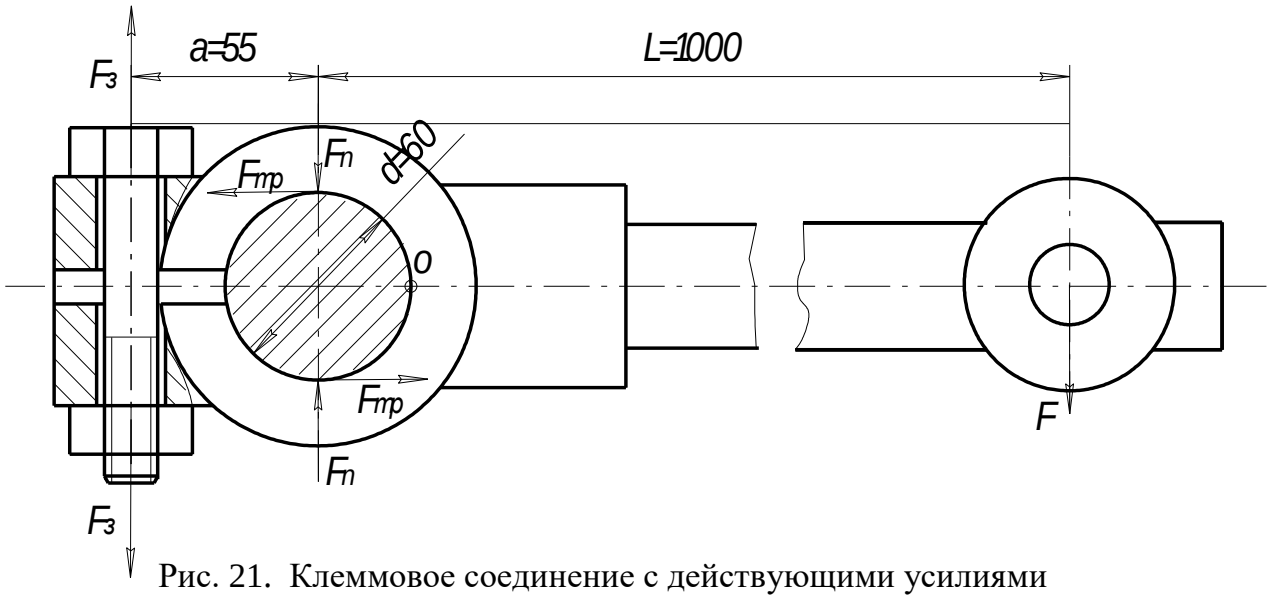


Рис. 21. Клеммовое соединение с действующими усилиями

Запишем условие прочности болта:

$$\sigma_{экв}=\frac{1{,}3\cdot F_з}{\pi\cdot d_1^{\,2}/4}\le[\sigma_p], \qquad (49)$$

Из формулы (13) получаем зависимости для проектного расчета болта:

$$d_1\ge\sqrt{\frac{4\cdot 1{,}3\cdot F_з}{[\sigma_р]\cdot\pi}}, \qquad (50)$$

где d_1- внутренний диаметр болта, мм; $[\sigma_Р]$- допускаемое напряжение на растяжение болта, МПа; s – запас прочности.

По табл. 3 определяем $[\sigma_p]=\frac{\sigma_T}{s}$.

Принимаем предварительно болт с резьбой М20, поэтому по табл.4 запасов для данного диаметра $s=3$.

Вычисляем $[\sigma_p]=\frac{200}{3}=66{,}7$ МПа;

$$d_1\ge\sqrt{\frac{4\cdot 1{,}3\cdot 13850}{66{,}7\cdot 10^6\cdot 3{,}14}}=18{,}544\cdot 10^{-3}\text{м}=18{,}544\text{ мм}.$$

Выбираем по табл. П. 4 болт М20х1 с параметрами: d_1=18,918 мм; шаг р =1 мм; d = 20 мм.

Задача № 13

Рассчитать болты для крепления барабана лебедки к зубчатому колесу. Усилие в тросе, навиваемом на барабан $Q = 10кН$, материал болта Ст3, $\sigma_т = 200\ МПа$, коэффициент трения $f = 0{,}12$. Количество болтов – z = 6 штук. Дополнительные условия: болты установлены без зазора.

Решение

Внешний момент находим из выражения

$$M_{внеш} = 1{,}2 \cdot Q \cdot \frac{D_б}{2}; \qquad (51)$$

Внутренний момент находим по формуле

$$M_{внутр} = F_{тр} \cdot \frac{D_ш}{2}. \qquad (52)$$

Поскольку в соединении должно быть равновесие, то $M_{внеш} = M_{внутр}$,

или $F_{тр} \cdot \frac{D_ш}{2} = 1{,}2 \cdot Q \cdot \frac{D_б}{2}$. (53)

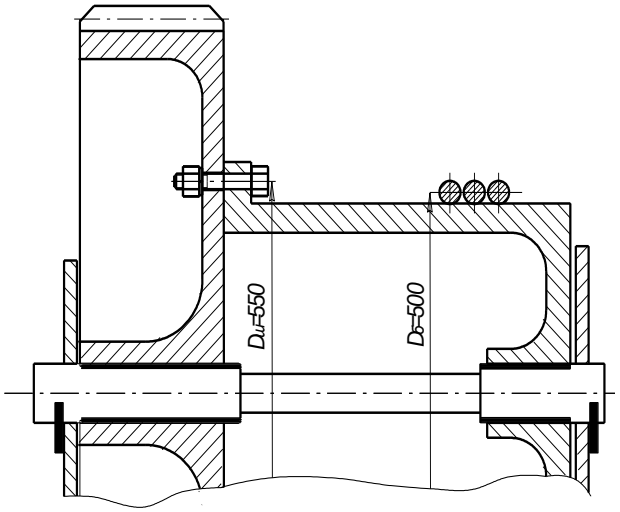


Рис. 22. Соединение зубчатого колеса с барабаном лебёдки

Отсюда вычисляем силу трения

$$F_{тр} = \frac{1{,}2 \cdot Q \cdot D_Б}{D_ш} = \frac{1{,}2 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 500}{550} = 10909\ H.$$

При условии, что болт установлен без зазора, запишем условие прочности болта на срез

$$\tau_{ср} = \frac{F}{\pi \cdot d^2 / 4 \cdot n} \le [\tau_{ср}] \qquad (54)$$

Вычислим допускаемое напряжение на срез по табл. 3, примем нагрузку статической

$$[\tau_{ср}] = 0{,}4 \cdot [\sigma_т] = 0{,}4 \cdot 200 = 80\ МПа.$$

Определяем наружный диаметр болта из выражения

$$d \ge \sqrt{\frac{F \cdot 4}{\pi \cdot [\tau_{ср}] \cdot z}} = \sqrt{\frac{10909 \cdot 4}{3{,}14 \cdot 80 \cdot 10^6 \cdot 6}} = 5{,}38 \cdot 10^{-3} м = 5{,}38\ мм. \qquad (54)$$

Принимаем по табл. П. 4 болт М6 (d=6мм).

Найденному значению d удовлетворяет чистый болт под развертку с диаметром нарезной части М6 и ненарезной – диаметром 7мм.

Запишем условие прочности на смятие

$$\sigma_{см} = \frac{F}{d \cdot \delta \cdot z} \le [\sigma_{см}]; \qquad (55)$$

$[\sigma_{см}] = 0{,}8 \cdot \sigma_т = 0{,}8 \cdot 200 = 160$ МПа (табл. 3).

Далее из выражения (55) определяем минимально необходимую толщину фланцев соединяемых деталей (барабана и колеса):

$$\delta_Б = \delta_К \geq \frac{F}{d \cdot z \cdot [\sigma_{см}]} = \frac{10909}{7 \cdot 10^{-3} \cdot 6 \cdot 160 \cdot 10^6} = 1{,}62 \cdot 10^{-3} \text{м} \approx 2 \text{ мм}.$$

В результате расчетов принимаем для крепления болты М6 и отмечаем, что минимально необходимая толщина фланцев барабана и колеса 2 мм.

5. ЗАКЛЁПОЧНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Заклепочные соединения неразъёмные. По конструкции различают соединения внахлёстку и встык, однорядные и многорядные, односрезные и многосрезные. На рис. 23 приведён пример односрезного соединения внахлёст, на рис. 24 – пример двухсрезного соединения встык с двумя накладками.

Заклепочные соединения разделяются на [2, 3]:

1. Прочные соединения, используемые преимущественно в металлических конструкциях машин и строительных сооружениях.
2. Плотно-прочные соединения, используемые в котлах, работающих под давлением.
3. Плотные заклепочные соединения (в котлах низкого давления).

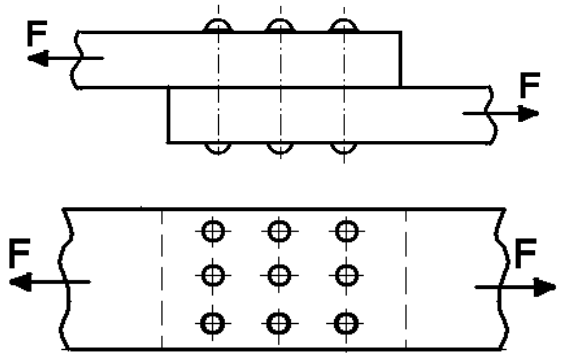


Рис. 23. Заклёпочное соединение внахлёст

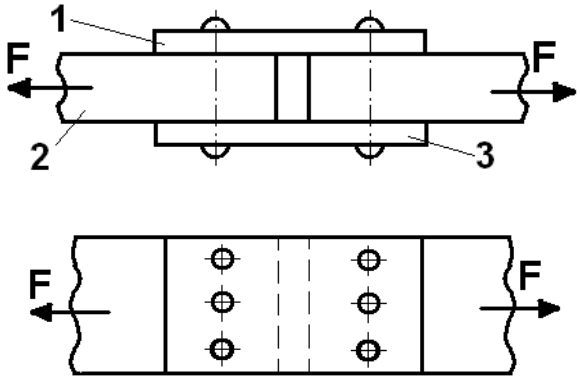


Рис. 24. Заклёпочное соединение встык с двумя накладками

Заклепочные соединения из-за неудобств технологического процесса

клепки (необходимость нагрева заклепок до температуры 800 С) и перерасхода металла на соединение в настоящее время почти полностью вытеснены сваркой. Однако они сохранили применение в тяжелых конструкциях, а также при использовании трудносвариваемых материалов (некоторые термообработанные стали и алюминиевые сплавы).

Для образования заклепочного соединения в обоих листах просверливают или продавливают отверстия. В них закладывается нагретый до красного каления стержень заклепки с одной головкой; другой конец заклепки расклепывается ударами специального молотка для образования замыкающей головки. Мелкие заклепки (малого диаметра — меньше 8 мм) ставятся в холодном состоянии.

Заклёпка – это стержень круглого сечения с заранее изготовленной закладной головкой на одном конце. Различают заклепочные соединения с полукруглой головкой, потайной, полупотайной головками (рис.25). Размеры этих заклёпок указаны в стандартах. Кроме стандартных, применяют специальные заклепки, например трубчатые. Заклёпки изготовляют из стали, меди, латуни, алюминия и др. сплавов. Материал заклёпок выбирают однородным с материалом соединяемых деталей, во избежание электрохимической коррозии и температурного изменения сил в соединении [3].

а) *б*) *в*)

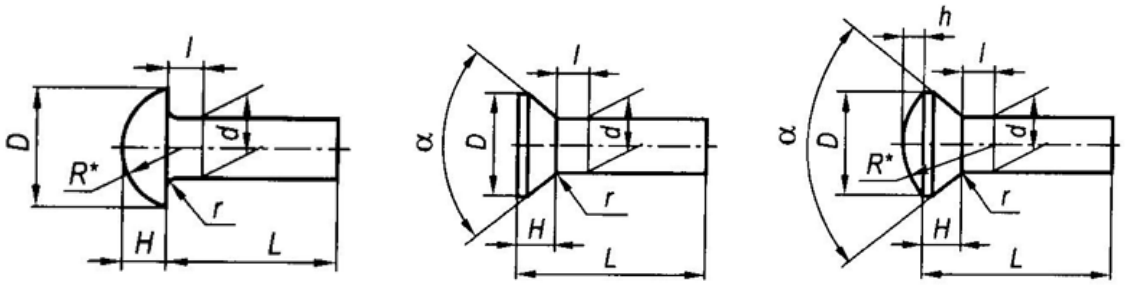


Рис. 25. Распространённые типы заклёпок: а — с полукруглой головкой (ГОСТ 10299-80); б — с потайной головкой (ГОСТ 10300-80); в — с полупотайной головкой (ГОСТ 10301-80)

Условия нагружения заклёпок идентичны условиям нагружения болтов, поставленных без зазора, при этом должно выполняться два условия прочности: при срезе (56) и при смятии (57), (58).

Условие прочности при **срезе**

$$\tau = \frac{F}{(\pi \cdot d_1^{\,2} / 4) \cdot i \cdot n} \le [\tau_c], \qquad (56)$$

где i – число плоскостей среза деталей; $[\tau_c]$ – допускаемое напряжение на

срез.

Второе условие - условие прочности при **смятии**, которое при соединении трёх деталей (рис.24) записывается

для средней детали:

$$\sigma_{см} = \frac{F}{(\delta_2 \cdot d) \cdot n} \le [\sigma_{см}] \qquad (57)$$

для крайних деталей:

$$\sigma_{см} = \frac{F}{(\delta_1 + \delta_3) \cdot d \cdot n} \le [\sigma_{см}] \qquad (58)$$

где δ_1, ,δ_3 – толщина крайних соединяемых деталей, δ_2 – толщина средней детали.

Допускаемые напряжения для заклёпок (табл. 5) зависят от характера обработки отверстия и характера внешней нагрузки (постоянная или переменная).

Таблица 5

Допускаемые напряжения для заклёпочных соединений

Вид напряжений	Обработка отверстия	Допускаемые напряжения, МПа	
		Ст0 и Ст2	Ст3
Срез	Сверление	140	140
	Продавливание	100	100
Смятие	Сверление	280	320
	Продавливание	240	280

Задача № 14

Определить требуемое число заклепок диаметром d = 15 мм для крепления к листу двух равнобоких уголков № 9 с толщиной полки S=8 мм, нагруженных статической нагрузкой F= 430 кН. Допускаемое напряжение для заклепок на срез при сверлении для Ст3 $[\tau_{ср}]$=140МПа и на смятие $[\sigma_{см}]$=320МПа (табл.5).

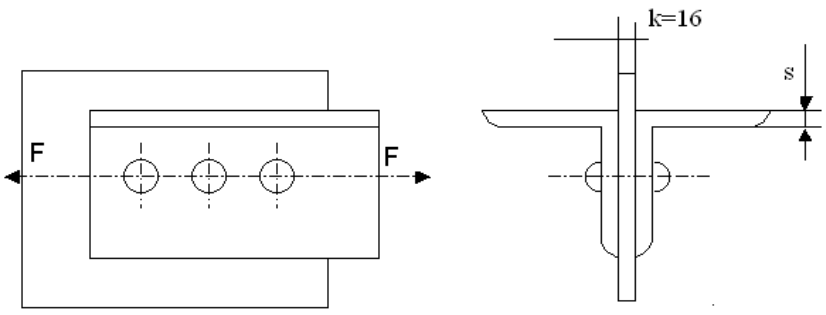


Рис. 26. Заклёпочное соединение к задаче 14

Решение

Определяем требуемое число заклепок из расчета на срез, полагая, что нагрузка между заклепками распределена равномерно. Так как соединение выполнено с двумя уголками, то заклепки двухсрезные и количество их может быть определено по формуле

$$n \geq \frac{F}{2\frac{\pi d^2}{4}[\tau]_{ср}} = \frac{430 \cdot 10^3}{2\frac{3{,}14 \cdot (15 \cdot 10^{-3})^2}{4} 140 \cdot 10^{+6}} = 8{,}69 \qquad (59)$$

Предварительно принимаем число заклёпок n=9.

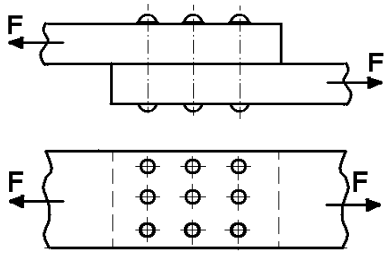
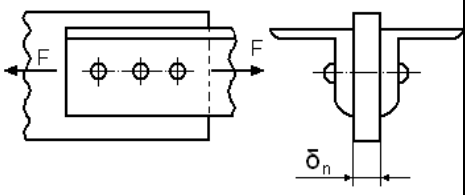
Проверяем напряжение смятия на поверхности между заклепкой и отверстием. Так как суммарная толщина уголков 2δ=2·8=16 мм равна толщине полосы $к$=16 мм (см. рис. 26), то в формуле для определения напряжений смятия подставляем толщину $к$=16 мм:

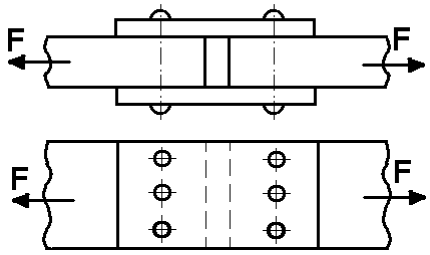
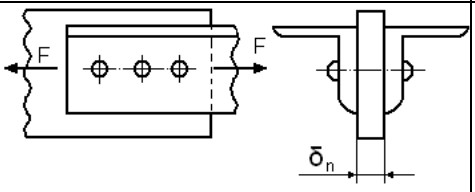
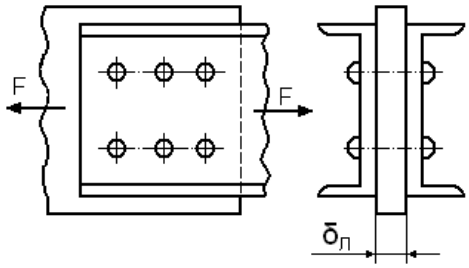
$$\sigma_{см} = \frac{F}{ndk} = \frac{430 \cdot 10^3}{12 \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cdot 16 \cdot 10^{-3}} = 248{,}8 \cdot 10^{+6}\ \text{Па} = 248{,}8\ \text{МПа}. \qquad (60)$$

Так как $\sigma_{см}$ =248,8 МПа <[$\sigma_{см}$]=320 МПа, следовательно, прочность соединения обеспечена. Окончательно принимаем число заклёпок равным 9.

Таблица 6

Схемы для задач на заклёпочное соединение

 Схема 1	Варианты	Две пластины толщиной δ соединены внахлест, сила, приложенная на растяжение, равна F. В наличие имеются заклёпки диаметром d, а диаметр отверстия d_0 по ГОСТ. Материал заклёпок сталь Ст 2.Определить необходимое число заклёпок.
	1	F= 40 кН; d= 3 мм; δ= 4 мм;
	2	F= 50 кН; d= 4 мм; δ= 8 мм;
	3	F= 60 кН; d= 5 мм; δ= 10 мм.
		Проверить прочность заклёпочного соединения при толщине косынки, равной толщине полосы $\delta_к$=δ, если приложена сила F, число заклёпок n и диаметр сверлений под них равен d_0 и $\delta_к$=δ=3 мм.
	4	n= 12; F= 6,0 кН; d= 3 мм;
	5	n= 12; F= 20 кН; d= 4 мм;
	6	n= 14; F= 30 кН; d= 5 мм.
		Определить требуемый диаметр заклёпок из материала Ст 2, если известно, что этих заклёпок необходимо установить n и растягивающая сила равна F.
	7	n= 10; F= 80 кН; δ= 6 мм;
	8	n= 12; F= 60 кН; δ= 8 мм;
	9	n= 10; F= 90 кН; δ= 10 мм.
 Схема 2		Проверить, является ли заданное заклёпочное соединение равнопрочным прикрепляемым равнобочным уголкам. В наличие имеются заклёпки диаметром d= 10 мм, в количестве n. Материал заклёпок сталь Ст 2. Толщина полосы δ_n; уголок площадью А и размерами, $b\times b\times d_y$, мм.
	10	n= 25; δ_n = 16 мм; А= 12,3 см^2; 80×80×8
	11	n= 25; δ_n = 14 мм; А= 15,6 см^2; 90×90×9
	12	n= 30; δ_n = 20 мм; А= 19,2 см^2; 100×100×10

 Схема 3	Варианты 13 14 15	Проверить прочность заклёпок в соединении двух пластин толщиной *d*/2 каждая. Растягивающая сила *F*. Число заклёпок *n*. Толщина накладок *d*/4. *F*= 110 кН; *n*= 12; *d*= 14 мм; *F*= 180 кН; *n*= 40; *d*= 8 мм; *F*= 130 кН; *n*= 20; *d*= 12 мм.
	16 17 18	Определить, какое усилие может воспринимать заклёпочное соединение при креплении двух пластин толщиной *d*/2. Толщина накладок *d*/4. Число заклёпок *n*. *d*= 4 мм; *n*= 6; *d*= 5 мм; *n*= 8; *d*= 6 мм; *n*= 10.
 Схема 2	19 20 21	Определить требуемый диаметр заклёпок из материала Ст2, если известно, что этих заклёпок необходимо установить n и растягивающая сила равна *F*, уголок площадью *A* и размерами, $b\times b\times d_y$, мм. *n*= 8; δ_n = 12 мм; *A*= 12,3 см^2 ; 80×80×8 *n*= 10; δ_n = 16 мм; *A*= 15,6 см^2 ; 90×90×9 *n*= 20; δ_n = 18 мм; *A*= 19,2 см^2; 100×100×10
 Схема 4	22 23 24	Определить диаметр заклёпок из материала Ст 2, если известно, что этих заклёпок *n* и растягивающая сила равна *F*. Установлено два швеллера №14а, толщиной 9,5 мм. *n*= 8 ; $\delta_л$ = 12 мм; *F*= 100 кН; *n*= 10; $\delta_л$ = 16 мм; *F*= 80 кН; *n*= 20; $\delta_л$ = 20 мм; *F*= 130 кН.

Продолжение таблицы 6

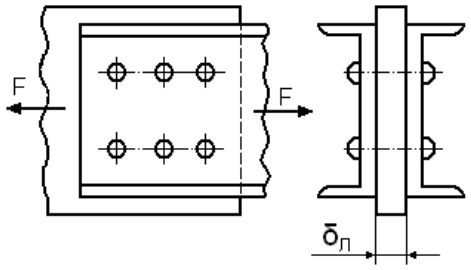
<table>
<tr>
<td rowspan="2"> 

Схема 4</td>
<td>Вар

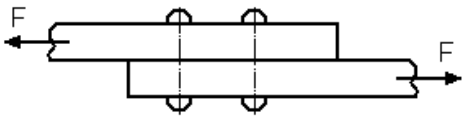
25
26
27</td>
<td>Проверить прочность заклёпок в соединении для заданного швеллера толщиной $d_ш$ с листом толщиной $\delta_л$.растягивающая сила равна F . Число заклёпок n. $D_ш$=10 мм.
n= 8; d= 8 мм; $\delta_л$= 12 мм; F= 100 кН;
n= 10; d= 10 мм; $\delta_л$= 16 мм; F= 200 кН;
n= 20; d= 12 мм; $\delta_л$= 20 мм; F= 300 кН.</td>
</tr>
<tr>
<td rowspan="3"> 

Схема 5</td>
<td>

28
29
30</td>
<td>Определить, какое усилие может воспринимать заклёпочное соединение при креплении двух пластин равной толщины d/2, где d – диаметр заклёпки из стали Ст2. Число заклёпок n.
n= 16; d= 4 мм;
n= 20; d= 5 мм;
n= 24; d= 6 мм.</td>
</tr>
<tr>
<td>

31
32
33</td>
<td>Определить диаметр заклёпок из материала Ст 2, если известно, что этих заклёпок n и растягивающая сила равна F. у двух пластин . Число заклёпок n.
n= 16; d= 6мм; F= 120 кН;
n= 20; d= 8 мм; F= 160 кН;
n= 24; d= 10 мм. F= 200 кН.</td>
</tr>
<tr>
<td>

34
35
36</td>
<td>Проверить прочность заклёпочного соединения при толщине косынки, равной толщине полосы, если приложена сила F, число заклёпок n и диаметр сверлений под них равен d_0, $\delta_к$=δ=6 мм.
n= 20; F= 10 кН; d= 10 мм;
n= 25; F= 20 кН; d= 12 мм;
n= 30; F= 30 кН; d= 14 мм.</td>
</tr>
</table>

6. ЗУБЧАТАЯ ПЕРЕДАЧА

При выполнении задания необходимо определить крутящие моменты, действующие на валах, допускаемое контактное напряжение и выполнить расчёт геометрических параметров цилиндрической или конической прямозубой передачи. Вычертить в масштабе зубчатое колесо.

Задача № 14

Рассчитать геометрические параметры прямозубой зубчатой передачи. Необходимые данные для расчета: № схемы зубчатого механизма, мощность на выходном валу (P_2), кВт, частота вращения входного вала (n_2), об/мин, передаточное число зубчатой передачи (u), предел прочности для стали, из которой изготовлены зубчатые колёса ($\sigma_В$), МПа – приведены в табл. 7.

Таблица 7

Величины	В А Р И А Н Т Ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
N схемы	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Мощность P_2 , кВт	9,0	2,0	12	2,5	20	3,0	28	4,5	6,0	1,7
Передаточное число	3,55	5	4,5	4	4,5	5	8	5	4,5	5
Частота вала n_1, об/мин	975	955	975	730	975	955	1470	965	970	950
Предел прочности $\sigma_В$, МПа	700	650	600	700	650	600	700	650	600	700

Решение задачи

Данные для расчета: схема зубчатого механизма – редуктор цилиндрический (1), мощность на выходном валу, P_2 =24кВт, частота вращения выходного вала, n_2 = 960 об/мин, передаточное число передачи – 4. Предел прочности материала $\sigma_В$ =700 МПа.

6.1. Расчёт цилиндрической зубчатой передачи

Определяем крутящий момент на выходном валу

$$T = \frac{P}{\omega_2} = \frac{24 \cdot 10^3}{25,1} = 956 \text{ Н} \cdot \text{м}, \qquad (61)$$

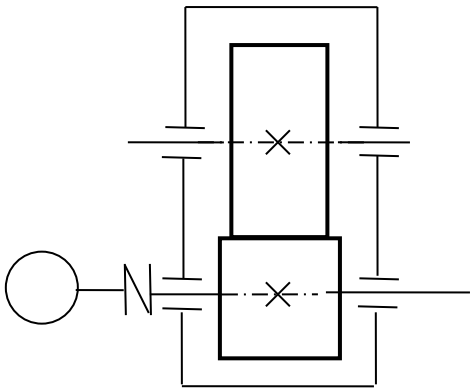


Схема 1. Редуктор цилиндрический

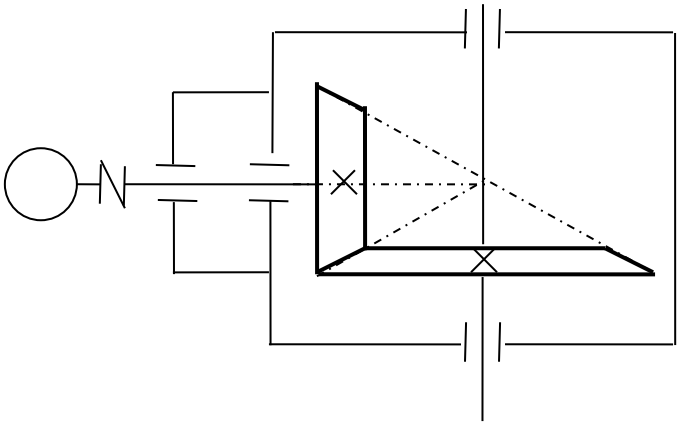


Схема 2. Редуктор конический

Рис. 26. Схемы заданий для расчёта передач:
схема 1 – редуктор цилиндрический;
схема 2 – редуктор конический

где T – крутящий момент на валу, Н·м; P – передаваемая на вал мощность, Вт; ω_2 – угловая скорость выходного вала, рад/с, которая связана с частотой вращения выходного вала n_2, об/мин, соотношением

$$\omega_2 = \frac{2\pi \cdot n_2}{60} = \frac{2\pi \cdot 240}{60} = 25{,}1 \text{ рад/с}, \quad (62)$$

$$u = \frac{n_1}{n_2} \text{ откуда } n_2 = \frac{n_1}{u} = \frac{960}{4} = 240 \text{ об/мин}.$$

Рассчитываем допускаемое контактное напряжение в зубчатом зацеплении колеса. Ориентировочно твердость материала по Бринеллю связана с пределом его прочности соотношением

$$HB = 0{,}285 \cdot \sigma_{\text{В}} = 0{,}285 \cdot 700 = 199{,}5 \text{ МПа}\ , \qquad (63)$$

где *HB* – означает твердость материала в единицах Бринелля; $\sigma_{\text{В}}$ – предел прочности материала колеса, МПа, заданный в табл. 7.

Предел контактной выносливости зубчатого зацепления при базовом числе циклов для колес, выполненных из углеродистых сталей с твердостью поверхности зубьев *HB*<350, вычисляем по приближенной формуле

$$\sigma_{\text{H lim}} = 2 \cdot HB + 70 = 2 \cdot 199{,}5 + 70 = 469 \text{ МПа}\ , \qquad (64)$$

где $\sigma_{\text{H lim}}$ – предел контактной выносливости зубчатого зацепления при базовом числе циклов, МПа.

Допускаемые контактные напряжения при расчете на выносливость зубчатого зацепления рассчитываем по формуле

$$[\sigma_{\text{Н}}] = \frac{K_{\text{HL}}}{S_{\text{Н}}} \cdot \sigma_{\text{H lim}} = \frac{1}{1{,}15} \cdot 469 = 408 \text{ МПа}\ , \qquad (65)$$

где $[\sigma_{\text{н}}]$ – допускаемое контактное напряжение, МПа; K_{HL} – коэффициент долговечности; S_H – коэффициент безопасности. При числе циклов нагружения больше базового, что имеет место при длительной эксплуатации, принимают K_{HL}=1, $S_{\text{Н}}$=1,15.

Приближенная оценка межосевого расстояния зубчатой передачи может быть получена из стандартной формулы для a_{w} путем усреднения входящих в неё коэффициентов по материалам средней прочности:

$$a_{\omega} = K_a \cdot (u+1) \cdot \sqrt[3]{\frac{T_2 \cdot K_{\text{Н}\beta}}{\psi_{ba} \cdot u^2 \cdot [\sigma_{\text{Н}}]^2}} = 495 \cdot (4+1) \cdot \sqrt[3]{\frac{956 \cdot 1{,}1}{0{,}4 \cdot 4^2 \cdot 408^2}} = 246{,}4 \text{ мм}, \qquad (66)$$

где a_w – межосевое расстояние передачи, мм; u – передаточное число; K_a – размерный коэффициент, для прямозубой передачи, K_a=495 МПа; T_2 – крутящий момент на выходном валу, Н·м; $K_{\text{Н}\beta}$ – коэффициент неравномерности нагрузки на венец зубчатого колеса, выбирается в зависимости от конструктивной схемы узла, при симметричном расположении колеса относительно опор $K_{\text{Н}\beta}$=1,0÷1,15; $[\sigma_{\text{н}}]$ – допускаемое контактное напряжение в зубчатом зацеплении колеса, МПа; ψ_{ba} – коэффициент ширины колеса относительно межосевого расстояния, выбирается самостоятельно из ряда

ψ_{ba}=0,25; 0,315; 0,4; 0,5.

Полученный в миллиметрах результат a_{w} округляем до ближайшего стандартного значения из ряда (ГОСТ 2185-66), приведённого в табл. 8 и принимаем a_{w} =250 мм.

Таблица 8

Одноступенчатые редукторы, a_{w}, мм

1 ряд	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630

2 ряд	–	–	–	140	180	224	280	355	450	560	710

Значение **модуля** рекомендуется принимать в пределах

$$m = (0{,}01 \div 0{,}02)\, a_w = 0{,}01 \cdot 250 \div 0{,}02 \cdot 250 = 2{,}5 \div 5{,}0 \text{ мм}. \quad (67)$$

Полученное значение модуля m округляется до стандартного (табл. 9), причём численные значения предпочтительнее выбирать из первого ряда. Для силовых передач рекомендуется принимать модуль $m \geq 1{,}5$ мм. Принимаем модуль 5 мм.

Затем определяют **суммарное число зубьев** $z_c = z_1 + z_2$ для прямозубых передач по формуле

$$z_c = \frac{2a_w}{m} = \frac{2 \cdot 250}{5} = 100. \quad (68)$$

m, мм	1 ряд	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10
	2 ряд	1,75	2,25	2,75	3,5	4,5	5,5	7	9	11

Таблица 9

Значения модулей ***m*** по ГОСТ 9563-60

Чтобы избежать нарезания колес со смещением, значения модуля выбирают таким, чтобы z_c в формуле (69) было целым числом и $z_1 \geq z_{min}$. Минимальное число зубьев для прямозубых колес составляет: $z_{rnin} =$ 14…17.

Число зубьев шестерни определяется по формуле

$$z_1 = \frac{z_c}{u+1} = \frac{100}{4+1} = 20. \quad (69)$$

Число зубьев колеса

$$z_2 = z_c - z_1 = 100 - 20 = 80. \quad (70)$$

После определения z_1 и z_2 уточняют передаточное число ***u*** .

Фактическое передаточное число

$$u_ф = \frac{z_2}{z_1} = \frac{80}{20} = 4. \quad (71)$$

Отклонение от заданного числа ***u***

$$\Delta u = \frac{u_ф - u}{u} \cdot 100 = \frac{4-4}{4} \cdot 100 = 0\ \%. \quad (72)$$

Допускается отклонение передаточного отношения для одноступенчатой зубчатой передачи Δu не более 3 %.

Рабочая ширина венца зубчатого колеса определяется по формуле:

$$b_w = \psi_{ba} \cdot a_w = 0{,}4 \cdot 250 = 100 \text{ мм}. \quad (73)$$

Полученное значение b_w округляется до ближайшего стандартного по ГОСТ 6636-69 ряд R_a 40 (табл. 10), b_w =100 мм. Ширина шестерни b_1 для компенсации неточностей сборки часто выполняется несколько больше, примерно на 5…10 мм ширины колеса: b_1 = 100 + 5…10 = 105…110 мм. Принимаем по ГОСТ 6636-69 ряд R_a 40 (табл.10) b_1 = 110мм.

Таблица 10

Нормальные линейные размеры, мм (ГОСТ 6636-69)

Ra40						Дополнительные размеры					
6,3	6,7	7,1	7,5	8,0	8,5	6,5	7,0	7,3	7,8	8,2	8,8
9,0	9,5	10	10,5	11	11,5	9,2	9,8	10,2	10,8	11,2	11,8
12	13	14	15	16	17	12,5	13,5	14,5	15,5	16,5	17,5
18	19	20	21	22	24	18,5	19,5	20,5	21,5	23	27
25	26	28	30	32	34	29	31	33	35	37	39
36	38	40	42	45	48	41	44	46	49	52	55
50	53	56	60	63	67	58	62	65	70	73	78
71	75	80	85	90	95	82	88	92	98	102	108
100	105	110	120	125	130	112	115	118	135	145	155
140	150	160	170	180	190	165	175	185	205	215	230
200	210	220	240	250	260	270	290	300	315	330	350
280	300	320	340	360	380	370	390				

Примечание: далее размеры можно определить, если приведённые в таблице числа умножать на десять.

Диаметры начальных (d_w), делительных (d) окружностей, окружностей вершин зубьев (d_a) и впадин (d_f) для зубчатых колёс, нарезанных без смещения, вычисляются по формулам, приведённым ниже (точность вычисления делительных диаметров колес до 0,01 мм) и вычисленные значения помещены в табл. 11:

Таблица 11

Геометрические параметры зубчатых колес

Параметр	Обозначение	Размер, мм
Межосевое расстояние	a_w	250
Ширина колеса	b_w	100
Ширина шестерни	b_{w1}	110
Модуль	m	5
Число зубьев шестерни	Z_1	20
Число зубьев колеса	Z_2	80
Делительный диаметр: - шестерни	d_{w1}	100

- колеса	d_{w2}	400
Диаметр выступов: - шестерни - колеса	 d_{a1} d_{a2}	 110 410
Диаметр впадин: - шестерни - колеса	 d_{f1} d_{f2}	 87,5 387,5

начальный шестерни $d_{w1} = m \cdot z_1 = 5 \cdot 20 = 100$ мм; (74)

начальный колеса $d_{w2} = m \cdot z_2 = 5 \cdot 80 = 400$ мм;

делительный шестерни $d_1 = m \cdot z_1 = 5 \cdot 20 = 100$ мм;

делительный колеса $d_2 = m \cdot z_2 = 5 \cdot 80 = 400$ мм;

вершин зубьев шестерни $d_{a1} = m \cdot z_1 + 2m = 5 \cdot 20 + 2 \cdot 5 = 110$ мм;

вершин зубьев колеса $d_{a2} = m \cdot z_2 + 2m = 5 \cdot 80 + 2 \cdot 5 = 410$ мм;

впадин зубьев шестерни $d_{f1} = m \cdot z_1 - 2{,}5 \cdot m = 5 \cdot 20 - 2{,}5 \cdot 5 = 87{,}5$ мм;

впадин зубьев колеса $d_{f2} = m \cdot z_2 - 2{,}5 \cdot m = 5 \cdot 80 - 2{,}5 \cdot 5 = 387{,}5$ мм.

6.2. Расчёт конической передачи

Расчёт крутящего момента и допускаемого контактного напряжения выполняется аналогично, как и для цилиндрической передачи (см. п. 6.1).

Определяем главный параметр – **внешний делительный диаметр** колеса d_{e2}, мм [5]:

$$d_{e2} \geq 1650 \cdot \sqrt[3]{\frac{u \cdot T_2 \cdot K_{H\beta}}{\vartheta_H \cdot [\sigma_H]^2}}, \quad (75)$$

где T_2 – крутящий момент на колесе, Н·м**;** $[\sigma_H]$ – допускаемое контактное напряжение, вычисляемое по формуле (65), МПа; u – передаточное отношение; $K_{H\beta}$ – коэффициент, учитывающий распределение нагрузки по ширине венца (для прирабатывающихся колес с прямыми зубьями $K_{H\beta}$ =1, с круговыми зубьями $K_{H\beta}$ =1,1); ϑ_H – коэффициент вида конических колес (для прямозубых колес ϑ_H=1, для колес с круговыми зубьями ϑ_H=1,85 – при твердости колеса и шестерни ≤350 НВ**;** ϑн=1,5 твердости колеса ≤350 НВ и шестерни ≥45 HRC).

Полученное значение внешнего делительного диаметра колеса d_{e2} для нестандартных передач округляем до ближайшего значения из ряда нормальных линейных размеров *Ra* 40 (табл. 10).

Внешнее конусное расстояние (Re) определяется по формуле

$$R_e = d_{e2}/2\sin\delta_2, \text{ мм.} \quad (76)$$

Значение R_e вычислять до сотых, до целого числа не округлять.

Углы делительных конусов шестерни δ_1 и колеса δ_2 вычисляются по формулам

$$\delta_2=\text{arctg } u; \quad \delta_1=90 - \delta_2. \tag{77}$$

Точность вычислений до четвёртого знака после запятой [2].

Определяем **ширину** зубчатого венца шестерни и колеса b, мм:

$$b=\psi_R R_e, \tag{78}$$

где ψ_R =0,285 – коэффициент ширины венца. Значение b необходимо округлять до целого числа по ряду *Ra* 40 (см. табл.10).

Внешний окружной модуль m_e – для прямозубых колес, m_{te} – для колес с круговыми зубьями вычисляем по формуле

$$m_e(m_{te})=14T_2\cdot10^3/ (\vartheta_F\, d_{e2} b[\sigma_F]\, K_{F\beta}), \text{ мм}, \tag{79}$$

где $[\sigma_F]$ – допускаемое напряжение изгиба, МПа; d_{e2} – внешний делительный диаметр колеса, мм [5]; $K_{F\beta}$ – коэффициент, учитывающий распределение нагрузки по ширине венца. Для прирабатывающихся колес с прямыми зубьями $K_{F\beta}$ =1, с круговыми зубьями $K_{F\beta}$ =1,08; ϑ_F – коэффициент вида конических колес. Для прямозубых колес ϑ_F =0,85; для колес с круговыми зубьями ϑ_F =1.

Допускаемые напряжения изгиба при расчете на выносливость определяем по формуле

$$[\sigma_F]=(\sigma_{F\lim}/S_F)\cdot K_{FC}\cdot K_{FL}, \tag{80}$$

где $\sigma_{F\lim}$ – базовый предел выносливости зубьев по излому от напряжений изгиба, $\sigma_{F\lim}=HB+260$ МПа; S_F – коэффициент безопасности (при нормализации и улучшении материалов S_F =1,75); K_{FC} – коэффициент, учитывающий влияние двухстороннего приложения нагрузки (K_{FC} =1, так как в соответствии с заданием, на зубья действует односторонняя нагрузка); K_{FL} – коэффициент долговечности (предельные значения K_{FL} ограничиваются $1\le K_{FL}\le 2$)[2].

Значение модуля, полученное с точностью до двух знаков после запятой, до стандартной величины не округлять. **В силовых конических передачах принимать m_e (m_{te}) ≥1,5 мм.**

Числа зубьев колеса z_2, и шестерни z_1 определяем по формулам

$$z_2=d_{e2}/m_e(m_{te}); \tag{81}$$

$$z_1=z_2/u. \tag{82}$$

Полученные значения z_1 и z_2 округляем в ближайшую сторону до целого числа. Из условия уменьшения шума и отсутствия подрезания зубьев рекомендуется принять $z_1\ge 18$ – для прямозубых колес.

После вычисления чисел зубьев z_1 и z_2 уточняем фактическое передаточное число $u_ф$:

$$u_ф=z_2/z_1, \tag{83}$$

и проверяем его **отклонение** Δu от заданного передаточного числа u:

$$\Delta u=\left| u_ф - u\right|/u\cdot100\%\le4\%. \tag{84}$$

При невыполнении нормы отклонения передаточного числа Δu следует пересчитать z_1 и z_2 .

Определяются **действительные углы** делительных конусов шестерни δ_1 и колеса δ_2:

$$\delta_2=\text{arctg}u_ф; \quad (85)$$

$$\delta_1=90 - \delta_2. \quad (86)$$

Для конических передач с разностью средних твердостей шестерни и колеса $HB_{1ср} - HB_{2ср} \le 100$ выбрать по табл. 12 **коэффициент смещения** инструмента x_{e1} для прямозубой шестерни и x_{n1} для шестерни с круговым зубом. Коэффициенты смещения колес соответственно определяются $x_{e2}=-x_{e1}$ и $x_{n2}=-x_{n1}$. Если $HB_{1ср} - HB_{2ср} > 100$, то $x_1 = x_2 = 0$.

Для передач, у которых z_1 и u отличаются от указанных в табл. 12, коэффициенты x_{e1} и x_{n1} принимают с округлением в большую сторону.

Таблица 12

Коэффициенты смещения x_{e1} и x_{n1} для шестерён конических передач

z_1	x_{e1} при передаточном числе u					x_{n1} при передаточном числе u				
	2,0	2,5	3,15	4,0	5,0	2,0	2,5	3,15	4,0	5,0
12	–	0,50	0,53	0,56	0,57	0,32	0,37	0,39	0,41	0,42
13	0,44	0,48	0,52	0,54	0,55	0,30	0,35	0,37	0,39	0,40
14	0,42	0,47	0,50	0,52	0,53	0,29	0,33	0,35	0,37	0,38
15	0,40	0,45	0,48	0,50	0,51	0,27	0,31	0,33	0,35	0,36
16	0,38	0,43	0,46	0,48	0,49	0,26	0,30	0,32	0,34	0,35
18	0,36	0,40	0,43	0,45	0,46	0,24	0,27	0,30	0,32	0,32
20	0,34	0,37	0,40	0,42	0,43	0,22	0,26	0,28	0,29	0,29
25	0,29	0,33	0,36	0,38	0,39	0,19	0,21	0,24	0,25	0,25
30	0,25	0,28	0,31	0,33	0,34	0,16	0,18	0,21	0,22	0,22
40	0,20	0,22	0,24	0,26	0,27	0,11	0,14	0,16	0,17	0,17

- **Внешние диаметры шестерни и колеса** вычисляются по формулам, приведённым ниже (точность вычисления рекомендуется для делительных диаметров колес до 0,01 мм):

делительный шестерни $d_{e1}=m_e z_1$; (87)

делительный колеса $d_{e2}=m_e z_2$;

вершин зубьев шестерни $d_{ae1}=d_{e1} + 2(1 + x_{e1})m_e \cos \delta_1$;

вершин зубьев колеса $d_{ae2}=d_{e2} + 2(1 - x_{e1})m_e \cos \delta_2$;

впадин зубьев шестерни $d_{fe2}=d_{e1} - 2(1,2 - x_{e1})m_e \cos \delta_1$;

впадин зубьев колеса $d_{fe2}=d_{e2} - 2(1,2 + x_{e1})m_e \cos \delta_2$.

- **Средние делительные** диаметры шестерни d_1 и колеса d_2 определяются по формулам:

$$d_{m1} \approx 0.857 d_{e1}; \quad (88)$$

$$d_{m2} \approx 0.857 d_{e2}. \quad (89)$$

Значения d_1 и d_2 до целого числа не округлять, записать до сотых долей мм.

7. КОНСТРУИРОВАНИЕ ЗУБЧАТЫХ КОЛЁС

Форма зубчатого колеса может быть плоской или со ступицей, выступающей с одной стороны. Значительно реже (в одноступенчатых редукторах) колеса делают со ступицей, выступающей в обе стороны [6].

При небольших диаметрах колес их изготовляют из прутка, а при больших получают заготовки свободной ковкой с последующей токарной обработкой. Конструкция колеса показана на рис. 25.

Ширину ступицы $l_{СТ}$ колеса желательно принимать равной или больше ширины b_2 зубчатого венца ($l_{СТ} \geq b_2$). Принятую длину ступицы согласуют с расчетной и с диаметром посадочного отверстия d: $l_{СТ} = (0{,}8...1{,}5)d$, обычно $l_{СТ} = (1{,}0...1{,}2)d$.

Диаметр $d_{СТ}$ назначают в зависимости от материала ступицы: для стали - $d_{СТ} = (1{,}5...1{,}55)d$; для чугуна – $d_{СТ} = (1{,}55...1{,}6)d$; для легких сплавов – $d_{СТ} = (1{,}6...1{,}7)d$. Меньшие значения используют для шлицевого соединения колеса с валом, большие – для шпоночного соединения и соединения с натягом.

Толщину обода колеса S принимают:

$$S = 2{,}2m + 0{,}05b_2, \quad (90)$$

где m – модуль зацепления, мм.

На торцах зубчатого венца (зубьях и кромках обода) выполняют фаски, величину которых находят по соотношению

$$f = (0{,}5...0{,}6)m \quad (91)$$

с округлением до стандартного значения.

На прямозубых зубчатых колесах фаску выполняют под углом $\alpha_Ф = 45°$, на косозубых колесах при твердости рабочих поверхностей менее $350HB$ – под углом $\alpha_Ф = 45°$, а при более высокой твердости – $\alpha_Ф = 15...20°$.

Острые кромки торцов ступицы также притупляют фасками, размеры которых принимают по табл. 13.

При серийном производстве заготовки колес получают из прутка свободной ковкой, а также ковкой в штампах. При годовом объеме выпуска колес более 50 шт. экономически оправдана ковка в простейших односторонних подкладных штампах.

Таблица 13

Размеры фасок на торцах ступицы колеса

d, мм	40…50	50…80	80…120	120… …150	150… …250	250… …500
f, мм	1,6	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0

При готовом объеме выпуска более 100 шт. применяют двусторонние штампы. Для свободной выемки заготовок из штампа принимают значения штамповочных уклонов $\gamma \geq 7°$ и радиусов закруглений $R \geq 6$ мм.

Толщина диска

$$C \approx 0{,}5(S + S_{CT}) \geq 0{,}25 b_2, \qquad (92)$$

где $S_{CT} = 0{,}5(d_{CT} - d)$.

В диске обычно выполняют 4…6 технологических отверстий диаметром 18…22 мм.

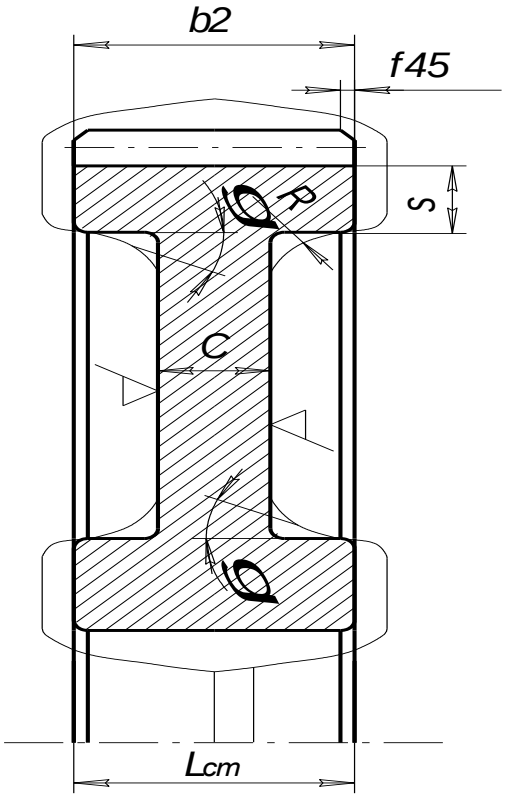


Рис. 27. Конструкция колеса

Для уменьшения влияния термической обработки на точность геометрической формы зубчатые колеса при *HB* >350 делают массивными:

$$C = (0{,}35...0{,}4) b_2. \qquad (93)$$

Нормализованные и улучшенные колеса делают с более тонким диском (

$C = 0{,}25b_2$).

Зубчатые колеса, вращающиеся с относительно высокой частотой ($n \geq 1000 мин^{-1}$), обрабатывают кругом и балансируют путем высверливания отверстий на торцах обода.

Базовыми поверхностями при нарезании зубьев являются поверхность центрального отверстия и торцы зубчатого венца. Производительность возрастает при нарезании зубьев в «пакете» из двух колес и более.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

ЗАКЛЁПОЧНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Задача № 1

Две пластины соединены внахлест; силы, приложенные на растяжение равны 220 кН. В наличии имеются заклепки диаметром 19 мм, диаметр отверстий d_0 по ГОСТ=20 мм, толщина пластины 10 мм. Материал заклепок Ст 2 ($[\tau_{ср}]$=140 Н/мм^2). Определить необходимое число заклепок.

Ответ: 5 шт.

Задача № 2

Определить напряжение смятия в заклепочном соединении при толщине косынки, равной толщине полосы $\delta_к=\delta$=10 мм, и допускаемое напряжение на смятие $[\sigma_{см}]$=320 Н/мм^2, если приложенная сила равна 220 кН, число заклепок 5 и диаметр сверлений под них 20 мм.

Ответ: 220 МПа.

Задача № 3

Определить требуемый диаметр заклепок из материала Ст 2, если известно, что этих заклепок необходимо установить 5 шт, и действующая сила в соединении F =220 кН.

Ответ: 20 мм.

Задача № 4

Определить напряжение среза заклепок при растягивающей силе F=120·10^3 Н соединения внахлест двух пластин толщиной d/2 каждая, если диаметр заклёпок d=20 мм. Число заклепок 5.

Ответ: 76,4 МПа.

Задача № 5

Определить, какое усилие может воспринимать заклепочные соединения при креплении двух пластин равной толщины d_0/2, где d_0 – диаметр сверлений под заклепки равный 20 мм. Материал заклепки сталь Ст 2 $[\sigma_{см}]$=320 Н/мм^2; $[\tau_{ср}]$=140 Н/мм^2 . Число заклепок 5.

Ответ: 220 кН.

СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Задача № 6

Две полосы из стали Ст 5 ($\sigma_т$=235 МПа) сечением 150 мм на 8 мм соединены встык ручной сваркой. Определить допустимое максимальное усилие, если $[\sigma_р']$=141 МПа.

Ответ: 169 кН.

Задача № 7

Определить длину комбинированного сварного шва, если действует усилие *F*=120 кН, катет шва k=5 мм, $[\sigma'_р]$=160 МПа, $[\tau'_{ср}]$=96 МПа.

Ответ: 0,358 м.

Задача № 8

Две полосы соединены внахлест фланговым швом ручной сваркой электродами Э–50, катет шва *k*=4 мм, $[\sigma_р']$=180 МПа, $[\tau'_{ср}]$=108 МПа, длина шва *l*=15 см. Определить допустимое максимальное усилие.

Ответ: 90,7 кН.

Задача № 9

Две полосы из стали Ст 5 ($\sigma_т$=235 кН) соединены встык ручной сваркой электродами Э-42. Определить допустимое напряжение сварного шва.

Ответ: 141 МПа.

Задача № 10

Определить катет сварного шва любого типа при соединении внахлест двух полос ручной сваркой, если длина шва *l*=20 см, сила действующая на полосы *F*=135 кН, $[\tau'_{ср}]$=100 МПа.

Ответ: 10 мм.

Задача № 11

Определить длину фланговых сварных швов в соединении внахлест уголка № 10 (*b*=100 мм, z_0 =2,83 см) с косынкой, если суммарная длина сварного шва *l*=60 см.

Ответ: 170 и 430 мм.

Задача № 12

Определить суммарную длину фланговых сварных швов в соединении внахлест уголка № 10 (*b*=100 мм, z_0 =2,83 см) с косынкой, если *F*=400 кН, катет шва 10 мм и допускаемое напряжение сварного шва $[\tau'_{ср}]$=120 МПа.

Ответ: 476 мм.

Задача № 13

Определить напряжения в сварном шве, соединяющем два стальных листа встык шириной 200 мм и толщиной 10 мм, если растягивающее усилие *F* =180 кН и допускаемое напряжение в сварном шве 140 МПа. Материал – сталь 5 ($\sigma_т = 235$ МПа).

Ответ: 90 МПа.

ШПОНКИ

Задача № 14

Для шпонки с закруглёнными концами определить момент, который она может передать в соединении вала с зубчатым колесом. Диаметр вала *d*=70 мм; размеры шпонки $l_{раб}$=80 мм; *h*=12 мм; *в*=20 мм; и допускаемое напряжение

$[\sigma_{см}]$=85 МПа.

Ответ: 1428 Нм

Задача № 15

Для призматической шпонки сечением 14х 9 и длиной l=100 мм определить рабочую длину $l_{раб}$., если известно b=14 мм; h=9 мм.

Ответ: 86 мм.

Задача № 16

Зубчатое колесо соединено с валом призматической шпонкой и рассчитано для передачи крутящего момента T=450 Нм. Определить диаметр вала, если допускаемое напряжение на кручение $[\tau_{кр}]$=16 МПа.

Ответ: 52 мм.

Задача № 17

Проверить соединение шпонки с валом диаметром 38 мм на смятие. Крутящий момент 274 Нм; размеры шпонки заданы: l=32 мм, h=13 мм, $в$=10 мм и допускаемое напряжение на смятие $[\sigma_{см}]$=200 МПа.

Ответ: 100,8 МПа.

Задача № 18

По заданным размерам призматической шпонки проверить шпонку на срез: $l_{раб}$=28 мм; $в$=10 мм. Диаметр вала 38 мм, передаваемый крутящий момент 275 Нм, допускаемое напряжение на срез 60 МПа.

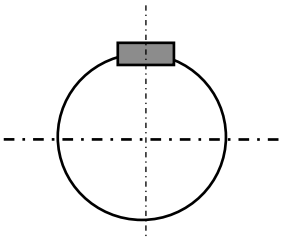
Ответ: 51,7 МПа.

Задача № 19

Проверить шпонку на смятие, если крутящий момент 500 Н. Размеры шпонки по ГОСТ 23360-78 выбраны $16\times10\times50$ мм. Диаметр вала d = 50 мм. Допускаемое напряжение на смятие $[\sigma_{см}]$= 100 МПа.

Ответ: 118 МПа.

Задача № 20



Передаваемый валом крутящий момент Т=1000 Нм, диаметр вала 50мм, сечение шпонки bх h= 14х9 мм, допускаемое напряжение на смятие $[\sigma_{см}]$= 100 МПа. Рассчитать необходимую длину шпонки согласно ГОСТ 23360-78 .

Ответ: 110 мм.

РЕЗЬБОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Задача № 21

Стержень винта нагружен только внешней растягивающейся силой, равной 100 Н. Определить напряжение растяжения в стержне, если его диаметр (внутренний диаметр резьбы) d_1=0,01 м.

Ответ 1,27 МПа.

Задача № 22

Соединение при помощи болта и гайки, установленном без зазора болта в отверстие детали, нагружено поперечными усилиями. Определить прочность болта на срез, если внешний диаметр болта 10 мм, сила деформации 8 кН. Толщину пластин принять $\delta_1=\delta_2=20$ мм.

Ответ: 102 МПа.

Задача № 23

Соединение при помощи болта и гайки нагружено поперечными усилиями. Болт установлен в отверстие детали без зазора. Определить диаметр болта, если сила деформации $6\cdot10^3$ Н, а предельно допустимое напряжение на срез $[\tau_{ср}]=120$ МПа.

Ответ: 8 мм.

Задача № 24

Соединение при помощи болта и гайки нагружено поперечными усилиями. Болт установлен в отверстие детали без зазора. Определить максимальную величину этих усилий деформации, если установлен болт М10х1,5. Предельно допустимое напряжение на срез $[\tau_{ср}]=80$ МПа.

Ответ: 6280 Н.

Задача № 25

Стержень винта нагружен только внешней растягивающейся силой – определить ее максимальное значение, если предельно допустимое напряжение растяжения $[\sigma]=144$ МПа в стержне, а его диаметры $d=12$ мм, $d_1=10{,}106$ мм, $d_2=10{,}863$ мм и шаг 1,75 мм.

Ответ: 115450 Н.

ВАЛЫ

Задача № 26

Найти вращающий момент на ведущем валу (на тихоходном валу редуктора) Нм, если известна частота вращения вала 400 об/мин и передаваемая мощность – 4 кВт.

Ответ: 95,5 Нм.

Задача № 27

Рассчитать крутящий момент на выходном валу, если известно, что передаваемая мощность 4,5 кВт, а частота его вращения $n=960$ об/мин.

Ответ: 44,8 Нм.

Задача № 28

Определить крутящий момент на валу, передаваемый зубчатым колесом, соединённым с валом призматической шпонкой, если окружное усилие на зубчатом колесе равно 12 кН. Диаметр вала 60 мм, делительный диаметр колеса 150 мм.

Ответ: 900 Нм.

ПЕРЕДАЧИ

Задача № 29

Рассчитать максимальное значение удельной нагрузки, распределенной по линии контакта зубьев если известны нормальная сила в зацеплении 0,95 кН, коэффициент расчетной нагрузки 1,5 и суммарная длина линии контакта зубьев 400 мм.

Ответ 3563 Н/м.

Задача № 30

Найти делительные окружности зубчатых колес (ведущего и ведомого) в прямозубой зубчатой передаче, если известен модуль 4мм и количество зубьев первого колеса 21 шт и второго 85 шт.

Ответ 84 мм и 340 мм.

Задача № 31

Найти межосевое расстояние в прямозубой зубчатой передаче, если известен модуль 4 мм и количество зубьев первого колеса 21 шт и второго 85 шт.

Ответ 212 мм

Задача № 32

Прямозубая передача имеет следующие параметры: $a=300$ мм, $d_1=100$ мм, $d_{a1}=150$ мм, $m=4$. Определить z_1; z_2.

Ответ 25 и 125 шт.

Задача №33

Определить диаметр ведомого шкива в ремённой передаче, если диаметр ведущего шкива $d_1=200$ мм, а скорость вращения $n_1=750$ об/мин. Скорость вращения ведомого шкива $n_2=300$ об/мин. Трением скольжения пренебречь. Ответ 500 мм.

Задача № 34

Определить радиальное усилие F_r в прямозубой зубчатой передаче, если диаметр вала $d_1=40$ мм, крутящий момент $T=44,8$ Нм.

Ответ 2240 Н.

Задача №35

Определить диаметр ведущего шкива клиноременной передачи, если передаваемая мощность 6 кВт и частота вращения шкива $n_1=750$ об/мин. Принять $K_d=40$.

Ответ 170 мм.

Задача №36

Определить количество клиновых ремней для передачи мощности $P_{ном}=72$ кВт. Допускаемая передаваемая мощность одного ремня $[P_н]=18$ кВт.

Ответ 4 шт.

Задача № 37

Определить окружную силу, передаваемую клиновыми ремнями, если передаваемая ими мощность $P_н$=7,3 кВт, а угловая скорость ведущего шкива диаметром d_1=200 мм равняется 16 $с^{-1}$.
Ответ 4563 Н.

Задача № 38

Рассчитать радиальное усилие, действующее в прямозубой передаче, если известны крутящий момент 200 Нм, делительный диаметр зубчатого колеса 145 мм и угол зацепления 20º.
Ответ 1004 Н.

Задача № 39

Найти делительные диаметры двух цилиндрических колес в прямозубой зубчатой передаче, если известны m=2,5 мм, U=3,15 мм, z_1=27 мм.
Ответ d_1=67,5мм; d_2=212,5мм.

Задача № 40

Рассчитать нормальное усилие действующее в прямозубой цилиндрической передаче, если известны крутящий момент 200 Нм, делительный диаметр зубчатого колеса 145 мм и угол зацепления 20º.
Ответ 2936 Н.

Задача № 41

Рассчитать удельную нагрузку действующую на колесо, если известно F_t=2900 Н, l=0,2 мм, Кн=1, α=20º
Ответ 15431 Н/м.

УКАЗАНИЯ К ВЫБОРУ НОМЕРА И КОЛИЧЕСТВА ЗАДАНИЙ

Количество задач, входящих в контрольную работу различное для разных специальностей.

Студенты, изучающие дисциплину "Прикладная механика", выполняют следующие задачи контрольной работы:

1. задачи по расчету сварных соединений (С);
2. задачи по расчету резьбовых соединений (Р);
3. расчет зубчатой передачи (З).

Номера задач выбираются по таблице, в соответствии с последней цифрой шифра в зачетной книжке.

Задача	Последняя цифра шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
С	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4
Р	6	5	4	3	2	1	6	5	4	3
З	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1

Номер варианта каждой задачи выбирается по предпоследней цифре шифра.

Задачи по расчету сварных соединений (С)

С.1. Рассчитать сварное соединение уголка № 10 (100х100х10) с косынкой при действии силы 2*F* (рис.С.1) по данным табл.С.1.

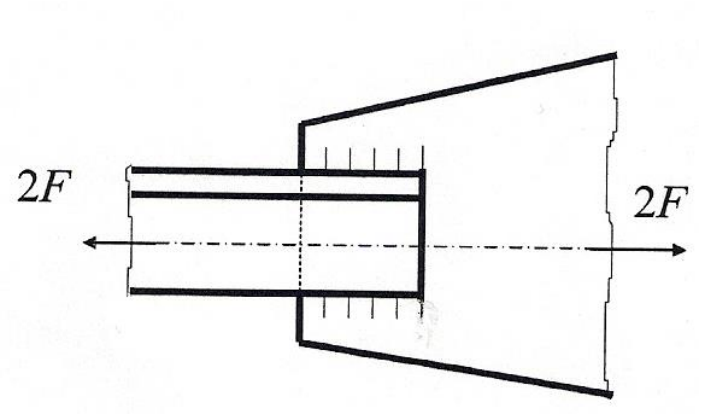


Рис.С.1. Соединение уголка с косынкой

С.2 .Рассчитать сварное соединение, состоящее из серьги, блока и швеллера (рис.С.2) по данным табл.С.2. Толщина серьги δ. Материал электрода и метод сварки выбрать самостоятельно.

Таблица С.1

Величины	В А Р И А Н Т Ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
2F, кН	50	55	65	70	75	80	85	90	95	100
Электроды	Э42А	Э42А	Э42А	Э42А	Э42	Э42	Э42	Э50	Э50	Э50
Метод сварки	Автоматическая под слоем флюса			Автоматическая				Ручная		

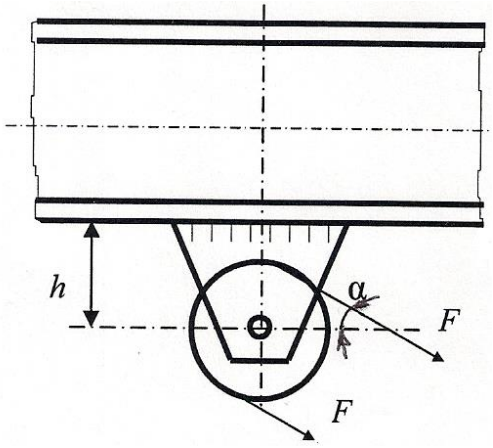


Рис.С.2. Сварное соединение блока, серьги и швеллера

Таблица С.2

Величины	В А Р И А Н Т Ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
F, кН	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
h, мм	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380
δ, мм	8	8	10	10	12	12	14	14	16	16
α, рад	П/4	П/3	П/6	П/4	П/3	П/6	П/4	П/3	П/6	П/4

С.3. Рассчитать сварное соединение, крепящее опорный швеллер №16а к стальной плите (рис.С.3). Электрод Э50. Сварка ручная. Данные для расчета приведены в табл.С.3.

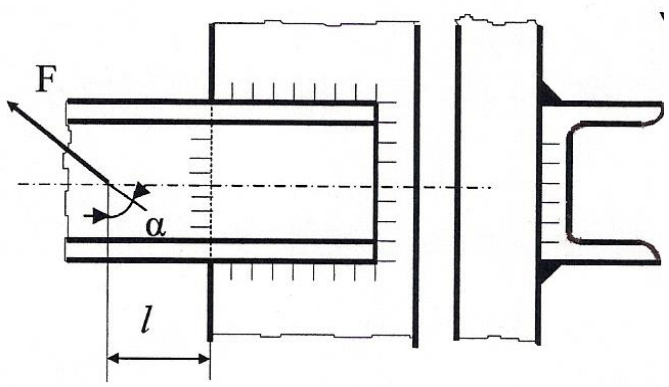


Рис.С.3. Сварное соединение швеллера с плитой

Таблица С.3

Величины	В А Р И А Н Т Ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
F, кН	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12
l, мм	600	650	700	750	800	850	900	1000	1050	1100
α, рад	П/6	П/4	П/3	П/6	П/4	П/3	П/6	П/4	П/3	П/6

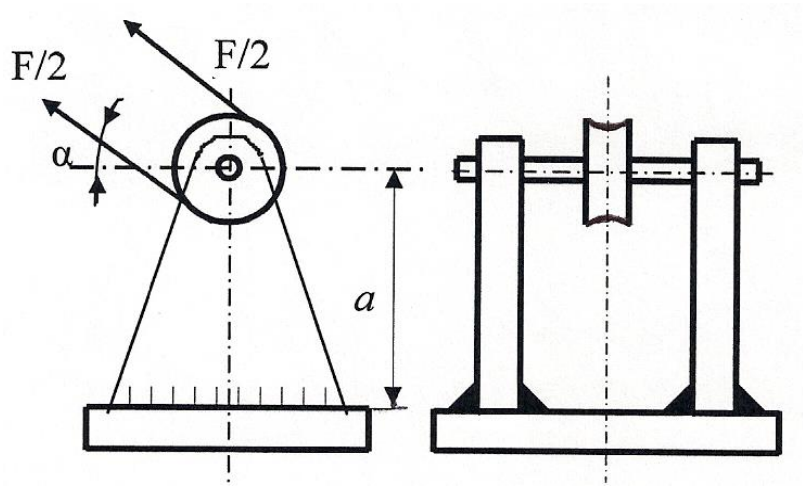


Рис.С.4. Блок монтажного устройства

С.4. Рассчитать сварное соединение, крепящее неподвижный блок монтажного устройства к плите (рис.С.4), по данным табл.С.4. Материал электрода и метод сварки выбрать самостоятельно.

Таблица С.4

Величины	В А Р И А Н Т Ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
F, кН	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
a, мм	600	620	640	660	680	700	680	660	640	620
α, рад	П/4	П/3	П/6	П/4	П/3	П/6	П/4	П/3	П/6	П/4

С.5. Проверить прочность сварных швов, соединяющих диск с зубчатым ободом и диск со ступицей (Рис.С.5). Мощность, передаваемая колесом – *P*, угловая скорость его – ω , толщина швов k_1 и k_2 и диаметры d_c, D_c, d заданы в табл.С.5. Сварка ручная. Диск – Ст3, ступица и обод – сталь 40.

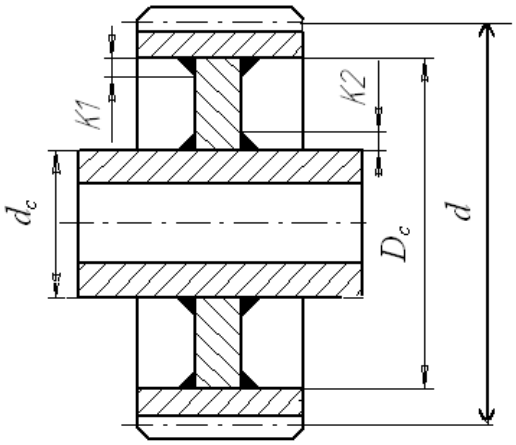


Рис.С.5. Сварное зубчатое колесо

Таблица С.5

Величины	В А Р И А Н Т Ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
P, кВт	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
ω, рад/с	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
d_c, мм	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145
D_c , мм	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625
d , мм	500	525	550	575	600	625	650	675	750	800
k_1, мм	4	4	4	6	6	6	8	8	8	8
k_2 , мм	6	6	6	8	8	8	10	10	10	10

С.6. Рассчитать сварное соединение листа 1 с уголком 2 (рис.С.6) по данным табл С.6.

Таблица С.6

Величины	В А Р И А Н Т Ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
F , кН	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
a , см	15	15	20	20	25	25	30	30	35	35
b , см	5	5	8	8	10	10	12	12	15	15
α, рад	П/3	П/4	П/6	П/6	П/3	П/4	П/6	П/6	П/3	П/4

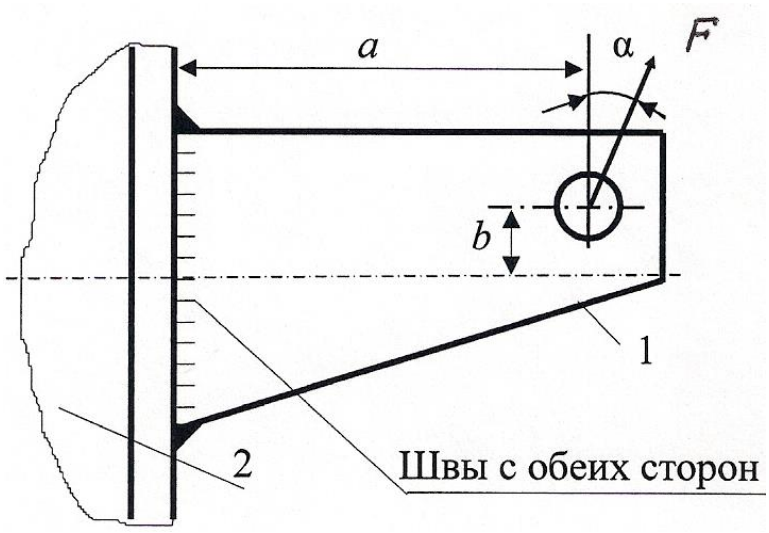


Рис.С.6. Сварное соединение листа с уголком

Вторая группа задач

Задача Р.1.Определить диаметр болтов фланцевого соединения верхней части автоклава с его корпусом (рис.Р.1). Давление жидкости внутри автоклава по манометру p , внутренний диаметр верхней части автоклава D и количество болтов z заданы в табл.Р.1.

Таблица Р.1

Величины	В А Р И А Н Т Ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
p, МПа	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,1	1,0	0,9
D , мм	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290
Z	6	6	6	6	6	8	8	8	8	8

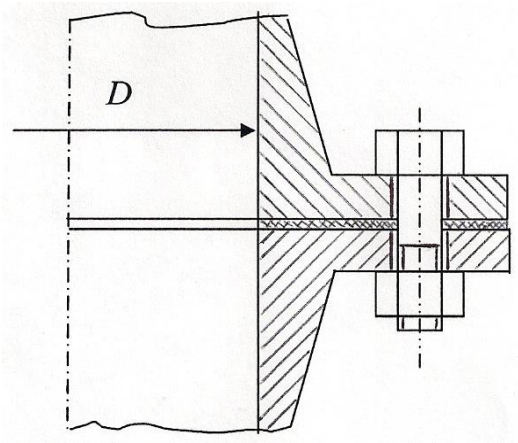


Рис.Р.1. Часть автоклава

Задача Р.2. Рассчитать болты, скрепляющие зубчатое колесо с барабаном лебедки (рис.Р.2). Расчет вести в двух вариантах: а) болты поставлен с зазором; б) болты поставлены без зазора. Грузоподъёмность лебедки F и диаметры D_1 и D_2 заданы в табл.Р.2. Число болтов равно 6.

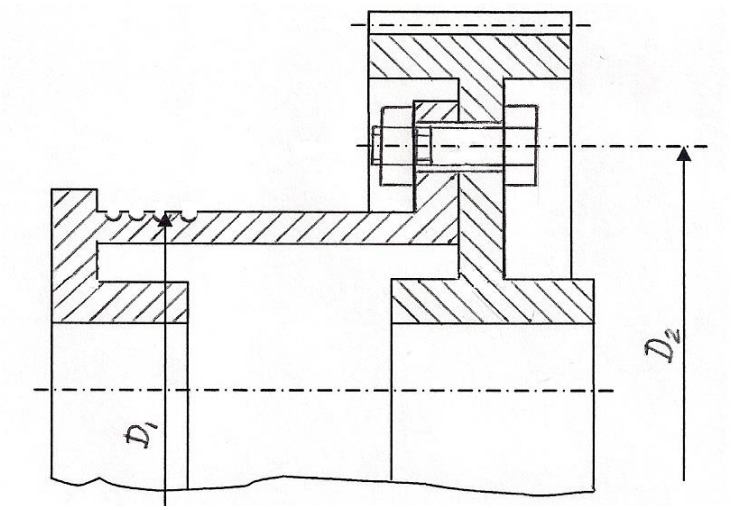


Рис.Р.2. Барабан лебёдки в соединении с зубчатым колесом

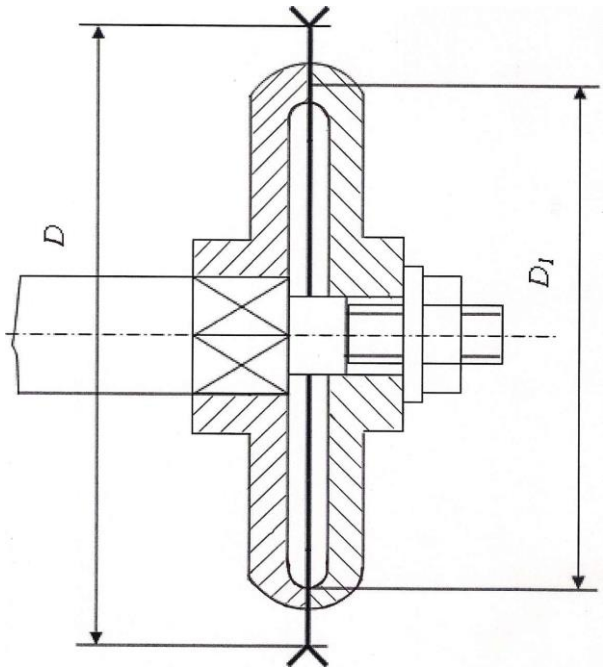
Таблица Р.2

Величины	В А Р И А Н Т Ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
F , кН	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
D_1 , мм	250	250	300	300	350	350	400	400	450	450
D_2 , мм	400	400	450	450	500	500	550	550	600	600

Задача Р.3. Определить диаметр нарезной части дисковой пилы, которая удерживается между двумя шайбами посредством сил трения, возникающих при затяжке гайки на конце вала (рис.Р.3). Пила преодолевает сопротивление резанию силу F. Данные для расчета приведены в табл.Р.3.

Таблица Р.3

Величины	В А Р И А Н Т Ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
F , Н	600	625	650	675	700	725	750	775	800	825
D, мм	700	700	650	650	600	600	550	550	500	500
D_1, мм	400	400	350	350	300	300	250	250	200	200



Задача Р.4. Определить диаметр фундаментных болтов, крепящих стойку к бетонному основанию (рис.Р.4). Коэффициент трения основания стойки о бетон f=0,4. Болты принять с метрической резьбой по ГОСТ. Данные для расчета приведены в табл.Р.4.

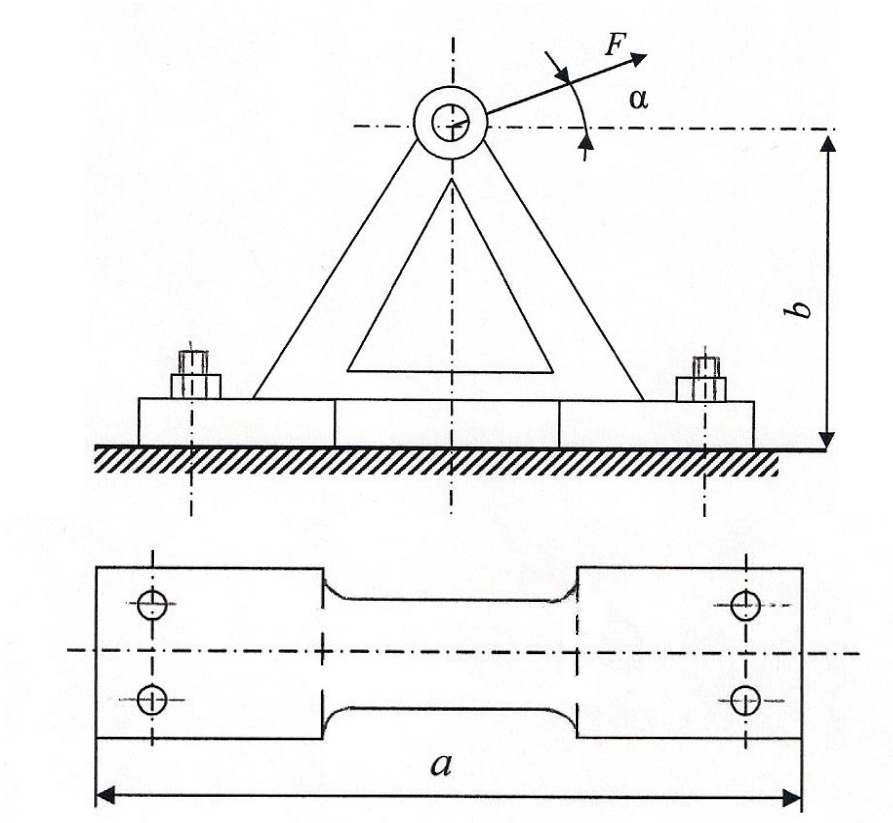


Рис.Р.4. Стойка

Таблица Р.4

Величины	В А Р И А Н Т Ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
F, кН	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
α, рад	П/6	П/4	П/3	П/4	П/6	П/3	П/6	П/4	П/3	П/6
a , мм	600	600	650	650	700	700	750	750	800	800
b , мм	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850

Задача Р.5. Рассчитать клеммовое болтовое соединение, обеспечивающее передачу крутящего момента с рычага в результате приложения на его конце силы *F*, на вал диаметром *d* (рис.Р.5) по данным табл.Р.5.

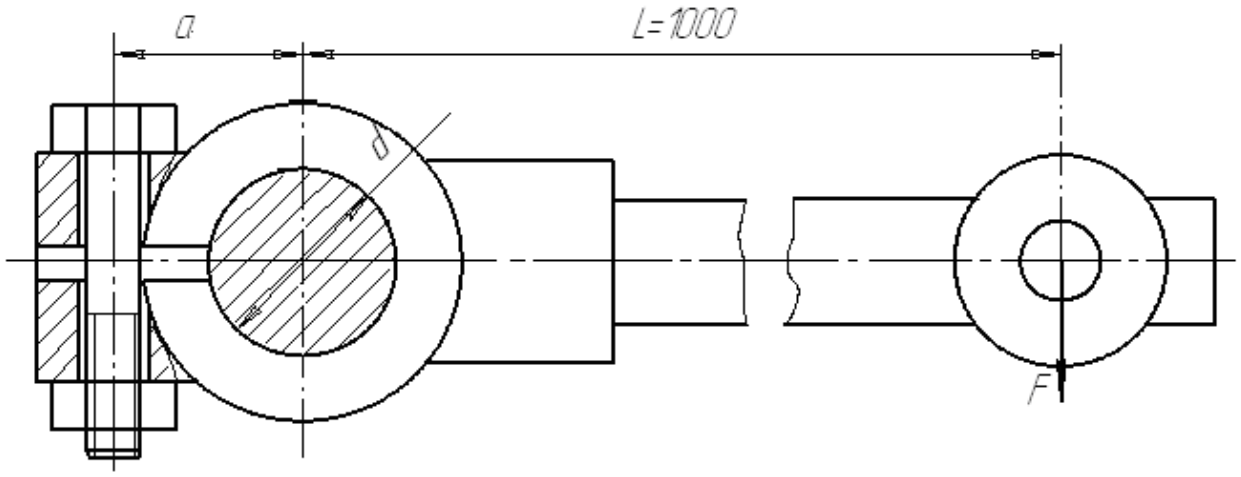


Рис.Р.5. Клеммовое соединение

Таблица Р.5

Величины	В А Р И А Н Т Ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
d , мм	40	42	45	48	50	52	55	58	60	63
Коэффициент трения скольжения	0,2	0,2	0,2	0,2	0,18	0,18	0,18	0,15	0,15	0,15
F, кН	5	5	5	5	5,5	5,5	5,5	6	6	6
a , мм	400	420	440	460	480	500	520	540	560	580

Задача Р.6. Рассчитать болты фланцевой муфты, передающей мощность P при частоте вращения n, диаметр окружности осей болтов D_0. Число болтов равно z. Расчет произвести для двух вариантов:

а) болты поставлены без зазора;

б) болты установлены с зазором, коэффициент трения между торцами полумуфт $f = 0{,}15$.

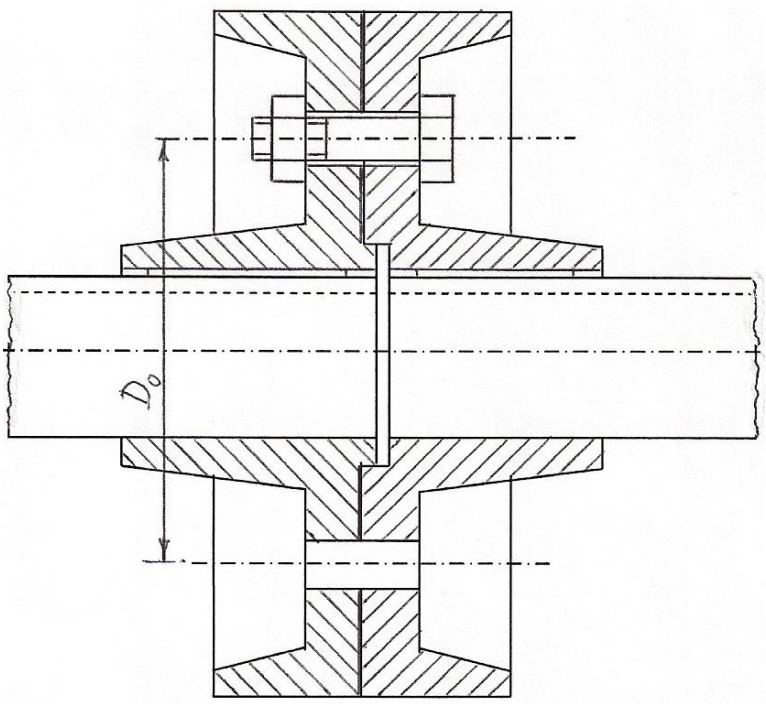


Рис.Р.6

Таблица Р.6

Величины	В А Р И А Н Т Ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
P , кВт	50	55	60	65	75	80	85	90	95	100
n ,об/мин	250	250	300	300	350	350	400	400	450	450
D_0, мм	220	220	220	230	230	230	240	240	250	250
z	6	7	8	9	6	7	8	9	6	7

Приложение 1

ПРИЗМАТИЧЕСКАЯ ШПОНКА (ГОСТ 23360-78)

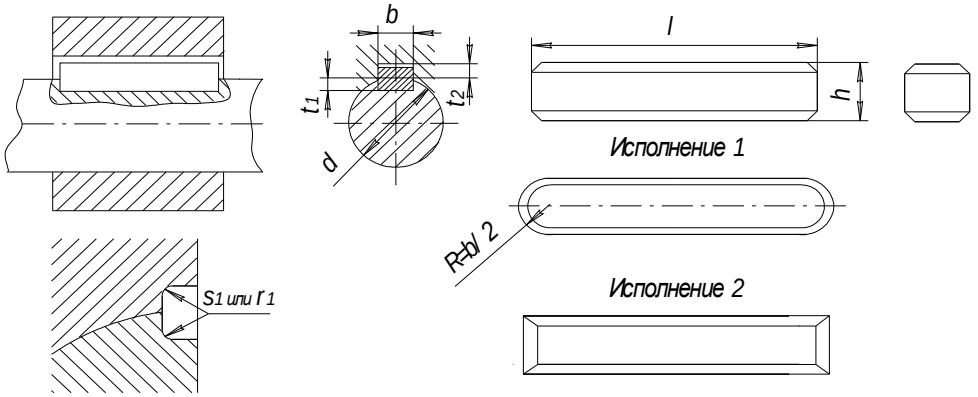


Таблица П.1

d	b	h	t_1	t_2	l		s_1 или r_1	s или r
					от	до		
Свыше 12 до 17	5	5	3	2,3	–	–	–	–
Свыше 17 до 22	6	6	3,5	2,8	–	–	–	–
Свыше 22 до 30	8	7	4,0	3,3	–	–	–	–
Свыше 30 до 38	10	9	5,5	3,8	22	110	0,25 …0,4	0,4… 0,6
Свыше 38 до 44	12	11	7	4,4	28	140		
Свыше 44 до 50	14	12	7,5	4,9	38	160		
Свыше 50 до 58	16	14	9	5,4	45	180		
Свыше 58 до 65	18	16	10	6,5	50	200		
Свыше 65 до 75	20	18	11	7,4	56	220	0,4… 0,6	0,6… 0,8
Свыше 75 до 85	22	20	12	8,4	63	250		
Свыше 85 до 95	25	22	13	9,4	70	280		
Свыше 95 до 110	28	25	15	10,4	80	320		
Свыше 110 до 130	32	28	17	11,4	90	360		
Свыше 130 до 150	36	32	20	12,4	100	400	0,7… 1,0	1,0… 1,2
Свыше 150 до 170	40	36	22	14,4				
Свыше 170 до 200	45	40	25	15,4	110	450		
Свыше 200 до 230	50	45	28	17,4	125	500		
Свыше 230 до 260	56	50	31	19,5	140	500	1,2… 1,6	1,6… 2,0
Свыше 260 до 290	63	60	36	24,5	160			
Свыше 290 до 330	70	65	39	26,5	180			
Свыше 330 до 380	80	75	44	31,5	200		2,0… 2,5	2,5… 3,0
Свыше 380 до 440	90	85	49	36,5	220			
Свыше 440 до 500	100	95	54	41,5	250			

Примечания: 1. Допускается в отдельных обоснованных случаях применять меньшие размеры сечений шпонок на валах больших диаметров, за исключением выходных концов валов.

2. Стандартные длины шпонок: 6; 8; 10; 12; 14; 16;20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63; 70; 80; 90; 100; 110; 125; 140; 160; 180; 200; 220; 250 мм.

Приложение 2

СЕГМЕНТНАЯ ШПОНКА (ГОСТ 24071-80)

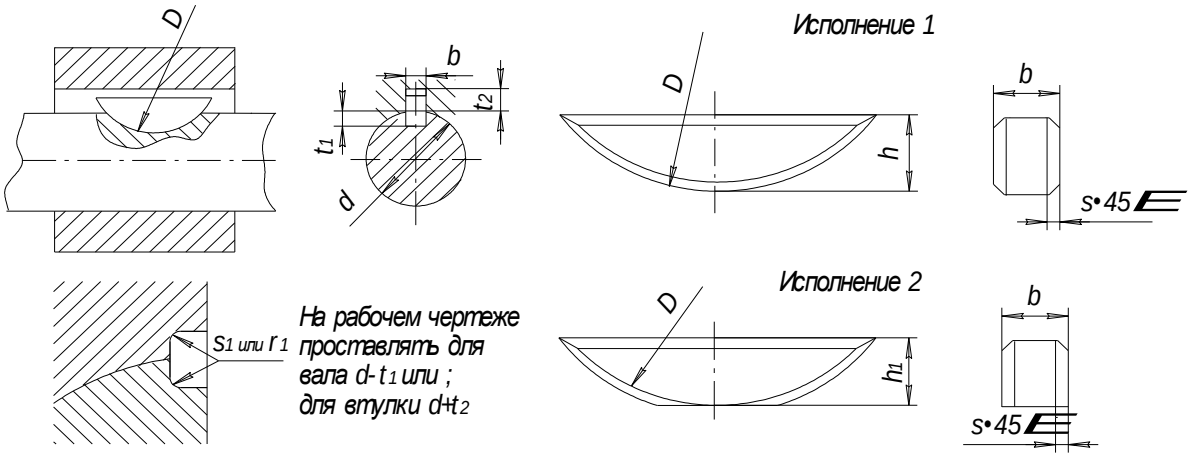


Таблица - П2

d для шпонок		Размеры шпонок $b \times h \times D$	t_1	t_2	s_1 или r_1	s или r
Передающих крутящий момент	Фиксирующих элементов					
От 3 до 4 Свыше 4 до 5 Свыше 5 до 6 Свыше 6 до 7 Свыше 7 до 8 Свыше 8 до 10 Свыше 10 до 12	От 3 до 4 Свыше 4 до 6 Свыше 6 до 8 Свыше 8 до 10 Свыше 10 до 12 Свыше 12 до 15 Свыше 15 до 18	1×1,4×4 1,5×2,6×7 2×2,6×7 2×3,7×10 2,5×3,7×10 3×5×13 3×6,5×16	1,0 2,0 1,8 2,9 2,7 3,8 5,3	0,6 0,8 1,0 1,0 1,2 1,4 1,4	0,08 … 0,16	0,16 … 0,25
Свыше 12 до 14 Свыше 14 до 16 Свыше 16 до 18 Свыше 18 до 20 Свыше 20 до 22 Свыше 22 до 25 Свыше 25 до 28 Свыше 28 до 32 Свыше 32 до 38	Свыше 18 до 20 Свыше 20 до 22 Свыше 22 до 25 Свыше 25 до 28 Свыше 28 до 32 Свыше 32 до 36 Свыше 36 до 40 до 40 до 40	4×6,5×16 4×7,5×19 5×6,5×16 5×7,5×19 5×9×22 6×9×22 6×10×25 8×11×28 10×13×32	5,0 6,0 4,5 5,5 7,0 6,5 7,5 8,0 10	1,8 1,8 2,3 2,3 2,3 2,8 2,8 3,3 3,3	0,16 … 0,25	Св. 0,25 до 0,4 0,4…0,6

Пример условного обозначения сегментной шпонки

исполнения 1 $b \times h = 5 \times 6{,}5$ мм:

Шпонка 1 $5 \times 6{,}5$ ГОСТ 24071 - 80

То же, исполнение 2 сечение $b \times h_1 = 5 \times 5{,}2$ мм:

Шпонка 2 $5 \times 5{,}2$ ГОСТ 24071 - 80

Приложение 3

СОЕДИНЕНИЯ ШЛИЦЕВЫЕ ПРЯМОБОЧНЫЕ (ГОСТ 1139 - 80)

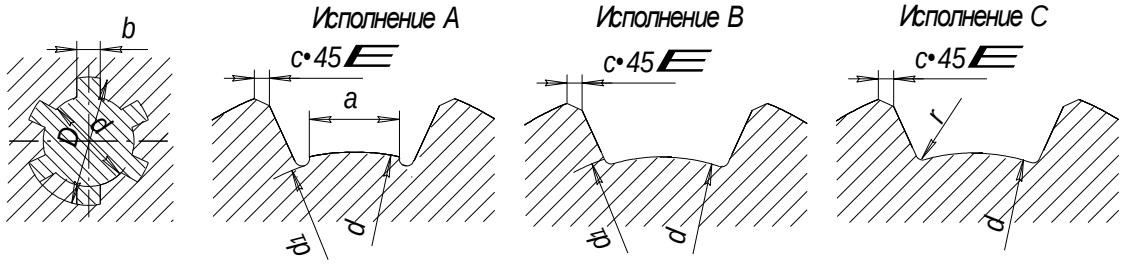


Таблица П.3

РАЗМЕРЫ ЛЕГКОЙ СЕРИИ, ММ

$z \times d \times D$	b	d_1	a	c		r
		Не менее		Номинальный размер	Предельные отклонения	
6 × 23 × 26	6	22,1	3,54	0,3	+0,2	0,2
6 × 26 × 30	6	24,6	3,85			
6 × 28 × 32	7	26,7	4,03			
8 × 32 × 36	6	30,4	2,71	0,4		0,3
8 × 36 × 40	7	34,5	3,46			
8 × 42 × 46	8	40,4	5,03			
8 × 46 × 50	9	44,6	5,73			
8 × 52 × 58	10	49,7	4,89	0,5	+0,3	0,5
8 × 56 × 62	10	53,6	6,38			
8 × 62 × 68	12	59,8	7,31			
10 × 72 × 78	12	69,6	5,45			
10 × 82 × 88	12	79,3	8,62			
10 × 92 × 98	14	89,4	10,08			
10 × 102 × 108	16	99,9	11,49			
10 × 112 × 120	18	108,8	10,72			

Продолжение табл. П. 3

РАЗМЕРЫ СРЕДНЕЙ СЕРИИ, ММ

$z \times d \times D$	b	d_1	a	c		r
		Не менее		Номинальный размер	Предельные отклонения	
6 × 11 × 14	3	9,9	–	0,3	+0,2	0,2
6 × 13 × 16	3.5	12,0	–			
6 × 16 × 20	4	14,5	–			
6 × 18 × 22	5	16,7	–			
6 × 21 × 25	5	19,5	1,95			
6 × 23 × 28	6	21,3	1,34			
6 × 26 × 32	6	23,4	1,65	0,4		0,3
6 × 28 × 34	7	25,9	1,7			
8 × 32 × 38	6	29,4	-			
8 × 36 × 42	7	33,5	1,02			
8 × 42 × 48	8	39,5	2,57			
8 × 46 × 54	9	42,7	–	0,5	+0,3	0,5
8 × 52 × 60	10	48,7	2,44			
8 × 56 × 65	10	52,2	2,5			
8 × 62 × 72	12	57,8	2,4			
10 × 72 × 82	12	67,4	–			
10 × 82 × 92	12	77,1	3,0			
10 × 92 × 102	14	87,3	4,5			
10 × 102 × 112	16	97,7	6,3			
10 × 112 × 125	18	106,3	4,4			

Продолжение табл. П. 3

РАЗМЕРЫ ТЯЖЕЛОЙ СЕРИИ, ММ

$z \times d \times D$	b	d_1	a	c		r
		Не менее		Номинальный размер	Предельные отклонения	
$6 \times 11 \times 14$	3	9,9	–	0,3	+0,2	0,2
$6 \times 13 \times 16$	3.5	12,0	–			
$6 \times 16 \times 20$	4	14,5	–			
$6 \times 18 \times 22$	5	16,7	–			
$6 \times 21 \times 25$	5	19,5	1,95			
$6 \times 23 \times 28$	6	21,3	1,34			
$6 \times 26 \times 32$	6	23,4	1,65	0,4		0,3
$6 \times 28 \times 34$	7	25,9	1,7			
$8 \times 32 \times 38$	6	29,4	–			
$8 \times 36 \times 42$	7	33,5	1,02			
$8 \times 42 \times 48$	8	39,5	2,57			
$8 \times 46 \times 54$	9	42,7	–	0,5	+0,3	0,5
$8 \times 52 \times 60$	10	48,7	2.44			
$8 \times 56 \times 65$	10	52,2	2,5			
$8 \times 62 \times 72$	12	57,8	2,4			
$10 \times 72 \times 82$	12	67,4	–			
$10 \times 82 \times 92$	12	77,1	3,0			
$10 \times 92 \times 102$	14	87,3	4,5			
$10 \times 102 \times 112$	16	97,7	6,3			
$10 \times 112 \times 125$	18	106,3	4,4			

Примечание.
Шлицевые валы исполнений А и С изготавливаются при центрировании по внутреннему диаметру, исполнения В – при центрировании по наружному диаметру и боковым сторонам зубьев.

Приложение 4

РЕЗЬБА МЕТРИЧЕСКАЯ (ГОСТ 9150–80)

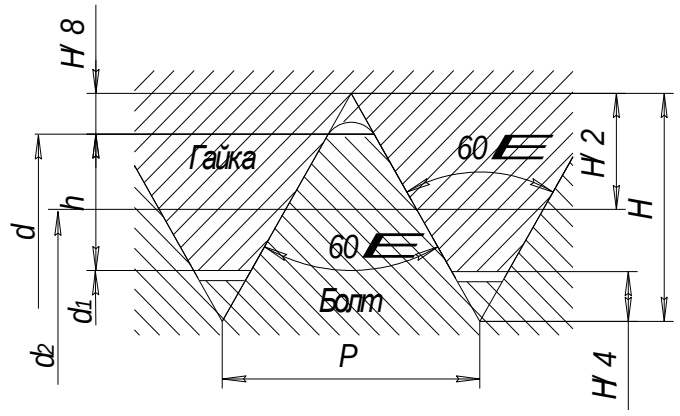


Таблица П. 4

Диаметр наружный, d, мм			Шаг, P, мм	Диаметр, мм			Площадь расчетного сечения	Угол подъема резьбы
Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3		средний резьбы $d_2 = D_2$	внурен. гайки $d_1 = D_1$	расчет-ный винта d_p	$A_{ср}$, мм^2	ψ
5	–	–	0,8 0,5	4,480 4,675	4,134 4,459	4,25 4,53	14 16	3°15′ 1°67′
-	-	5,5	0,5	5,175	4,959	5,03	20	1°56′
6	–	–	1 0,75 0,5	5,350 5,513 5,675	4,918 5,188 5,459	5,06 5,30 5,53	20 22 24	3°24′ 2°29′ 1°36′
–	–	7	1 0,75 0,5	6,350 6,513 6,675	5,918 6,188 6,459	6,06 6,30 6,53	29 31 33	2°52′ 2°6′ 1°22′
8	–	–	1,25 1 0,75 0,5	7,188 7,350 7,513 7,675	6,647 6,918 7,188 7,459	6,83 7,06 7,30 7,53	37 39 42 44	3°10′ 2°29′ 1°49′ 1°11′
–	–	9	1,25 1 0,75 0,5	8,188 8,350 8,513 8,675	7,647 7,918 8,188 8,459	7,83 8,06 8,30 8,53	48 51 54 57	2°47′ 2°11′ 1°36′ 1°3′

продолжение табл. П.4

Диаметр наружный d, мм			Шаг P, мм	Диаметр, мм			$A_{ср}$, мм^2	ψ
Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3		средний резьбы $d_2 = D_2$	внутрен. гайки $d_1 = D_1$	расчетн. винта d_p		
10	–	–	1,5 1,25 1 0,75 0,5	9,026 9,188 9,350 9,513 9,675	8,376 8,647 8,918 9,188 9,459	8,59 8,83 9,06 9,30 9,53	58 61 64 68 71	3°2′ 2°29′ 1°57′ 1°26′ 1°22′
–	–	11	(1,5) 1 0,75 0,5	10,026 10,188 10,350 10,513	9,376 9,918 10,188 10,459	9,59 10,06 10,30 10,53	72 79 83 87	2°29′ 1°46′ 1°18′ 0°51′
12	–	–	1,75 1,5 1,25 1 0,75 0,5	10,863 11,026 11,180 11,350 11,513 11,675	10,106 10,376 10,647 10,918 11,188 11,495	10,36 10,59 10,83 10,06 11,30 11,53	84 88 92 96 100 104	2°56′ 2°29′ 2°2′ 1°36′ 1°11′ 0°47′
–	14	–	2 1,5 1,25 1 0,75 0,5	12,701 13,026 13,180 13,350 13,513 13,675	11,835 12,376 12,647 12,918 13,188 13,495	12,12 12,59 12,83 13,06 13,30 13,53	115 124 129 134 139 144	2°52′ 2°6′ 1°44′ 1°22′ 1°1′ 0°40′
–	–	15	1,5 (1)	14,026 14,350	13,376 13,918	13,59 14,06	145 155	1°57′ 1°16′
16	–	–	2 1,5 1 0,75 0,5	14,701 15,026 15,350 15,513 15,675	13,835 14,376 14,918 15,188 15,495	14,12 14,59 15,06 15,30 15,53	156 167 178 184 189	2°29′ 1°49′ 1°11′ 0°53′ 0°35′

продолжение табл. П. 4

Диаметр Наружный, d, мм			Шаг, P, мм	Диаметр, мм			$A_{ср}$, $мм^2$	ψ
Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3		средний резьбы $d_2 = D_2$	внутрен. гайки $d_1 = D_1$	расчетн. винта d_p		
–	–	17	1,5 (1)	16,026 16,350	15,376 15,918	15,59 16,06	191 203	1°42′ 1°7′
–	18	–	2,5 2 1,5 1 0,75 0,5	16.376 16.701 17.026 17.350 17.513 17.675	15.294 15.835 16.376 18.918 17.188 17.495	15.65 16.12 16.59 17.06 17.30 17.53	192 204 216 228 235 241	2°47′ 2°11′ 1°36′ 1°3′ 0°47′ 0°31′
20	–	–	2.5 2 1.5 1 0.75 0.5	18.376 18.701 19.026 19.350 19.513 19.675	17.294 17.835 18.376 18.918 19.188 19.495	17.65 18.12 18.59 19.06 19.30 19.53	245 258 271 285 292 300	2°29′ 1°57′ 1°26′ 1°22′ 0°42′ 0°28′
–	–	22	2.5 2 1.5 1 0.75 0.5	20.376 20.701 21.026 21.350 21.513 21.675	19.294 19.835 20.376 20.918 21.188 21.495	19.65 20.12 20.59 21.06 21.30 21.53	303 318 333 348 356 364	2°18′ 1°46′ 1°18′ 0°51′ 0°38′ 0°25′
24	–	–	3 2 1.5 1 0.75	22.051 22.701 23.026 23.350 23.513	20.752 21.835 22.376 22.918 23.188	21.18 22.12 22.59 23.06 23.30	352 384 401 418 426	2°29′ 1°36′ 1°11′ 0°47′ 0°35′
–	–	25	2 1.5 0.75	23.701 24.026 24.350	22.835 23.376 23.918	23.12 23.59 24.06	420 437 455	1°33′ 1°8′ 0°45′

продолжение табл. П. 4

Диаметр наружный d, мм			Шаг P, мм	Диаметр, мм			$A_{ср}$, $мм^2$	ψ
Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3		средний резьбы $d_2 = D_2$	внутрен. гайки $d_1 = D_1$	расчетн. винта d_p		
–	–	(26)	1.5	25.026	24.376	24.59	475	1°6′
–	27	–	3	25.051	23.752	24.18	459	2°11'
			2	25.701	24.835	25.12	496	1°25′
			1.5	26.026	25.376	25.59	514	1°3′
			1	26.350	25.918	26.06	533	0°42′
			0.75	26.513	26.188	26.30	543	0°31′
–	–	(28)	2	26.701	25.835	26.12	536	1°22′
			1.5	27.026	26.376	26.59	555	1°1′
			1	27.350	26.918	27.06	575	0°40′
30	–	–	3.5	27.727	26.211	26.72	561	2°18′
			(3)	28.051	26.752	27.18	580	1°57′
			2	28.701	27.835	28.12	621	1°16′
			1.5	29.026	28.376	28.59	642	0°57′
			1	29.350	28.918	29.06	663	0°37′
			0.75	29.513	29.188	29.30	674	0°28′
–	–	(32)	2	30.701	29.835	30.12	712	1°1′
			1.5	31.026	30.376	30.59	735	0°53′
–	33	–	3.5	30.727	29.211	29.72	694	2°5′
			(3)	31.051	29.752	30.18	715	1°46′
			2	31.701	30.835	31.12	761	1°9′
			1.5	32.026	31.376	31.59	784	0°51′
			1	32.350	31.918	32.06	807	0°34′
			0.75	32.613	32.188	32.30	819	0°25′

Приложение 5

УГОЛКИ СТАЛЬНЫЕ ГОРЯЧЕКАТАНЫЕ РАВНОПОЛОЧНЫЕ

СОРТАМЕНТ

Условные обозначения к рисунку 1 и таблице 1:
b - ширина полки;
t - толщина полки;
R - радиус внутреннего закругления;
r - радиус закругления полок;
F- площадь поперечного сечения;
I - момент инерции;
x_0 - расстояние от центра тяжести до наружной грани полки;
I_{xy} - центробежный момент инерции;

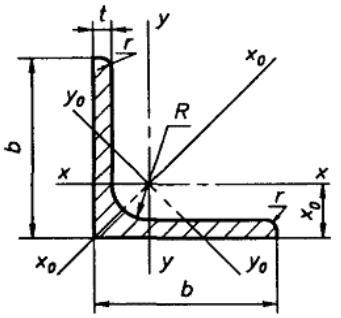


Рисунок 1

ВЫДЕРЖКИ из ГОСТ 8509-93 Таблица П.5

Номер уголка	*b*	*t*	*R*	*r*	*F*, см^2	Справочные значения величин для осей										Масса 1 м, кг
						x - *x*			x_0 - x_0		y_0 - y_0			I_{xy}, см^4	x_0, см	
	мм					*Ix*, см^4	*Wx*, см^3	i_x, см	I_{x0} *max*, см^4	i_{x0} *max*, см	I_{y0} *min*, см^4	W_{y0}, см^3	i_{y0} *min*, см			
2	20	3	3,5	1,2	1,13	0,40	0,28	0,59	0,63	0,75	0,17	0,20	0,39	0,23	0,60	0,89
		4	3,5	1,2	1,46	0,50	0,37	0,58	0,78	0,73	0,22	0,24	0,38	0,28	0,64	1,15
2,5	25	3	3,5	1,2	1,43	0,81	0,46	0,75	1,29	0,95	0,34	0,33	0,49	0,47	0,73	1,12
		4	3,5	1,2	1,86	1,03	0,59	0,74	1,62	0,93	0,44	0,41	0,48	0,59	0,76	1,46
3	30	3	4,0	1,3	1,74	1,45	0,67	0,91	2,30	1,15	0,60	0,53	0,59	0,85	0,85	1,36
		4	4,0	1,3	2,27	1,84	0,87	0,90	2,92	1,13	0,77	0,61	0,58	1,08	0,89	1,78
4	40	3	5,0	1,7	2,35	3,55	1,22	1,23	5,63	1,55	1,47	0,95	0,79	2,08	1,09	1,85
		4	5,0	1,7	3,08	4,58	1,60	1,22	7,26	1,53	1,90	1,19	0,78	2,68	1,13	2,42
		5	5,0	1,7	3,79	5,53	1,95	1,21	8,75	1,52	2,30	1,39	0,78	3,22	1,17	2,98
4,5	45	3	5,0	1,7	2,65	5,13	1,56	1,39	8,13	1,75	2,12	1,24	0,89	3,00	1,21	2,08
		4	5,0	1,7	3,48	6,63	2,04	1,38	10,52	1,74	2,74	1,54	0,89	3,89	1,26	2,73

Номер уголка	*b*	*t*	*R*	*r*	*F*, см^2	Справочные значения величин для осей										Масса 1 м, кг
						x - *x*			x_0 - x_0		y_0 - y_0			I_{xy}, см^4	x_0, см	
	мм					*Ix*, см^4	*Wx*, см^3	i_x, см	I_{x0} *max*, см^4	i_{x0} *max*, см	I_{y0} *min*, см^4	W_{y0}, см^3	i_{y0} *min*, см			
		5	5,0	1,7	4,29	8,03	2,51	1,37	12,74	1,72	3,33	1,81	0,88	4,71	1,30	3,37
5	50	3	5,5	1,8	2,96	7,11	1,94	1,55	11,27	1,95	2,95	1,57	1,00	4,16	1,33	2,32
		4	5,5	1,8	3,89	9,21	2,54	1,54	14,63	1,94	3,80	1,95	0,99	5,42	1,38	3,05
		5	5,5	1,8	4,80	11,20	3,13	1,53	17,77	1,92	4,63	2,30	0,98	6,57	1,42	3,77
		6	5,5	1,8	5,69	13,07	3,69	1,52	20,72	1,91	5,43	2,63	0,98	7,65	1,46	4,47
5,6	56	4	6,0	2,0	4,38	13,10	3,21	1,73	20,79	2,18	5,41	2,52	1,11	7,69	1,52	3,44
		5	6,0	2,0	5,41	15,97	3,96	1,72	25,36	2,16	6,59	2,97	1,10	9,41	1,57	4,25
6,3	63	4	7,0	2,3	4,96	18,86	4,09	1,95	29,90	2,45	7,81	3,26	1,25	11,00	1,69	3,90
		5	7,0	2,3	6,13	23,10	5,05	1,94	36,80	2,44	9,52	3,87	1,25	13,70	1,74	4,81
		6	7,0	2,3	7,28	27,06	5,98	1,93	42,91	2,43	11,18	4,44	1,24	15,90	1,78	5,72
7	70	4,5	8,0	2,7	6,20	29,04	5,67	2,16	46,03	2,72	12,04	4,53	1,39	17,00	1,88	4,87
		5	8,0	2,7	6,86	31,94	6,27	2,16	50,67	2,72	13,22	4,92	1,39	18,70	1,90	5,38
		6	8,0	2,7	8,15	37,58	7,43	2,15	59,64	2,71	15,52	5,66	1,38	22,10	1,94	6,39
		7	8,0	2,7	9,42	42,98	8,57	2,14	68,19	2,69	17,77	6,31	1,37	25,20	1,99	7,39
		8	8,0	2,7	10,67	48,16	9,68	2,12	76,35	2,68	19,97	6,99	1,37	28,20	2,02	8,37
8	80	5,5	9,0	3,0	8,63	52,68	9,03	2,47	83,56	3,11	21,80	7,10	1,59	30,90	2,17	6,78
		6	9,0	3,0	9,38	56,97	9,80	2,47	90,40	3,11	23,54	7,60	1,58	33,40	2,19	7,36
		7	9,0	3,0	10,85	65,31	11,32	2,45	103,60	3,09	26,97	8,55	1,58	38,30	2,23	8,51
		8	9,0	3,0	12,30	73,36	12,80	2,44	116,39	3,08	30,32	9,44	1,57	43,00	2,27	9,65
9	90	6	10,0	3,3	10,61	82,10	12,49	2,78	130,00	3,50	33,97	9,88	1,79	48,10	2,43	8,33
		7	10,0	3,3	12,28	94,30	14,45	2,77	149,67	3,49	38,94	11,15	1,78	55,40	2,47	9,64
		8	10,0	3,3	13,93	106,11	16,36	2,76	168,42	3,48	43,80	12,34	1,77	62,30	2,51	10,93
		9	10,0	3,3	15,60	118,00	18,29	2,75	186,00	3,46	48,60	13,48	1,77	68,00	2,55	12,20
10	100	6,5	12,0	4,0	12,82	122,10	16,69	3,09	193,46	3,89	50,73	13,38	1,99	71,40	2,68	10,06
		7	12,0	4,0	13,75	130,59	17,90	3,08	207,01	3,88	54,16	14,13	1,98	76,40	2,71	10,79
		8	12,0	4,0	15,60	147,19	20,30	3,07	233,46	3,87	60,92	15,66	1,98	86,30	2,75	12,25
		10	12,0	4,0	19,24	178,95	24,97	3,05	283,83	3,84	74,08	18,51	1,96	110,00	2,83	15,10
		12	12,0	4,0	22,80	208,90	29,47	3,03	330,95	3,81	86,84	21,10	1,95	122,00	2,91	17,90
		14	12,0	4,0	26,28	237,15	33,83	3,00	374,98	3,78	99,32	23,49	1,94	138,00	2,99	20,63

Номер уголка	*b*	*t*	*R*	*r*	*F*, см^2	Справочные значения величин для осей										Масса 1 м, кг
						x - *x*			x_0 - x_0		y_0 - y_0			I_{xy}, см^4	x_0, см	
	мм					*Ix*, см^4	*Wx*, см^3	i_x, см	I_{x0} *max*, см^4	i_{x0} *max*, см	I_{y0} *min*, см^4	W_{y0}, см^3	i_{y0} *min*, см			
		16	12,0	4,0	29,68	263,82	38,04	2,98	416,04	3,74	111,61	25,79	1,94	152,00	3,06	23,30
11	110	7	12,0	4,0	15,15	175,61	21,83	3,40	278,54	4,29	72,68	17,36	2,19	106,00	2,96	11,89
		8	12,0	4,0	17,20	198,17	24,77	3,39	314,51	4,28	81,83	19,29	2,18	116,00	3,00	13,50
12,5	125	8	14,0	4,6	19,69	294,36	32,20	3,87	466,76	4,87	121,98	25,67	2,49	172,00	3,36	15,46
		9	14,0	4,6	22,00	327,48	36,00	3,86	520,00	4,86	135,88	28,26	2,48	192,00	3,40	17,30
		10	14,0	4,6	24,33	359,82	39,74	3,85	571,04	4,84	148,59	30,45	2,47	211,00	3,45	19,10
		12	14,0	4,6	28,89	422,23	47,06	3,82	670,02	4,82	174,43	34,94	2,46	248,00	3,53	22,68
		14	14,0	4,6	33,37	481,76	54,17	3,80	763,90	4,78	199,62	39,10	2,45	282,00	3,61	26,20
		16	14,0	4,6	37,77	538,56	61,09	3,78	852,84	4,75	224,29	43,10	2,44	315,00	3,68	29,65
14	140	9	14,0	4,6	24,72	465,72	45,55	4,34	739,42	5,47	192,03	35,92	2,79	274,00	3,76	19,41
		10	14,0	4,6	27,33	512,29	50,32	4,33	813,62	5,46	210,96	39,05	2,78	301,00	3,82	21,45
		12	14,0	4,6	32,49	602,49	59,66	4,31	956,98	5,43	248,01	44,97	2,76	354,00	3,90	25,50
16	160	10	16,0	5,3	31,43	774,24	66,19	4,96	1229,10	6,25	319,33	52,52	3,19	455,00	4,30	24,67
		11	16,0	5,3	34,42	844,21	72,44	4,95	1340,06	6,24	347,77	56,53	3,18	496,00	4,35	27,02
		12	16,0	5,3	37,39	912,89	78,62	4,94	1450,00	6,23	375,78	60,53	3,17	537,00	4,39	29,35
		14	16,0	5,3	43,57	1046,47	90,77	4,92	1662,13	6,20	430,81	68,15	3,16	615,00	4,47	34,20
		16	16,0	5,3	49,07	1175,19	102,64	4,89	1865,73	6,17	484,64	75,92	3,14	690,00	4,55	38,52
		18	16,0	5,3	54,79	1290,24	114,24	4,87	2061,03	6,13	537,46	82,08	3,13	771,00	4,63	43,01
		20	16,0	5,3	60,40	1418,85	125,60	4,85	2248,26	6,10	589,43	90,02	3,12	830,00	4,70	47,41
18	180	11	16,0	5,3	38,80	1216,44	92,47	5,60	1933,10	7,06	499,78	72,86	3,59	716,00	4,85	30,47
		12	16,0	5,3	42,19	1316,62	100,41	5,59	2092,78	7,04	540,45	78,15	3,58	776,00	4,89	33,12
20	200	12	18,0	6,0	47,10	1822,78	124,61	6,22	2896,16	7,84	749,40	98,68	3,99	1073,00	5,37	36,97
		13	18,0	6,0	50,85	1960,77	134,44	6,21	3116,18	7,83	805,35	105,07	3,98	1156,00	5,42	39,92
		14	18,0	6,0	54,60	2097,00	144,17	6,20	3333,00	7,81	861,00	111,50	3,97	1236,00	5,46	42,80
		16	18,0	6,0	61,98	2362,57	163,37	6,17	3755,39	7,78	969,74	123,77	3,96	1393,00	5,54	48,65
		20	18,0	6,0	76,54	2871,47	200,37	6,12	4860,42	7,72	1181,92	146,62	3,93	1689,00	5,70	60,08
		25	18,0	6,0	94,29	3466,21	245,59	6,06	5494,04	7,63	1438,38	172,68	3,91	2028,00	5,89	74,02

Номер уголка	*b*	*t*	*R*	*r*	*F*, см^2	Справочные значения величин для осей										Масса 1 м, кг
						x - *x*			x_0 - x_0		y_0 - y_0			I_{xy}, см^4	x_0, см	
	мм					*Ix*, см^4	*Wx*, см^3	i_x, см	I_{x0} *max*, см^4	i_{x0} *max*, см	I_{y0} *min*, см^4	W_{y0}, см^3	i_{y0} *min*, см			
		30	18,0	6,0	111,54	4019,60	288,57	6,00	6351,05	7,55	1698,16	193,06	3,89	2332,00	6,07	87,56
22	220	14	21,0	7,0	60,38	2814,36	175,18	6,83	4470,15	8,60	1158,56	138,62	4,38	1655,00	5,91	47,40
		16	21,0	7,0	68,58	3175,44	198,71	6,80	5045,37	8,58	1305,52	153,34	4,36	1869,00	6,02	53,83

Примечания:

1 Площадь поперечного сечения и справочные величины вычислены по номинальным размерам. Плотность стали - 7,85 г/см^3.

2 Радиусы закругления, указанные на рисунке 1 и в таблице 1, даны для построения калибра и на профиле не контролируются.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 23360-78. Призматическая шпонка.
2. ГОСТ 24071-80. Сегментная шпонка.
3. ГОСТ 1139-80. Соединения шлицевые прямобочные.
4. ГОСТ 9150-80. Метрическая резьба.
5. Иванов М.Н., Финогенов В.А. Детали машин: Учеб. для студентов высш. техн. учеб. заведений. – 12-е изд., переработ. – М.: Высш. шк., 2008. –408 с.: ил.
6. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин. Учебн.пособие для студ. техн. спец. вузов. 11 изд. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 496 с.
7. Леликов О.П. Валы и опоры с подшипниками качения. Конструирование и расчёт. Справочник. – М.: Машиностроение, 2006. – 640 с.
8. Шейнблинт А.Е. Курсовое проектирование деталей машин. – Калининград: изд. «Янтарный сказ», 2004,-454 с.
9. Ахлюстина Н.В. Расчёт соединений деталей машин. Учебное пособие и задания по разделу дисциплины “Детали машин и основы конструирования” для студентов очного и заочного обучения направления 651600 - «Технологические машины и оборудование». Екатеринбург; издание УГГГА, 2008. - 3,5 п.л.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

по дисциплине:

Б1.В.09.03 СПЕЦИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Технологическая безопасность и горноспасательное дело

Автор: [Кузнецов А.М. старший преподаватель]

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Безопасность горного производства	Горнотехнологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____ *(подпись)*	Председатель _____ *(подпись)*
Елохин В.А.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 20.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

Оглавление

1. Цель и задачи курсовой работы 3
2. Указание по выполнению курсовой работы 8
3. Порядок выполнения курсовой работы 9
3.1. Ознакомление с характером и условиями труда на рабочем месте 9
3.2. Подбор нормативных правовых актов, содержащих нормы и требования безопасности. 9
3.3. Оценка условий труда. 9
4. Оформление курсовой работы. 10
5. Варианты заданий 11
5.1. Перечень рабочих мест, подлежащих специальной оценку труда. 12
6. Карта СОУТ 15
7. Протоколы факторов производственной среды и трудового процесса 15
8. Сводная ведомость результатов проведения СОУТ 32
Список рекомендованной литературы: 33

1. Цель и задачи курсовой работы

СПЕЦИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА (СОУТ) – это единый комплекс последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации вредных и (или) опасных факторов производственной среды и трудового процесса и оценке уровня их воздействия на работника с учетом отклонения фактических значений от установленных нормативов (гигиенических нормативов) условий труда, применения средств индивидуальной и коллективной защиты работников.

В зависимости от значений, воздействующих на работников вредных и опасных производственных факторов, условия труда на рабочих местах могут относиться к следующим классам:

Оптимальными условиями труда (1 класс) являются условия труда, при которых воздействие на работника вредных и (или) опасных производственных факторов отсутствует или уровни воздействия которых не превышают уровни, установленные нормативами (гигиеническими нормативами) условий труда и принятые в качестве безопасных для человека, и создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности работника.

Допустимыми условиями труда (2 класс) являются условия труда, при которых на работника воздействуют вредные и (или) опасные производственные факторы, уровни воздействия которых не превышают уровни, установленные нормативами (гигиеническими нормативами) условий труда, а измененное функциональное состояние организма работника восстанавливается во время регламентированного отдыха или к началу следующего рабочего дня (смены).

Вредными условиями труда (3 класс) являются условия труда, при которых уровни воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов превышают уровни, установленные нормативами (гигиеническими нормативами) условий труда, в том числе:

- подкласс 3.1 (вредные условия труда 1 степени) – условия труда, при которых на работника воздействуют вредные и (или) опасные производственные факторы, после воздействия которых измененное функциональное состояние организма работника восстанавливается, как правило, при более длительном, чем до начала следующего рабочего дня (смены), прекращении воздействия данных факторов, и увеличивается риск повреждения здоровья;
- подкласс 3.2 (вредные условия труда 2 степени) – условия труда, при которых на работника воздействуют вредные и (или) опасные производственные факторы, уровни воздействия которых способны вызвать стойкие функциональные изменения в организме работника, приводящие к появлению и развитию начальных форм профессиональных заболеваний или профессиональных заболеваний легкой степени тяжести (без потери профессиональной трудоспособности), возникающих после продолжительной экспозиции (пятнадцать и более лет);
- подкласс 3.3 (вредные условия труда 3 степени) – условия труда, при которых на работника воздействуют вредные и (или) опасные производственные факторы, уровни воздействия которых способны вызвать стойкие функциональные изменения в организме работника, приводящие к появлению и развитию профессиональных заболеваний легкой и средней степени тяжести (с потерей профессиональной трудоспособности) в период трудовой деятельности;

• подкласс 3.4 (вредные условия труда 4 степени) – условия труда, при которых на работника воздействуют вредные и (или) опасные производственные факторы, уровни воздействия которых способны привести к появлению и развитию тяжелых форм профессиональных заболеваний (с потерей общей трудоспособности) в период трудовой деятельности.

Опасными условиями труда (4 класс) являются условия труда, при которых на работника воздействуют вредные и (или) опасные производственные факторы, уровни воздействия которых в течение всего рабочего дня (смены) или его части способны создать угрозу жизни работника, а последствия воздействия данных факторов обусловливают высокий риск развития острого профессионального заболевания в период его воздействия.

Проведение специальной оценки условий труда

С 01.01.2014 года вступил в силу Федеральный закон от 28.12.13 № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда».

СОУТ по условиям труда проводится на рабочих местах для выявления вредных и (или) опасных производственных факторов, а также для внедрения мероприятий по приведению условий труда в соответствие с требованиями нормативных правовых актов по охране труда.

В соответствии с требованиями статьи 212 Трудового кодекса Российской Федерации работодатель обязан обеспечить проведение оценки условий труда.

СОУТ подлежат все имеющиеся в организации рабочие места, кроме работающих на дому, дистанционных работников и тех работников, кто трудятся у физических лиц, не являющихся предпринимателями.

СОУТ проводится исходя из требования, что каждое рабочее место должно оцениваться не реже 1 раза в 5 лет. Этот срок начинается считаться от даты завершения проведения предыдущей оценки. Однако если рабочее место организовано вновь, СОУТ должна быть начата не позднее чем через 60 рабочих дней после ввода такого места в эксплуатацию.

Документы по СОУТ рекомендуется хранить не менее 45 лет и не менее 75 лет если выявлены тяжелые, вредные или опасные условия труда.

Специальная оценка условий труда проходит в несколько этапов:

1 этап является подготовительным. Работодатель создает комиссию по проведению СОУТ, в состав которой входят работодатель, специалист по охране труда представители профсоюзной организации работников и другие лица. При этом, эксперты, проводящие СОУТ в состав комиссии не входят. Утверждается график проведения СОУТ, а также перечень рабочих мест, где будет проводится СОУТ, с учетом аналогичных рабочих мест.

2 этап это идентификация возможных вредных или опасных производственных факторов. Ее можно разбить на 2 подэтапа:

- установление и описание имеющихся на рабочем месте факторов производственной среды и трудового процесса, и установление источников этих факторов;
- сравнение и установление совпадения имеющихся на рабочем месте факторов с факторами, указанными в Классификаторе вредных и (или) опасных производственных факторов.



Рисунок 1. Процедура проведения СОУТ

Идентификацию факторов проводит эксперт по СОУТ организации, с которой заключен договор. Все выявленные возможные опасные и вредные факторы подлежат измерениям, а условия труда на рабочих местах, где не выявлены опасные и вредные факторы, оцениваются как допустимые.

Результаты идентификации вредных и опасных факторов утверждаются комиссией и заносятся в Перечень рабочих мест, на которых проводилась СОУТ.

НЕ подлежат идентификации рабочие места, на которых работникам:

- досрочно назначается трудовая пенсия по старости;
- предоставляются гарантии и компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда, а также рабочие места, по результатам ранее проведенных аттестации рабочих мест по условиям труда или специальной оценки условий труда были установлены вредные и (или) опасные условия труда.

На 3 этапе проводятся исследования выявленных вредных и опасных условий труда на рабочих местах в виде замеров. Замеры проводит аккредитованная испытательная лаборатория той организации, которая проводит специальную оценку условий труда.

Исследования и измерения проводят в ходе осуществление производственных или технологических процессов.

По согласованию с экспертной организацией, в качестве результатов исследований могут быть приняты результаты производственного контроля, проведенные аккредитованной испытательной лабораторией не позднее, чем за 6 месяцев до начала проведения СОУТ.

Результаты измерений по каждому фактору оформляются протоколом.

4 этап - это декларирование соответствия условий труда.

Декларирование условий труда проводится в соответствии с действующими нормативами и требованиями в области охраны труда. Декларация условий труда оформляется только в отношении тех рабочих мест, на которых по итогам идентификации не были выявлены потенциально вредные и (или) опасные факторы.

Декларация СОУТ подается работодателем в территориальный орган Государственной инспекции труда (ГИТ), который ведет Реестр деклараций соответствия условий труда государственным нормативным требованиям охраны труда.

Срок действия Декларации СОУТ - 5 лет с момента утверждения Отчета о проведении СОУТ.

В случае отсутствия у работодателя несчастных случаев и профессиональных заболеваний, действие Декларации автоматически пролонгируется на последующие 5 лет.

На пятом этапе проводится отнесение условий труда на рабочих местах по степени вредности и опасности к соответствующим классам и подклассам.

Методика СОУТ подробно описывает как относятся условия труда к классам и подклассам в зависимости от воздействия:

- химического фактора
- биологического фактора
- аэрозолей преимущественно фиброгенного действия
- виброакустических факторов
- параметров микроклимата
- световой среды
- неионизирующих излучений
- ионизирующего излучения
- тяжесть трудового процесса
- напряженность трудового процесса

Итоговый класс (подкласс) условий труда на рабочем месте, установленный по наиболее высокому классу (подклассу) вредности (опасности) может быть снижен за счет применения более эффективных средств индивидуальной защиты (СИЗ). Однако, стоит отметить, что методика снижения подклассов и классов за счет эффективных СИЗ до сих пор не утверждена на государственном уровне.

6 этап - оформление результатов специальной оценки условий труда (рисунок 2).

Организация, проводящая СОУТ, формирует Отчет о проведении СОУТ условий труда, который включает в себя:

- сведения об организации, кто проводил СОУТ с копиями разрешительных документов;
- перечень рабочих мест, на которых проводилась СОУТ с указанием замеряемых факторов;
- карты СОУТ с указанием класса (подкласса) условий труда на рабочем месте;
- протоколы замеров и исследований вредных и опасных факторов;
- сводная ведомость СОУТ;
- заключения эксперта, проводящего СОУТ;

- при необходимости перечень мероприятия по улучшению условий труда на рабочих местах.

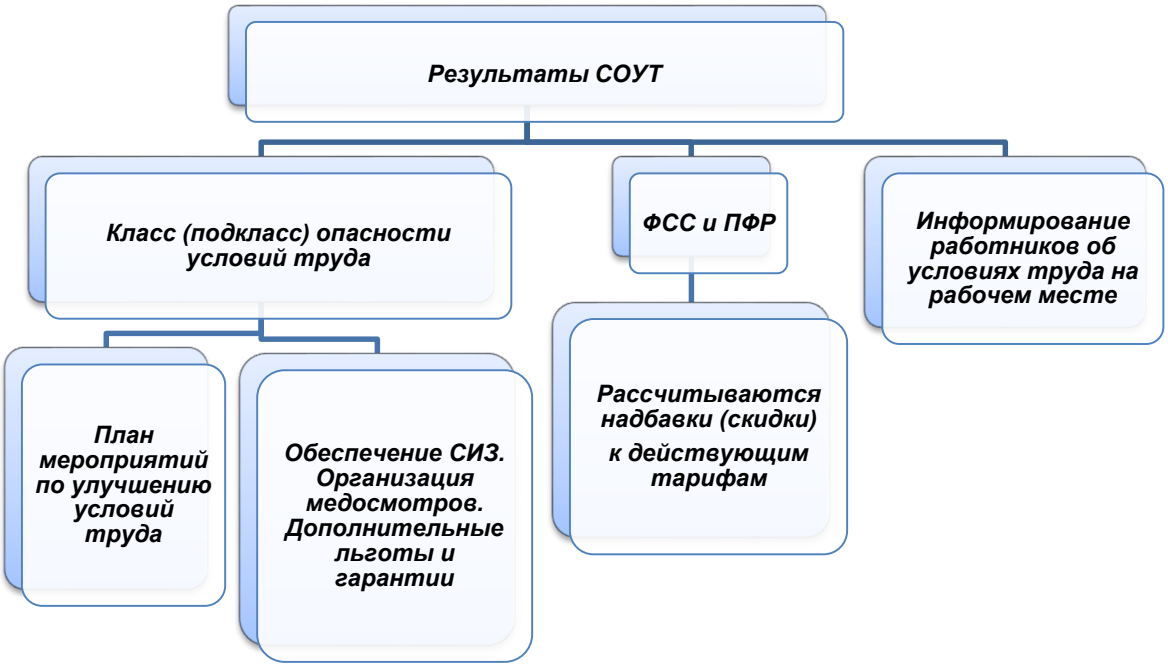


Рисунок 2. Применение результатов специальной оценки условий труда

Отчет утверждается председателем Комиссии и подписывается всеми членами комиссии по СОУТ. После этого в срок не больше 30 календарных дней работодатель обязан знакомить работников с результатами СОУТ на их рабочих местах под роспись.

Результаты СОУТ передаются в Федеральную государственную информационную систему (ФГИС) учета результатов проведения специальной оценки условий труда. Это требование нормативных документов осуществляет организация, что провела СОУТ, в течение 10 рабочих дней с даты утверждения отчета о проведении СОУТ.

Цель курсовой работы: закрепление теоретических знаний и приобретение практических навыков по оценке условий труда и оформлению результатов СОУТ.

Задачи курсовой работы:

- изучение нормативных правовых документов, регламентирующих СОУТ;
- приобретение навыков работы с нормативными правовыми актами по охране труда;
- приобретение навыков оформления материалов СОУТ.

2. Указание по выполнению курсовой работы

Задание на курсовую работу выдается преподавателем (варианты заданий представлены в соответствующем разделе данных указаний). Задание может быть выдано на основании материалов технологической практики или практики по получению опыта профессиональной деятельности. В процессе выполнения работы задание может уточняться и конкретизироваться преподавателем в отношении характера и условий труда работника, а также специфики предприятия, на котором находится рабочее место.

Работа заключается:

- в составлении номенклатуры вредных и опасных производственных факторов;
- гигиенической оценке условий труда;
- оценке обеспеченности работников средствами индивидуальной защиты;
- определении льгот и компенсаций за вредные и опасные условия труда;
- выявление ограничений на использование труда отдельных категорий работников;
- составлении карты СОУТ.

Порядок выполнения курсовой работы:

- ознакомление с характером и условиями труда на рабочем месте;
- подбор нормативных правовых актов, содержащих нормы и требования безопасности;
- обработка, систематизация и анализ данных;
- составление протоколов обследования и заполнения карты СОУТ;
- разработка рекомендаций по улучшению условий труда на рабочем месте (при необходимости);
- оформление отчета по курсовой работе;
- защита курсовой работы.

3. Порядок выполнения курсовой работы

3.1. Ознакомление с характером и условиями труда на рабочем месте

В соответствии с заданным вариантом задания по ЕТКС (КС) необходимо выделить квалификационную характеристику должности или профессии работника, занятого на рабочем месте. Кроме того, при выполнении работы необходимо учитывать сведения, полученные в ходе прохождения технологической практики или практики по получению опыта профессиональной деятельности, а также при изучении учебных дисциплин.

Необходимо знать основные функции работника, иметь общее представление об оборудовании и производственных процессах.

На этом этапе выполнения работы составляется номенклатура вредных и опасных факторов производственной среды и трудового процесса, которая согласовывается с руководителем работы.

3.2. Подбор нормативных правовых актов, содержащих нормы и требования безопасности.

В зависимости от номенклатура вредных и опасных факторов производственной среды и трудового процесса, а также характеристики рабочего места, составляется перечень нормативных правовых актов, содержащих нормы и требования безопасности и необходимые для оценки условий труда.

3.3. Оценка условий труда.

Исходные данные, представляющие собой фактические значения параметров производственной среды и трудового процесса, приводятся в виде протоколов обследования рабочих мест (формы протоколов приведены в разделе 6).

Время воздействия производственного фактора студент устанавливает самостоятельно.

По каждому фактору производственной среды определяется класс условий труда в следующем порядке:

1. устанавливается предельно-допустимый уровень вредного фактора.
2. рассчитывается превышение фактического уровня воздействия фактора над нормативным.
3. по гигиеническим критериям устанавливается класс условий труда.

Карта СОУТ оформляется в соответствии с разделом 7.

4. Оформление курсовой работы.

Титульный лист курсовой работы оформляется в соответствии с требованиями университета.

Отчет по курсовой работе выполняется в машинописном виде.

Содержание отчета по курсовой работе:

- введение
- общую характеристику выполняемой работы и рабочего места, а также подробную номенклатуру вредных и опасных производственных факторов;
- перечень рабочих мест подлежащих СОУТ;
- карта СОУТ;
- протоколы оценки факторов производственной среды и трудового процесса;
- протокол оценки обеспеченности работников средствами индивидуальной защиты;
- сводная ведомость результатов СОУТ;
- заключение, включающее рекомендации по улучшению условий труда и социальной защиты работающих;
- перечень нормативных правовых актов, использованных при выполнении курсовой работы;

5. Варианты заданий

1. Рабочее место аккумуляторщика;
2. Рабочее место взрывника;
3. Рабочее место газорезчика;
4. Рабочее место заточника;
5. Рабочее место крепильщика;
6. Рабочее место кузнеца на молотах и прессах;
7. Рабочее место помощника машиниста буровой установки;
8. Рабочее место машинист горных выемочных машин;
9. Рабочее место машиниста насосных установок;
10. Рабочее место машиниста экскаватора (ЭГК-8);
11. Рабочее место машиниста бульдозера;
12. Рабочее место слесаря по контрольно-измерительным приборам и автоматике;
13. Рабочее место токаря;
14. Рабочее место огнеупорщика;
15. Рабочее место шлифовщика;
16. Рабочее место дорожно-путевого рабочего;
17. Рабочее место машиниста электровоза;
18. Рабочее место машиниста конвейера;
19. Рабочее место водителя погрузчика;
20. Рабочее место дробильщика;
21. Рабочее место лаборанта химического анализа;
22. Рабочее место машиниста крана (крановщик);
23. Рабочее место слесаря по ремонту автомобилей;
24. Рабочее место слесаря-ремонтника;
25. Рабочее место фрезеровщика;
26. Рабочее место проходчика;
27. Рабочее место термиста;
28. Рабочее место бурильщика шпуров;
29. Рабочее место грохотовщика;
30. Рабочее место полировщика;
31. Рабочее место машиниста компрессорной установки;
32. Рабочее место резчика труб и заготовок;
33. Рабочее место водителя грузового автомобиля;
34. Рабочее место горнорабочего очистного забоя;
35. Рабочее место столяра.

5.1. Перечень рабочих мест, подлежащих специальной оценку труда.

Наименование организации: _____

Индивидуальный номер рабочего места	Наименование рабочего места и источников вредныхи (или) опасных факторов производственной среды и трудового процесса	Численность работников, занятых на данном рабочем месте (чел.)	Наличие аналогичного рабочего места (рабочих мест)	Наименование вредных и (или) опасных факторов производственной среды и трудового процесса и продолжительность их воздействия на работника в течение рабочего дня (смены) (час.)															
						Физические факторы													
				химический фактор	биологический фактор	аэрозоли преимущественно фиброгенного действия	шум	инфразвук	ультразвук воздушный	вибрация общая	вибрация локальная	электромагнитные поля фактора неионизирующие поля и излучения	ультрафиолетовое излучение фактора неионизирующие поля и излучения	лазерное излучение фактора неионизирующие поля и излучения	ионизирующие излучения	микроклимат	световая среда	тяжесть трудового процесса	напряженность трудового процесса
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Председатель комиссии по проведению специальной оценки условий труда

_____	_____	_____	_____
(должность)	(подпись)	Ф.И.О.	(дата)

Члены комиссии по проведению специальной оценки условий труда:

_____	_____	_____	_____
(должность)	(подпись)	Ф.И.О.	(дата)

Эксперт(-ы) организации, проводившей специальную оценку условий труда:

_____	_____	_____	_____
(должность)	(подпись)	Ф.И.О.	(дата)

6. Карта СОУТ

(полное наименование работодателя)
(адрес места нахождения работодателя, фамилия, имя, отчество руководителя, адрес электронной почты)

ИНН работодателя	Код работодателя по ОКПО	Код органа государственной власти по ОКОГУ	Код вида экономической деятельности по ОКВЭД	Код территории по ОКТМО

КАРТА №
специальной оценки условий труда

(наименование профессии (должности) работника) (код по ОК 016-94)

Наименование структурного подразделения:
Количество и номера аналогичных рабочих мест:

Строка 010. Выпуск Е0ТКС, ЕКС _____
(выпуск, раздел, дата утверждения)

Строка 020. Численность работающих:

на рабочем месте	
на всех аналогичных рабочих местах	
из них:	
женщин	
лиц в возрасте до 18 лет	
инвалидов, допущенных к выполнению работ на данном рабочем месте	

Строка 021. СНИЛС работников:

Строка 022. Используемое оборудование:
Используемые материалы и сырье:

Строка 030. Оценка условий труда по вредным (опасным) факторам:

Наименование факторов производственной среды и трудового процесса	Класс (подкласс) условий труда	Эффективность СИЗ*, +/-/не оценивалась	Класс (подкласс) условий труда при эффективном использовании СИЗ
Химический			
Биологический			
Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия			
Шум			
Инфразвук			
Ультразвук воздушный			
Вибрация общая			
Вибрация локальная			
Неионизирующие излучения			
Ионизирующие излучения			
Параметры микроклимата			
Параметры световой среды			
Тяжесть трудового процесса			

Напряженность трудового процесса			
Итоговый класс (подкласс) условий труда		не заполняется	

* Средства индивидуальной защиты

Строка 040. Гарантии и компенсации, предоставляемые работнику (работникам), занятым на данном рабочем месте

№ п/п	Виды гарантий и компенсаций	Фактическое наличие	По результатам оценки условий труда	
			необходимость в установлении (да, нет)	основание
1.	Повышенная оплата труда работника (работников)			
2.	Ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск			
3.	Сокращенная продолжительность рабочего времени			
4.	Молоко или другие равноценные пищевые продукты			
5.	Лечебно - профилактическое питание			
6.	Право на досрочное назначение страховой пенсии			
7.	Проведение медицинских осмотров			

Строка 050. Рекомендации по улучшению условий труда, по режимам труда и отдыха, по подбору работников:

Дата составления:

Председатель комиссии по проведению специальной оценки условий труда

(должность)	(подпись)	Ф.И.О.	(дата)

Члены комиссии по проведению специальной оценки условий труда:

(должность)	(подпись)	Ф.И.О.	(дата)

Эксперт(-ы) организации, проводившей специальную оценку условий труда:

(№ в реестре экспертов)	(подпись)	(Ф.И.О.)	(дата)

С результатами специальной оценки условий труда ознакомлен(ы)

(подпись)	(Ф.И.О. работника)	(дата)

7. Протоколы факторов производственной среды и трудового процесса

(полное наименование организации, проводящей специальную оценку условий труда, регистрационный номер записи в реестре организаций, проводящих специальную оценку условий труда)

Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц	Дата внесения в реестр сведений об аккредитованном лице

ПРОТОКОЛ
проведения исследований (испытаний) и измерений химического фактора

№ _____
(идентификационный номер протокола)

1.1. Дата проведения измерений (оценки):

1.2. Дата утверждения протокола:

2. Сведения о работодателе:

2.1. Наименование работодателя:

2.2. Место нахождения и место осуществления деятельности работодателя:

2.3. Наименование структурного подразделения:

2.4. Контактные данные работодателя/заказчика (e-mail; тел.; факс):

3. Сведения о рабочем месте:

3.1. Номер рабочего места:

3.2. Наименование рабочего места:

3.3. Код по ОК 016-94:

4. Сведения о средствах измерения:

Наименование средства измерения	Заводской номер	№ свидетельства	Действительно до:

5. НД, устанавливающие метод проведения измерений и оценок и регламентирующие ПДК, ПДУ, нормативные значения измеряемого и оцениваемого фактора:

6. Фактические и нормативные значения измеряемых параметров:

Наименование вещества (рабочей зоны)	Фактическое значение	Нормативное значение	Класс опасности	Класс условий труда	Время воздействия, %*

Контроль внешних условий проведен – удовлетворительно.

Количественный химический анализ выполнен –

* Данные предоставлены заказчиком.

7. Заключение:

- заключение;
- класс (подкласс) условий труда -

8. Эксперт(ы) по проведению специальной оценки условий труда:

(№ в реестре экспертов)	(должность)	(подпись)	(Ф.И.О.)

(полное наименование организации, проводящей специальную оценку условий труда, регистрационный номер записи в реестре организаций, проводящих специальную оценку условий труда)

Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц	Дата внесения в реестр сведений об аккредитованном лице

ПРОТОКОЛ
проведения исследований (испытаний) и измерений биологического фактора
№ _____
(идентификационный номер протокола)

1.1. Дата проведения измерений (оценки):

1.2. Дата утверждения протокола:

2. Сведения о работодателе:
2.1. Наименование работодателя:
2.2. Место нахождения и место осуществления деятельности работодателя:
2.3. Наименование структурного подразделения:
2.4. Контактные данные работодателя/заказчика (e-mail; тел.; факс):

3. Сведения о рабочем месте:
3.1. Номер рабочего места:
3.2. Наименование рабочего места:
3.3. Код по ОК 016-94:

4. Сведения о средствах измерения:

Наименование средства измерения	Заводской номер	№ свидетельства	Действительно до:

5. НД, устанавливающие метод проведения измерений и оценок и регламентирующие ПДК, ПДУ, нормативные значения измеряемого и оцениваемого фактора:

6. Фактические и нормативные значения измеряемых параметров:

Биологический фактор (рабочая зона)	Фактическое значение	Нормативное значение	Класс условий труда	Время пребывания, %*

* Данные предоставлены заказчиком.

7. Заключение:
- заключение;
- класс (подкласс) условий труда -

8. Эксперт(ы) по проведению специальной оценки условий труда:

(№ в реестре экспертов)	(должность)	(подпись)	(Ф.И.О.)

(полное наименование организации, проводящей специальную оценку условий труда, регистрационный номер записи в реестре организаций, проводящих специальную оценку условий труда)

Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц	Дата внесения в реестр сведений об аккредитованном лице

ПРОТОКОЛ
проведения исследований (испытаний) и измерений аэрозолей преимущественно фиброгенного действия

№ _____
(идентификационный номер протокола)

1.1. Дата проведения измерений (оценки):

1.2. Дата утверждения протокола:

2. Сведения о работодателе:

2.1. Наименование работодателя:
2.2. Место нахождения и место осуществления деятельности работодателя:
2.3. Наименование структурного подразделения:
2.4. Контактные данные работодателя/заказчика (e-mail; тел.; факс):

3. Сведения о рабочем месте:

3.1. Номер рабочего места:
3.2. Наименование рабочего места:
3.3. Код по ОК 016-94:

4. Сведения о средствах измерения:

Наименование средства измерения	Заводской номер	№ свидетельства	Действительно до:

5. НД, устанавливающие метод проведения измерений и оценок и регламентирующие ПДК, ПДУ, нормативные значения измеряемого и оцениваемого фактора:

6. Фактические и нормативные значения измеряемых параметров:

Наименование вещества (рабочей зоны)	Фактическое значение	Нормативное значение	Класс опасности	Класс условий труда	Время воздействия, %*

Контроль внешних условий проведен – удовлетворительно.
Количественный анализ выполнен –
* Данные предоставлены заказчиком.

7. Заключение:

- заключение;
- класс (подкласс) условий труда

8. Эксперт(ы) по проведению специальной оценки условий труда:

(№ в реестре экспертов)	(должность)	(подпись)	(Ф.И.О.)

(полное наименование организации, проводящей специальную оценку условий труда, регистрационный номер записи в реестре организаций, проводящих специальную оценку условий труда)

Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц	Дата внесения в реестр сведений об аккредитованном лице

ПРОТОКОЛ
проведения исследований (испытаний) и измерений шума
№ _____
(идентификационный номер протокола)

1.1. Дата проведения измерений (оценки):

1.2. Дата утверждения протокола:

2. Сведения о работодателе:
2.1. Наименование работодателя:
2.2. Место нахождения и место осуществления деятельности работодателя:
2.3. Наименование структурного подразделения:
2.4. Контактные данные работодателя/заказчика (e-mail; тел.; факс):

3. Сведения о рабочем месте:
3.1. Номер рабочего места:
3.2. Наименование рабочего места:
3.3. Код по ОК 016-94:

4. Сведения о средствах измерения:

Наименование средства измерения	Заводской номер	№ свидетельства	Действительно до:

5. НД, устанавливающие метод проведения измерений и оценок и регламентирующие ПДК, ПДУ, нормативные значения измеряемого и оцениваемого фактора:

6. Сведения об источнике шума:
- источник шума;

7. Измеренные величины показателей шума на рабочем месте:

Наименование рабочей зоны (точки измерения)	Уровень звука, дБА	Время воздействия, %*

8. Фактические и нормативные значения измеряемых параметров:

Фактор	Фактическое значение	Нормативное значение	Класс условий труда

Контроль внешних условий проведен – удовлетворительно.
Проверка работоспособности шумомера проведена.
* Данные предоставлены заказчиком.

9. Заключение:
- заключение;
- класс (подкласс) условий труда -

10. Эксперт(ы) по проведению специальной оценки условий труда:

(№ в реестре экспертов)	(должность)	(подпись)	(Ф.И.О.)

(полное наименование организации, проводящей специальную оценку условий труда, регистрационный номер записи в реестре организаций, проводящих специальную оценку условий труда)

Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц	Дата внесения в реестр сведений об аккредитованном лице

ПРОТОКОЛ
проведения исследований (испытаний) и измерений инфразвука
№ _____
(идентификационный номер протокола)

1.1. Дата проведения измерений (оценки):

1.2. Дата утверждения протокола:

2. Сведения о работодателе:
2.1. Наименование работодателя:
2.2. Место нахождения и место осуществления деятельности работодателя:
2.3. Наименование структурного подразделения:
2.4. Контактные данные работодателя/заказчика (e-mail; тел.; факс):

3. Сведения о рабочем месте:
3.1. Номер рабочего места:
3.2. Наименование рабочего места:
3.3. Код по ОК 016-94:

4. Сведения о средствах измерения:

Наименование средства измерения	Заводской номер	№ свидетельства	Действительно до:

5. НД, устанавливающие метод проведения измерений и оценок и регламентирующие ПДК, ПДУ, нормативные значения измеряемого и оцениваемого фактора:

6. Сведения об источнике инфразвука:
- источник инфразвука;

7. Измеренные величины показателей инфразвука на рабочем месте:

Наименование рабочей зоны (точки измерения)	Общий уровень звукового давления, дБЛин	Время воздействия, %*

8. Фактические и нормативные значения измеряемых параметров:

Фактор	Фактическое значение	Нормативное значение	Класс условий труда

Контроль внешних условий проведен – удовлетворительно.
Проверка работоспособности шумомера проведена.
* Данные предоставлены заказчиком.

9. Заключение:
- заключение;
- класс условий труда -

10. Эксперт(ы) по проведению специальной оценки условий труда:

(№ в реестре экспертов)	(должность)	(подпись)	(Ф.И.О.)

(полное наименование организации, проводящей специальную оценку условий труда, регистрационный номер записи в реестре организаций, проводящих специальную оценку условий труда)	
Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц	Дата внесения в реестр сведений об аккредитованном лице

ПРОТОКОЛ
проведения исследований (испытаний) и измерений воздушного ультразвука
№ _____
(идентификационный номер протокола)

1.1. Дата проведения измерений (оценки):

1.2. Дата утверждения протокола:

2. Сведения о работодателе:
2.1. Наименование работодателя:
2.2. Место нахождения и место осуществления деятельности работодателя:
2.3. Наименование структурного подразделения:
2.4. Контактные данные работодателя/заказчика (e-mail; тел.; факс):

3. Сведения о рабочем месте:
3.1. Номер рабочего места:
3.2. Наименование рабочего места:
3.3. Код по ОК 016-94:

4. Сведения о средствах измерения:

Наименование средства измерения	Заводской номер	№ свидетельства	Действительно до:

5. НД, устанавливающие метод проведения измерений и оценок и регламентирующие ПДК, ПДУ, нормативные значения измеряемого и оцениваемого фактора:

6. Сведения об источнике ультразвука:
- источник ультразвука;

7. Фактические и нормативные значения параметра «Уровень звукового давления, дБ»:

Источник ультразвука, место измерения (среднегеометрическая частота, кГц)	Фактическое значение	Нормативное значение	Класс условий труда	Время воздействия, %*

Контроль внешних условий проведен – удовлетворительно.
Проверка работоспособности шумомера проведена.
* Данные предоставлены заказчиком.

9. Заключение:
- заключение;
- класс (подкласс) условий труда -

10. Эксперт(ы) по проведению специальной оценки условий труда:

(№ в реестре)	(должность)	(подпись)	(Ф.И.О.)

(полное наименование организации, проводящей специальную оценку условий труда, регистрационный номер записи в реестре организаций, проводящих специальную оценку условий труда)

Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц	Дата внесения в реестр сведений об аккредитованном лице

ПРОТОКОЛ
проведения исследований (испытаний) и измерений вибрации
№ _____
(идентификационный номер протокола)

1.1. Дата проведения измерений (оценки):

1.2. Дата утверждения протокола:

2. Сведения о работодателе:
2.1. Наименование работодателя:
2.2. Место нахождения и место осуществления деятельности работодателя:
2.3. Наименование структурного подразделения:
2.4. Контактные данные работодателя/заказчика (e-mail; тел.; факс):

3. Сведения о рабочем месте:
3.1. Номер рабочего места:
3.2. Наименование рабочего места:
3.3. Код по ОК 016-94:

4. Сведения о средствах измерения:

Наименование средства измерения	Заводской номер	№ свидетельства	Действительно до:

5. НД, устанавливающие метод проведения измерений и оценок и регламентирующие ПДК, ПДУ, нормативные значения измеряемого и оцениваемого фактора:

6. Вид вибрации:

7. Сведения об источнике вибрации:

8. Фактические и нормативные значения параметра «Уровень виброускорения, дБ»:

Наименование измеряемых параметров (рабочей зоны)	Фактическое значение	Нормативное значение	Класс условий труда	Время пребывания, %*

Контроль внешних условий проведен – удовлетворительно.
Проверка работоспособности виброметра проведена.
* Данные предоставлены заказчиком.

9. Заключение:
- заключение;
- класс условий труда

10. Эксперт(ы) по проведению специальной оценки условий труда:

(№ в реестре экспертов)	(должность)	(подпись)	(Ф.И.О.)

(полное наименование организации, проводящей специальную оценку условий труда, регистрационный номер записи в реестре организаций, проводящих специальную оценку условий труда)

Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц	Дата внесения в реестр сведений об аккредитованном лице

ПРОТОКОЛ
проведения исследований (испытаний) и измерений вибрации
№ _____
(идентификационный номер протокола)

1.1. Дата проведения измерений (оценки):

1.2. Дата утверждения протокола:

2. Сведения о работодателе:
2.1. Наименование работодателя:
2.2. Место нахождения и место осуществления деятельности работодателя:
2.3. Наименование структурного подразделения:
2.4. Контактные данные работодателя/заказчика (e-mail; тел.; факс):

3. Сведения о рабочем месте:
3.1. Номер рабочего места:
3.2. Наименование рабочего места:
3.3. Код по ОК 016-94:

4. Сведения о средствах измерения:

Наименование средства измерения	Заводской номер	№ свидетельства	Действительно до:

5. НД, устанавливающие метод проведения измерений и оценок и регламентирующие ПДК, ПДУ, нормативные значения измеряемого и оцениваемого фактора:

6. Вид вибрации:

7. Сведения об источнике вибрации:

8. Фактические и нормативные значения параметра «Уровень виброускорения, дБ»:

Наименование измеряемых параметров (рабочей зоны)	Фактическое значение	Нормативное значение	Класс условий труда	Время пребывания, %*

Контроль внешних условий проведен – удовлетворительно.
Проверка работоспособности виброметра проведена.
* Данные предоставлены заказчиком.

9. Заключение:
- заключение;
- класс условий труда -

10. Эксперт(ы) по проведению специальной оценки условий труда:

(№ в реестре экспертов)	(должность)	(подпись)	(Ф.И.О.)

(полное наименование организации, проводящей специальную оценку условий труда, регистрационный номер записи в реестре организаций, проводящих специальную оценку условий труда)

Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц	Дата внесения в реестр сведений об аккредитованном лице

ПРОТОКОЛ
проведения исследований (испытаний) и измерений ультрафиолетового излучения
№ _____
(идентификационный номер протокола)

1.1. Дата проведения измерений (оценки):

1.2. Дата утверждения протокола:

2. Сведения о работодателе:
2.1. Наименование работодателя:
2.2. Место нахождения и место осуществления деятельности работодателя:
2.3. Наименование структурного подразделения:
2.4. Контактные данные работодателя/заказчика (e-mail; тел.; факс):

3. Сведения о рабочем месте:
3.1. Номер рабочего места:
3.2. Наименование рабочего места:
3.3. Код по ОК 016-94:

4. Сведения о средствах измерения:

Наименование средства измерения	Заводской номер	№ свидетельства	Действительно до:

5. НД, устанавливающие метод проведения измерений и оценок и регламентирующие ПДК, ПДУ, нормативные значения измеряемого и оцениваемого фактора:

6. Фактические и нормативные значения измеряемых параметров:

Рабочая зона, фактор	Фактическое значение	Нормативное значение	Класс условий труда	Время воздействия, мин

Контроль внешних условий проведен – удовлетворительно.

7. Заключение:
- заключение;
- класс (подкласс) условий труда -

8. Эксперт(ы) по проведению специальной оценки условий труда:

(№ в реестре экспертов)	(должность)	(подпись)	(Ф.И.О.)

(полное наименование организации, проводящей специальную оценку условий труда, регистрационный номер записи в реестре организаций, проводящих специальную оценку условий труда)

Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц	Дата внесения в реестр сведений об аккредитованном лице

ПРОТОКОЛ
проведения исследований (испытаний) и измерений ионизирующего излучения
№ _____
(идентификационный номер протокола)

1.1. Дата проведения измерений (оценки):

1.2. Дата утверждения протокола:

2. Сведения о работодателе:
2.1. Наименование работодателя:
2.2. Место нахождения и место осуществления деятельности работодателя:
2.3. Наименование структурного подразделения:
2.4. Контактные данные работодателя/заказчика (e-mail; тел.; факс):

3. Сведения о рабочем месте:
3.1. Номер рабочего места:
3.2. Наименование рабочего места:
3.3. Код по ОК 016-94:

4. Сведения о средствах измерения:

Наименование средства измерения	Заводской номер	№ свидетельства	Действительно до:

5. НД, устанавливающие метод проведения измерений и оценок и регламентирующие ПДК, ПДУ, нормативные значения измеряемого и оцениваемого фактора:

5. Персонал:

6. Фактические и нормативные значения измеряемых параметров:

Фактор, ед. измерения	Фактическое значение	Нормативное значение	Класс условий труда	Время пребывания, %*

Контроль внешних условий проведен – удовлетворительно.
* Данные предоставлены заказчиком.

7. **Заключение**:
- заключение;
- класс (подкласс) условий труда -

8. Эксперт(ы) по проведению специальной оценки условий труда:

(№ в реестре экспертов)	(должность)	(подпись)	(Ф.И.О.)

(полное наименование организации, проводящей специальную оценку условий труда, регистрационный номер записи в реестре организаций, проводящих специальную оценку условий труда)

Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц	Дата внесения в реестр сведений об аккредитованном лице

ПРОТОКОЛ
проведения исследований (испытаний) и измерений микроклимата

№ _____
(идентификационный номер протокола)

1.1. Дата проведения измерений (оценки):

1.2. Дата утверждения протокола:

2. Сведения о работодателе:

2.1. Наименование работодателя:

2.2. Место нахождения и место осуществления деятельности работодателя:

2.3. Наименование структурного подразделения:

2.4. Контактные данные работодателя/заказчика (e-mail; тел.; факс):

3. Сведения о рабочем месте:

3.1. Номер рабочего места:

3.2. Наименование рабочего места:

3.3. Код по ОК 016-94:

4. Сведения о средствах измерения:

Наименование средства измерения	Заводской номер	№ свидетельства	Действительно до:

5. НД, устанавливающие метод проведения измерений и оценок и регламентирующие ПДК, ПДУ, нормативные значения измеряемого и оцениваемого фактора:

6. Фактические и нормативные значения измеряемых параметров:

Наименование измеряемых параметров, рабочей поверхности	Высота измерения, м	Результаты измерений по высотам	Фактическое значение	Нормативное значение	Класс условий труда	Время пребывания, %*

Контроль внешних условий проведен – удовлетворительно.

* Данные предоставлены заказчиком.

7. Заключение:

- заключение;
- класс (подкласс) условий труда -

8. Эксперт(ы) по проведению специальной оценки условий труда:

(№ в реестре экспертов)	(должность)	(подпись)	(Ф.И.О.)

(полное наименование организации, проводящей специальную оценку условий труда, регистрационный номер записи в реестре организаций, проводящих специальную оценку условий труда)

Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц	Дата внесения в реестр сведений об аккредитованном лице

ПРОТОКОЛ
проведения исследований (испытаний) и измерений световой среды

№ _____
(идентификационный номер протокола)

1.1. Дата проведения измерений (оценки):

1.2. Дата утверждения протокола:

2. Сведения о работодателе:

2.1. Наименование работодателя:

2.2. Место нахождения и место осуществления деятельности работодателя:

2.3. Наименование структурного подразделения:

2.4. Контактные данные работодателя/заказчика (e-mail; тел.; факс):

3. Сведения о рабочем месте:

3.1. Номер рабочего места:

3.2. Наименование рабочего места:

3.3. Код по ОК 016-94:

4. Сведения о средствах измерения:

Наименование средства измерения	Заводской номер	№ свидетельства	Действительно до:

5. НД, устанавливающие метод проведения измерений и оценок и регламентирующие ПДК, ПДУ, нормативные значения измеряемого и оцениваемого фактора:

6. Условия проведения измерений:

Наименование рабочей зоны	Напряжение сети, В (U_1/U_2)

7. Фактические и нормативные значения измеряемых параметров:

Наименование измеряемых параметров, рабочей поверхности	Фактическое значение	$U_{0.95}$	Нормативное значение	Класс условий труда	Время, %*

$U_{0.95}$ - расширенная неопределенность (P=0.95).

Контроль внешних условий проведен – удовлетворительно.

* Данные предоставлены заказчиком.

8. Заключение:

- заключение;
- класс (подкласс) условий труда -

9. Эксперт(ы) по проведению специальной оценки условий труда:

(№ в реестре экспертов)	(должность)	(подпись)	(Ф.И.О.)

(полное наименование организации, проводящей специальную оценку условий труда, регистрационный номер записи в реестре организаций, проводящих специальную оценку условий труда)

Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц	Дата внесения в реестр сведений об аккредитованном лице

ПРОТОКОЛ
проведения исследований (испытаний) и измерений тяжести трудового процесса

№ _____
(идентификационный номер протокола)

1.1. Дата проведения измерений (оценки):

1.2. Дата утверждения протокола:

2. Сведения о работодателе:

2.1. Наименование работодателя:

2.2. Место нахождения и место осуществления деятельности работодателя:

2.3. Наименование структурного подразделения:

2.4. Контактные данные работодателя/заказчика (e-mail; тел.; факс):

3. Сведения о рабочем месте:

3.1. Номер рабочего места:

3.2. Наименование рабочего места:

3.3. Код по ОК 016-94:

4. Сведения о средствах измерения:

Наименование средства измерения	Заводской номер	№ свидетельства	Действительно до:

5. НД, устанавливающие метод проведения измерений и оценок и регламентирующие ПДК, ПДУ, нормативные значения измеряемого и оцениваемого фактора:

6. Краткое описание выполняемой работы:

- описание работы;

7. Фактические и нормативные значения измеряемых параметров:

Показатели тяжести трудового процесса	Фактическое значение тяжести трудового процесса	Допустимое значение тяжести трудового процесса	Класс условий труда
1.Физическая динамическая нагрузка за рабочий день (смену), кг•м			
1.1. При региональной нагрузке при перемещении груза на расстояние до 1 м:			
для женщин			
1.1.1. Расстояние перемещения (м)			
1.1.2. Количество перемещений (раз)			
1.2. При общей нагрузке			
1.2.1. При перемещении груза на расстояние от 1 до 5 м			
для женщин			
1.2.1.1. Расстояние перемещения (м)			
1.2.1.2. Количество перемещений (раз)			
1.2.2. При перемещении груза на расстояние более 5 м			
для женщин			
1.2.2.1. Расстояние перемещения (м)			
1.2.2.2. Количество перемещений (раз)			
1.3. Общая физическая динамическая нагрузка			
для женщин			

Показатели тяжести трудового процесса	Фактическое значение тяжести трудового процесса	Допустимое значение тяжести трудового процесса	Класс условий труда
1.3.1 Среднее расстояние перемещения груза (в м.)			
2. Масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную, кг			
2.1. Подъем и перемещение (разовое) тяжести при чередовании с другой работой (до2-х раз в час):			
для женщин			
2.2. Подъем и перемещение тяжести постоянно в течение рабочего дня (смены) (более 2 раз в час):			
для женщин			
2.3. Суммарная масса грузов, перемещаемых в течение каждого часа смены, в том числе			
2.3.1. С рабочей поверхности			
для женщин			
2.3.2. С пола			
для женщин			
3. Стереотипные рабочие движения, количество за рабочий день (смену), единиц			
3.1. При локальной нагрузке			
3.2. При региональной нагрузке			
4. Статическая нагрузка - величина статической нагрузки за рабочий день (смену) при удержании груза, приложении усилий, кгс•с)			
4.1. Одной рукой			
для женщин			
4.2. Двумя руками:			
для женщин			
4.3. С участием мышц корпуса и ног			
для женщин			
4.4. Общая статическая нагрузка			
для женщин			
5. Рабочая поза (рабочее положение тела работника в течение рабочего дня (смены)), % смены			
5.1. Свободная			
5.2. Стоя			
5.3. Неудобная			
5.4. Фиксированная			
5.5. Вынужденная			
5.6. Поза «сидя» без перерывов			
6. Наклоны корпуса			
Наклоны корпуса тела работника более 30^{O}, количество за рабочий день (смену)			
7. Перемещения работника в пространстве, обусловленные технологическим процессом, км			
7.1. По горизонтали			
7.2. По вертикали			
7.3. Суммарное перемещение			

Контроль внешних условий проведен – удовлетворительно.

8. Заключение:

- заключение;
- класс условий труда -

9. Эксперт(ы) по проведению специальной оценки условий труда:

(№ в реестре экспертов)	(должность)	(подпись)	(Ф.И.О.)

(полное наименование организации, проводящей специальную оценку условий труда, регистрационный номер записи в реестре организаций, проводящих специальную оценку условий труда)

Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц	Дата внесения в реестр сведений об аккредитованном лице

ПРОТОКОЛ
проведения исследований (испытаний) и измерений напряженности трудового процесса

№ _____
(идентификационный номер протокола)

1.1. Дата проведения измерений (оценки):

1.2. Дата утверждения протокола:

2. Сведения о работодателе:

2.1. Наименование работодателя:
2.2. Место нахождения и место осуществления деятельности работодателя:
2.3. Наименование структурного подразделения:
2.4. Контактные данные работодателя/заказчика (e-mail; тел.; факс):

3. Сведения о рабочем месте:

3.1. Номер рабочего места:
3.2. Наименование рабочего места:
3.3. Код по ОК 016-94:

4. Сведения о средствах измерения:

Наименование средства измерения	Заводской номер	№ свидетельства	Действительно до:

5. НД, устанавливающие метод проведения измерений и оценок и регламентирующие ПДК, ПДУ, нормативные значения измеряемого и оцениваемого фактора:

6. Краткое описание выполняемой работы:

- описание работы;

7. Фактические и нормативные значения измеряемых параметров:

Показатели напряженности трудового процесса	Фактическое значение показателя	Предельно допустимое значение показателя	Класс условий труда
Сенсорные нагрузки			
Плотность сигналов (световых, звуковых) и сообщений в среднем за 1 ч работы, ед.		до 175	
Число производственных объектов одновременного наблюдения, ед.		до 10	
Работа с оптическими приборами (микроскопы, лупы и т.п.) (% времени смены)		до 50	
Нагрузка на голосовой аппарат (суммарное количество часов, наговариваемое в неделю), час		до 20	
Монотонность нагрузок			
Число элементов (приемов), необходимых для реализации простого задания или в многократно повторяющихся операциях, ед.		более 6	
Монотонность производственной обстановки (время пассивного наблюдения за ходом техпроцесса в % от времени смены)		менее 80	

Контроль внешних условий проведен – удовлетворительно.

8. Заключение:

- заключение;
- класс (подкласс) условий труда -

9. Эксперт(ы) по проведению специальной оценки условий труда:

(№ в реестре экспертов)	(должность)	(подпись)	(Ф.И.О.)

ПРОТОКОЛ

оценки эффективности средств индивидуальной защиты на рабочем месте

№ _____

(идентификационный номер протокола

1. Дата проведения оценки: _____

2. Основание для выдачи работнику средств индивидуальной защиты (СИЗ):

_____

(наименование Типовых норм бесплатной выдачи сертифицированных специальной одежды, специальной обуви других средств индивидуальной защиты работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением, вид нормативного акта, наименование федерального органа исполнительной власти, его принявшего, дата и номер)

3. Результаты оценки обеспеченности работников СИЗ:

№ п/п	Перечень СИЗ, положенных работнику согласно действующим требованиям	Наличие СИЗ у работника (есть, нет)	Наличие сертификата или декларации соответствия (номер и срок действия)

4. Наличие заполненной в установленном порядке личной карточки учета (СИЗ) _____

(да, нет)

5. Результаты оценки защищенности работников СИЗ:

Наименование вредного и (или) опасного фактора производственной среды и трудового процесса	Наименование имеющегося СИЗ, обеспечивающего защиту

6 Результаты оценки эффективности выданных работнику СИЗ:

_____

(положительная, отрицательная)

7. Итоговая оценка:

а) по обеспеченности работников СИЗ:

_____

(рабочее место соответствует, не соответствует требованиям обеспеченности работников СИЗ)

б) по защищенности работников СИЗ: _____

(рабочее место защищено, незащищено СИЗ)

в) по оценке эффективности выданных работнику СИЗ:

_____

(на рабочем месте эффективно, неэффективно используются СИЗ)

Председатель комиссии по проведению специальной оценки условий труда

_____	_____	_____	_____
Должность	подпись	Ф.И.О.	дата

Члены комиссии по проведению специальной оценки условий труда:

_____	_____	_____	_____
Должность	подпись	Ф.И.О.	дата

Эксперт (ы) организации, проводившей специальную оценку условий труда:

_____	_____	_____	_____
(№ в реестре экспертов)	подпись	Ф.И.О.	дата

8. Сводная ведомость результатов проведения специальной оценки условий труда

Наименование организации:

Таблица 1

Наименование	Количество рабочих мест и численность работников, занятых на этих рабочих местах		Количество рабочих мест и численность занятых на них работников по классам (подклассам) условий труда из числа рабочих мест, указанных в графе 3 (единиц)						
					класс 3				класс 4
	всего	в том числе на которых проведена специальная оценка условий труда	класс 1	класс 2	3.1	3.2	3.3	3.4.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Рабочие места (ед.)									
Работники, занятые на рабочих местах (чел.)									
из них женщин									
из них лиц в возрасте до 18 лет									
из них инвалидов									

Таблица 2

Индивидуальный номер рабочего места	Профессия/ должность/ специальность работника	Классы (подклассы) условий труда														Итоговый класс (подкласс) условий труда	Итоговый класс (подкласс) условий труда с учетом эффективного применения СИЗ	Повышенный размер оплаты труда (да,нет)	Ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск (да/нет)	Сокращенная продолжительность рабочего времени (да/нет)	Молоко или другие равноценные пищевые продукты (да/нет)	Лечебно-профилактическое питание (да/нет)	Льготное пенсионное обеспечение (да/нет)
		химический	биологический	аэрозоли преимущественно фиброгенного действия	шум	инфразвук	ультразвуквоздушный	вибрация общая	вибрация локальная	неионизирующие излучения	ионизирующие излучения	микроклимат	световая среда	тяжесть трудового процесса	напряженность трудового процесса								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1																							

Дата составления:

Список рекомендованной литературы:

1. Федеральный закон от 28.12.2013 N 426-ФЗ (ред. от 13.07.2015) "О специальной оценке условий труда"

2. Федеральный закон от 28.12.2013 N 421-ФЗ "О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с принятием Федерального закона "О специальной оценке условий труда"

3. Федеральный закон от 23.06.2014 N 160-ФЗ "О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации"

4. Приказ Минтруда России от 24.01.2014 N 33н (ред. от 07.09.2015) "Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению"

5. Приказ Минтруда России от 20.01.2015 N 24н "О внесении изменений в Методику проведения специальной оценки условий труда и Классификатор вредных и (или) опасных производственных факторов, утвержденные приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 24 января 2014 г. N 33н"

6. Приказ Минтруда России от 05.12.2014 N 976н "Об утверждении методики снижения класса (подкласса) условий труда при применении работниками, занятыми на рабочих местах с вредными условиями труда, эффективных средств индивидуальной защиты, прошедших обязательную сертификацию в порядке, установленном соответствующим техническим регламентом"

7. Приказ Минтруда России от 07.09.2015 N 602н (ред. от 11.01.2016) "О внесении изменений в некоторые нормативные правовые акты Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации и Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации"

8. Постановление Правительства РФ от 03.07.2014 N 614 "О порядке аттестации на право выполнения работ по специальной оценке условий труда, выдачи сертификата эксперта на право выполнения работ по специальной оценке условий труда и его аннулирования" (вместе с "Правилами аттестации на право выполнения работ по специальной оценке условий труда, выдачи сертификата эксперта на право выполнения работ по специальной оценке условий труда и его аннулирования")

9. Приказ Минтруда России от 24.01.2014 N 32н "Об утверждении формы сертификата эксперта на право выполнения работ по специальной оценке условий труда, технических требований к нему, инструкции по заполнению бланка сертификата эксперта на право выполнения работ по специальной оценке условий труда и Порядка формирования и ведения реестра экспертов организаций, проводящих специальную оценку условий труда"

10. Приказ Минтруда России от 29.08.2014 N 568 (ред. от 17.08.2015) "О Комиссии по рассмотрению апелляций на результаты аттестации на право выполнения работ по специальной оценке условий труда

11. ЕТКС;

12. "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ

13. Приказ Минздравсоцразвития России от 17.12.2010 № 1122н (ред. от 20.02.2014) "Об утверждении типовых норм бесплатной выдачи работникам смывающих и (или) обезвреживающих средств и стандарта безопасности труда "Обеспечение работников смывающими и (или) обезвреживающими средствами

14. Приказ Минздравсоцразвития России от 12.04.2011 N 302н (ред. от 06.02.2018) "Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда»

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ, КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.В.09.12 ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Технологическая безопасность и горноспасательное дело

Автор: [Демина Т.В., доцент, к.т.н.]

Одобрено на заседании кафедры	Рассмотрено методической комиссией
Безопасности горного производства	Горнотехнологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Елохин В.А.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 20.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

Содержание

1 Методические указания для выполнения практических работ…… 3
2 Методические указания для выполнения контрольной работы…….. 57
3 Методические указания для выполнения самостоятельной работы…… 62
Список литературы……66

Практическая работа № 1
Исследование биологических ритмов человека

Цель работы - изучить особенности индивидуальных биоритмов для оптимизации работоспособности человека.

На протяжении всей своей истории человечество имеет дело с суточными, месячными, сезонными, годовыми ритмами, обусловленными планетарными явлениями и влияющими на геологические, климатические, биологические и другие процессы.

Под ритмами понимают повторение одного и того же события или состояния через строго определенные промежутки времени. Длительность цикла от начала до очередного повтора называется *периодом*.

Биологические ритмы - периодически повторяющиеся изменения характера и интенсивности биологических процессов и явлений в живых организмах. Биологические ритмы физиологических функций столь точны, что их часто называют «биологическими часами».

Ритмы, задаваемые внутренними «часами» или водителями ритма, называются эндогенными, в отличие от экзогенных, которые регулируются внешними факторами. Большинство биологических ритмов являются смешанными, т. е. частично эндогенными и частично экзогенными.

Во многих случаях главным внешним фактором, регулирующим ритмическую активность, служит фотопериод, т. е. продолжительность светового дня. Это единственный фактор, который может быть надежным показателем времени, и он используется для установки «часов».

Биологические ритмы с периодом 20-28 ч называются *циркадными,* или околосуточными, например, периодические колебания на протяжении суток температуры тела, частоты пульса, артериального давления, работоспособности человека и др.

Выделяют также группу биологических ритмов низкой частоты; это

околонедельные, околомесячные, сезонные, окологодовые, многолетние ритмы.

Наиболее изучен циркадианный биологический ритм, один из самых важных в организме человека, выполняющий как бы роль дирижера многочисленных внутренних ритмов.

Циркадианные ритмы высокочувствительны к действию различных отрицательных факторов, и нарушение слаженной работы системы, порождающей эти ритмы, служит одним из первых симптомов заболевания организма. Установлены циркадианные колебания более 300 физиологических функций организма человека. Все эти процессы согласованы во времени.

Многие околосуточные процессы достигают максимальных значений в дневное время каждые 16-20 ч и минимальных - ночью или в ранние утренние часы. Например, ночью у человека самая низкая температура тела. К утру она повышается и достигает максимума во второй половине дня.

Основной причиной суточных колебаний физиологических функций в организме человека являются периодические изменения возбудимости нервной системы, угнетающей или стимулирующей обмен веществ. В результате изменения обмена веществ и возникают изменения различных физиологических функций. Так, например, частота дыхания днем выше, чем ночью. В ночное время понижена функция пищеварительного аппарата.

Установлено, что суточная динамика температуры тела имеет волнообразный характер. Примерно к 18 ч температура достигает максимума, а к полуночи снижается: минимальное ее значение между часом ночи и 5 ч утра. Изменение температуры тела в течение суток не зависит от того, спит человек или занимается интенсивной работой.

Температура тела определяет скорость биологических реакций, днем обмен веществ идет наиболее интенсивно. С суточным ритмом тесно связаны сон и пробуждение. Своеобразным внутренним сигналом для отдыха ко сну

служит понижение температуры тела. На протяжении суток она изменяется с амплитудой до 1,3°С.

Большой интерес представляет теория биоритмов, согласно которой с момента рождения человека у него наступают ритмические, с околомесячным периодом, колебания функционального состояния. Так, считают, что *физический цикл* завершается за 23 дня и определяет широкий диапазон физических свойств организма, включая сопротивляемость болезням, силу, координацию, скорость, физиологию, ощущение хорошего физического самочувствия. *Эмоциональный цикл*, длящийся 28 дней, управляет творчеством, восприимчивостью, психическим здоровьем, мышлением, восприятием мира и самих себя.

Интеллектуальный цикл имеет период 33 дня, он регулирует память, бдительность, восприимчивость к знаниям, логические и аналитические функции мышления.

Дни перехода от положительной фазы к отрицательной являются критическими, что проявляется в физическом цикле несчастными случаями, в эмоциональном – нервными срывами, в интеллектуальном – ухудшением качества умственной работы. Опасность увеличивается, когда критические дни разных циклов совпадают.

Одним из критериев эндогенной организации биологических ритмов является длительность индивидуальной минуты (ИМ). У здоровых людей величина ИМ является относительно стойким показателем, характеризующим эндогенную организацию времени и адаптационные способности организма. У лиц с высокими способностями к адаптации ИМ превышает 1 минуту физического времени, у лиц с невысокими способностями к адаптации ИМ равна в среднем 47,0–46,2 с, у хорошо адаптирующихся – 62,90–69,71 с. ИМ имеет циркасептальный ритм – ее величина максимальна во вторник и среду и минимальна в пятницу и субботу. По величине ИМ можно судить также о наступлении утомления у учащихся и взрослых людей.

С учетом этого величина ИМ может быть исследована в начале и конце занятия, в течение дня, недели, месяца, года. Эти данные позволяют выявить циркадные, недельные, сезонные ритмы индивидуальной минуты, функциональное состояние организма и его адаптивные возможности в любое время.

Задание 1. Определение хронобиологического типа (хронобиотипа)

С помощью предлагаемого теста необходимо определить свой хронобиотип. Для всех вопросов даны на выбор ответы с оценочной шкалой. Выберите только один ответ.

Вопросы с приложенными оценочными тестами.

1. Когда вы предпочитаете вставать, если имеете совершенно свободный от планов день и можете руководствоваться только личными чувствами? Перечеркните крестиком только одну клеточку (рис. 1).

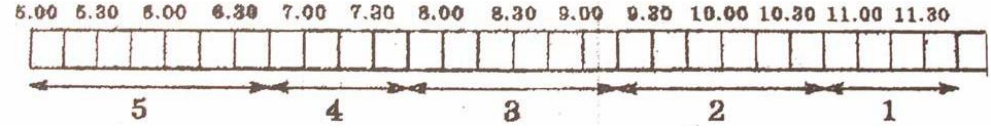


рис 1.

2. Когда вы предпочитаете ложиться спать, если совершенно свободны от планов на вечер и можете руководствоваться только личными чувствами? Перечеркните крестиком только одну клеточку (рис. 2).

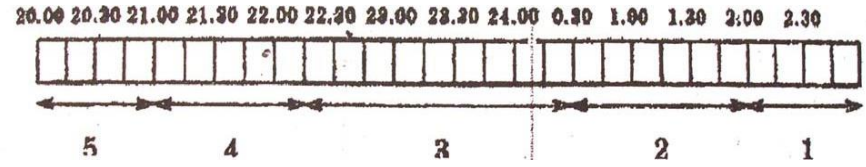


рис. 2

3. Какова степень вашей зависимости от будильника, вставать в определенное время?

Совсем независим	4
Иногда зависим	3
В большей степени зависим	2
Полностью зависим	1

4. Как легко вы встаете утром при обычных условиях?

Очень тяжело	1

Относительно тяжело	2
Сравнительно легко	3
Очень легко	4

5. Как вы деятельны в первые полчаса после утреннего вставания?

Большая вялость	1
Небольшая вялость	2
Относительно деятелен	3
Очень деятелен	4

6. Какой у вас аппетит после утреннего вставания в первые полчаса?

Совсем нет аппетита	1
Слабый аппетит	2
Сравнительно хороший аппетит	3
Очень хороший аппетит	4

7. Как вы себя чувствуете в первые полчаса после утреннего вставания?

Очень усталым	1
Усталость в небольшой степени	2
Относительно бодр	3
Очень бодр	4

8. Если у вас на следующий день нет никаких обязанностей, когда вы ложитесь спать по сравнению с вашим обычным временем отхода ко сну?

Почти всегда в обычное время	4
Позднее обычного менее, чем на 1 час	3
На 1–2 часа позднее обычного	2
Позднее обычного больше, чем на 2 часа	1

9. Вы решили заниматься физкультурой (физической тренировкой). Ваш друг предложил заниматься дважды в неделю, по 1 часу утром, между 7 и 8 часами. Будет ли это благоприятным для вас?

Мне это время очень благоприятно	4
Для меня это время относительно приемлемо	3
Мне будет относительно трудно	2
Мне будет очень трудно	1

10. В какое время вы так сильно устаете, что должны идти спать? (рис. 3)).

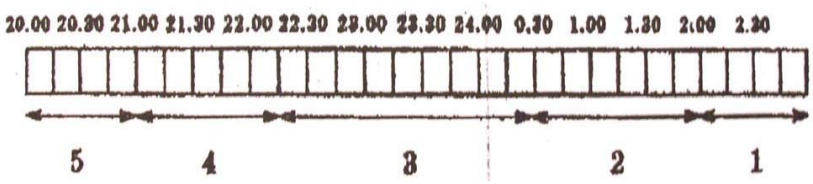


рис. 3

11. Вас собираются нагрузить 2-часовой работой в период наивысшего уровня вашей работоспособности. Какой из четырех данных сроков вы выберете, если совершенно свободны от дневных планов и можете руководствоваться только личными чувствами?

8.00–10.00	6
11.00–13.00	4
15.00–17.00	2
19.00–21.00	0

12. Если вы ложитесь спать в 23.00, то какова степень вашей усталости?

Очень усталый	5
Относительно усталый	3
Слегка усталый	2
Совсем не усталый	0

13. Какие-то обстоятельства заставили вас лечь спать на несколько часов позднее обычного. На следующее утро нет необходимости вставать в обычное для вас время. Какой из четырех указанных вариантов будет соответствовать вашему состоянию?

Я просыпаюсь в обычное время и не хочу спать	4
Я просыпаюсь в обычное для себя время и продолжаю дремать	3
Я просыпаюсь в обычное для себя время и снова засыпаю	2
Я просыпаюсь позднее, чем обычно	1

14. Вам предстоит какая-либо работа или отъезд ночью, между 4 и 6 часами. На следующий день у вас нет никаких обязанностей. Какую из следующих возможностей вы выберете?

Сплю сразу после ночной работы	1
Перед ночной работой дремлю, а после нее сплю	2
Перед ночной работой сплю, а после нее дремлю	3
Полностью высыпаюсь перед ночной работой	4

15. Вы должны в течение двух часов выполнять тяжелую физическую работу. Какие часы вы выберете, если у вас полностью свободный график дня и вы можете руководствоваться только личными чувствами?

8.00–10.00	4
11.00–13.00	3
15.00–17.00	2
19.00–21.00	1

16. У вас возникло решение серьезно заниматься закаливанием организма. друг предложил делать это дважды в неделю, по 1 часу, между 22 и 23 часами. Как вас будет устраивать это время?

Да, полностью устраивает. Буду в хорошей форме	1
Буду в относительно хорошей форме	2
Через некоторое время буду в плохой форме	3
Нет, это время меня не устраивает	4

17. Представьте, что вы сами можете выбрать график своего рабочего времени. Какой 5-часовой непрерывный график работы вы выберете, чтобы работа стала для вас интереснее и приносила большое удовлетворение? (рис. 4).

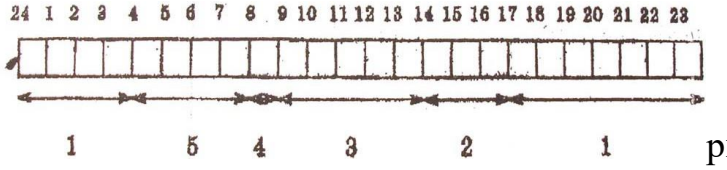


рис 4.

Часы суток: (при подсчете берется большее цифровое значение).

18. В какой час суток вы чувствуете себя «на высоте»? (выберите одну клеточку)

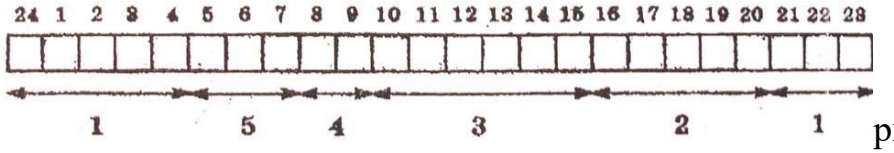


рис. 5

19. Иногда говорят «утренний человек» и «вечерний человек». К какому типу вы себя относите?

Четко к утреннему типу – «Жаворонок»	6

Скорее, к утреннему типу, чем к вечернему	4
Индифферентный тип – «Голубь»	3
Скорее, к вечернему типу, чем к утреннему	2
Четко к вечернему типу – «Сова»	0

Обработка результатов и выводы

Подсчитать сумму баллов и, пользуясь схемой оценки, определить, к какому хронобиологичскому типу вы относитесь: «Голубь», «Сова», или «Жаворонок».

Схема оценки хронобиологического типа человека по опроснику-тесту:

«Жаворонок» четко выраженный тип	69 баллов
Слабо выраженный утренний тип	59–69 баллов
«Голубь» индифферентный тип	42–58 баллов
Слабо выраженный вечерний тип	31–41 балл
«Сова» сильно выраженный тип	31 балл

Задание 2. Определение длительности индивидуальной минуты

Длительность индивидуальной минуты (ИМ) определяют по методу Халберга. Для этого по команде экспериментатора начинают отсчет секунд про себя (от 1 до 60). Цифру 60 испытуемый произносит вслух. Истинное время фиксируют при помощи секундомера. Для надежности определяют ИМ 2–3 раза. Средний показатель заносят в протокол. Определите длительность ИМ в начале и конце занятия.

Обработка результатов и выводы

Сопоставьте полученные показатели со среднестатистическими по таблице 1. Сделайте вывод о соответствии длительности ИМ возрастной норме и о степени адаптации к учебным нагрузкам, судя по ее изменению к концу занятия.

Таблица 1. Возрастная динамика длительности индивидуальной минуты (ИМ)

ИМ, с	Мужчины	Женщины		Оба пола

Возраст	M□ m	M□ m	P_2	M□ m
16 лет	55,1□ 1,0	56,9□ 1,2	>0,5	56,4□ 1,1
	<0,001	<0,1		<0,05
17 лет	58,8□ 1,4	58,1□ 1,2	>0,5	58,3□ 1,0
	<0,5	<0,5		<0,1
21 год	60,2□ 1,4	59,1□ 1,3	>0,5	59,8□ 1,0

Примечание: P_1 – достоверность различий детских величин по сравнению со взрослыми; P_2 – достоверность межполовых различий.

Сделайте вывод о соответствии величины вашей ИМ половозрастной норме и об адаптивных возможностях вашего организма.

Задание 3. Определение фазы физического, эмоционального и интеллектуального циклов

Пользуясь расчетными методами, определите, в какой фазе физического, эмоционального и интеллектуального циклов вы находитесь.

1. Определите свои биологически ритмы, подсчитав общее число прожитых дней (*Z*) со дня рождения до данной даты. Для этого:

а) определите количество дней, прожитых со дня рождения до последнего дня. *X* = возраст (полных лет) * 365 + кол-во дней високосных лет (возраст/4);

б) определите с помощью календаря количество дней, прожитых с последнего дня рождения до расчетной даты (*Y*).

в)определите общее число прожитых дней по формуле:

$Z = X + Y$, где

Z – общее число прожитых дней, *X* – количество дней, прожитых со дня рождения до последнего дня рождения,

Y – количество дней, прожитых с последнего дня рождения до расчетной даты.

2. Для определения максимально активных и неблагоприятных дней

необходимо количество прожитых дней разделить на период исследуемого биоритма. Длительность биологических циклов (дней):

a. физический – 23, 688;

b. эмоциональный – 28, 426;

c. интеллектуальный – 33, 163.

Целое число соответствует количеству полных периодов данного биоритма, а остаток – количеству дней от начала последнего периода до заданной даты. Отсюда первый максимально активный день биоритма находится в результате прибавления к заданной дате разницы между периодом биоритма и остатком.

Например, человек прожил к 15 ноября 1998 г. 6300 дней. Рассчитываем очередной максимально активный день физического биоритма. Вначале находим разницу между периодом биоритма и остатком: 6 300 / 23, 688, остаток равен 9 дням, а разность (23 – 9) = 14 дням. Тогда очередной максимально активный день физического биоритма приходится на (15 + 14) = 29 ноября. Последующие максимально активные дни легко найти, прибавляя к найденной дате один, два и т.д. периода расчетного биоритма.

Аналогично рассчитывается эмоциональный и интеллектуальный биоритмы: 6 300 / 28, 426 остаток равен 6 дням, а разность (28 – 6) = 22 дням, значит, очередной максимально активный день эмоционального биоритма приходится на (15 + 22) = 7 декабря. Считается, что в течение первой половины периода (для физического – 11,5 дня, эмоционального – 14, интеллектуального – 16,5) находится положительная фаза, во второй – отрицательная.

А) Определение физического цикла. Возраст, выраженный в днях, разделите на 23. Получится число целых циклов, а остаток укажет, в какой фазе цикла вы находитесь.

Б) Определение эмоционального цикла. Возраст, выраженный в днях, разделите на 28. Остаток указывает, в какой фазе цикла вы находитесь.

В) Определение интеллектуального цикла. Возраст, выраженный в днях,

разделите на 33. Остаток укажет, в какой фазе цикла вы находитесь.

При проведении расчетов необходимо учитывать високосные годы.

Обработка результатов и выводы

Постройте ритмограммы собственных циклов согласно рисунку 6. Отметьте на ритмограмме фазы физического, эмоционального и интеллектуального циклов, в которых вы находитесь в настоящее время. С учетом предстоящих изменений физической, эмоциональной и интеллектуальной активности составьте график встреч, физической и интеллектуальной деятельности на ближайшие дни и недели.

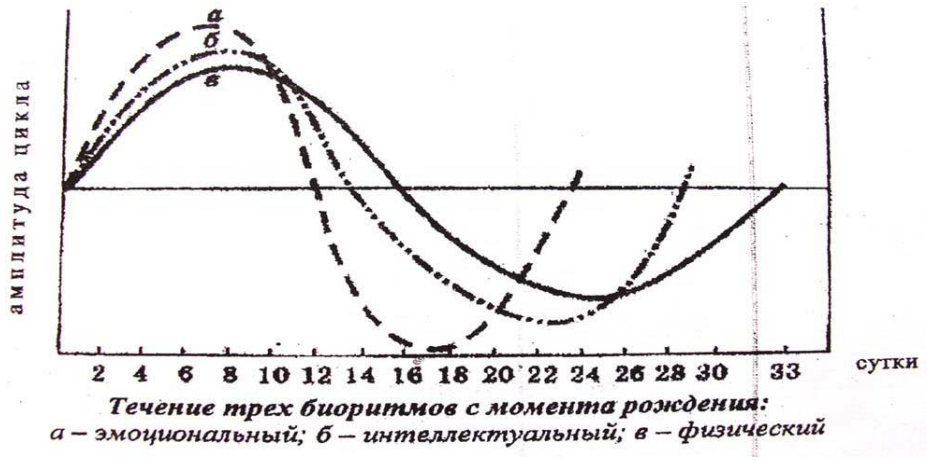


Рис. 6. Ритмограмма течения биоритмов

Контрольные вопросы:

1. Что такое ритм, период?
2. Понятие биологического ритма? Виды ритмов.
3. Циркадный ритм и его влияние на физиологические процессы в организме?
4. Что определяют физический, эмоциональный и интеллектуальный циклы?

Практическая работа № 2
Исследование работоспособности человека

Цель работы: освоить методы исследования работоспособности человека.

Работоспособность – потенциальная способность человека выполнять максимально возможное количество работы на протяжении заданного времени и с определенной эффективностью. Работоспособность зависит от уровня его тренированности, степени закрепления рабочих навыков, физического и психического состояния, выраженности мотивации к труду и других факторов. Различают физическую и умственную работоспособность.

Физический труд оказывает более существенное влияние на функционирование сердечно-сосудистой системы. Минутный объем кровообращения (МОК) увеличивается за счет увеличения систолического объема сердца и частоты сердечных сокращений (ЧСС). Систолический объем при тяжелой физической работе возрастает в 1,5–3 раза. Физическая работоспособность является обобщенным показателем функциональных возможностей организма, когда при работе на предельной мощности обеспечиваются максимальное потребление кислорода и его транспорт к работающим мышцам.

Умственная работоспособность зависит от напряженности функционирования сенсорных систем, воспринимающих информацию, от состояния памяти, мышления, выраженности эмоций. Показатели умственной работоспособности служат интегральной характеристикой функционального состояния организма, от которого зависит умственная работоспособность.

Задание 1. Оценка работоспособности человека при выполнении работы, требующей внимания

О работоспособности человека можно судить по показателям трудовой деятельности (количество и качество выполняемых в единицу времени трудовых операций). Однако в производственных условиях на эти показатели могут влиять не зависящие от работника недостатки производства: нехватка материалов, инструментов, энергии или неудовлетворительное качество сырья

и т. д. Поэтому для исследования работоспособности нередко используют показатели функционального состояния организма, характеризующие потенциальные возможности человека совершать тот или иной вид профессиональной деятельности.

Оборудование: корректурные таблицы.

Ход работы: продолжительность работы с таблицей составляет 8 минут. В течение каждой минуты испытуемый по заданию экспериментатора отыскивает в таблице разные буквы (на 1-й минуте – А, на 2-й – В и т. д.), фиксируя в памяти общее число найденных за 1 мин букв. Экспериментатор прерывает работу испытуемого в конце каждой минуты, отмечая цифрами 1, 2, 3, 4, 5, и т. д. на корректурной таблице моменты остановок и занося в тетрадь количество найденных букв за 1 мин работы. Просмотрев всю таблицу до конца, испытуемый вновь возвращается к ее началу и работает так до истечения 8 мин. Корректурный тест (таблица Анфимова) представлена на следующей странице. Полученные результаты занести в табл. 1.

Таблица 1 Результаты трудовой деятельности испытуемого

Время работы, мин	Заданная буква	Количество букв, найденных за 1 мин	Количество должных букв	Ошибка работы (разница между должным и найденным числом букв)	Общее количество знаков, просмотренных за 1 мин
1-я 2-я 3-я …8-я	А В Х …				

О скорости работы судят по общему числу просмотренных за 8 мин знаков. О точности судят по общему числу допущенных за 8 мин работы ошибок. Сравните работоспособность различных испытуемых.

Задание 2. Исследование умственной работоспособности человека

Ход работы:

По окончании подсчитайте общее количество просмотренных знаков S, количество вычеркнутых букв M, общее количество букв, которое

необходимо было вычеркнуть в просмотренном тексте N, количество допущенных ошибок n. Вычислите коэффициент точности выполнения задания А: $A = M/N$.

Коэффициент умственной продуктивности Р: $P = AS$.

Объем зрительной информации Q (бит): $Q = 0{,}5936 \times S$,

где 0,5936 – средний объем информации, приходящийся на один знак.

Скорость переработки информации, бит/с: $СПИ = (Q - 2{,}807 \times n)/T$,

где 2,807 бита – потеря информации, приходящаяся на один пропущенный знак; Т – время выполнения задания, с.

Устойчивость внимания: $УВН = S/N$.

Данные расчетов занести в табл. 2. Оцените умственный труд по данным табл. 3.

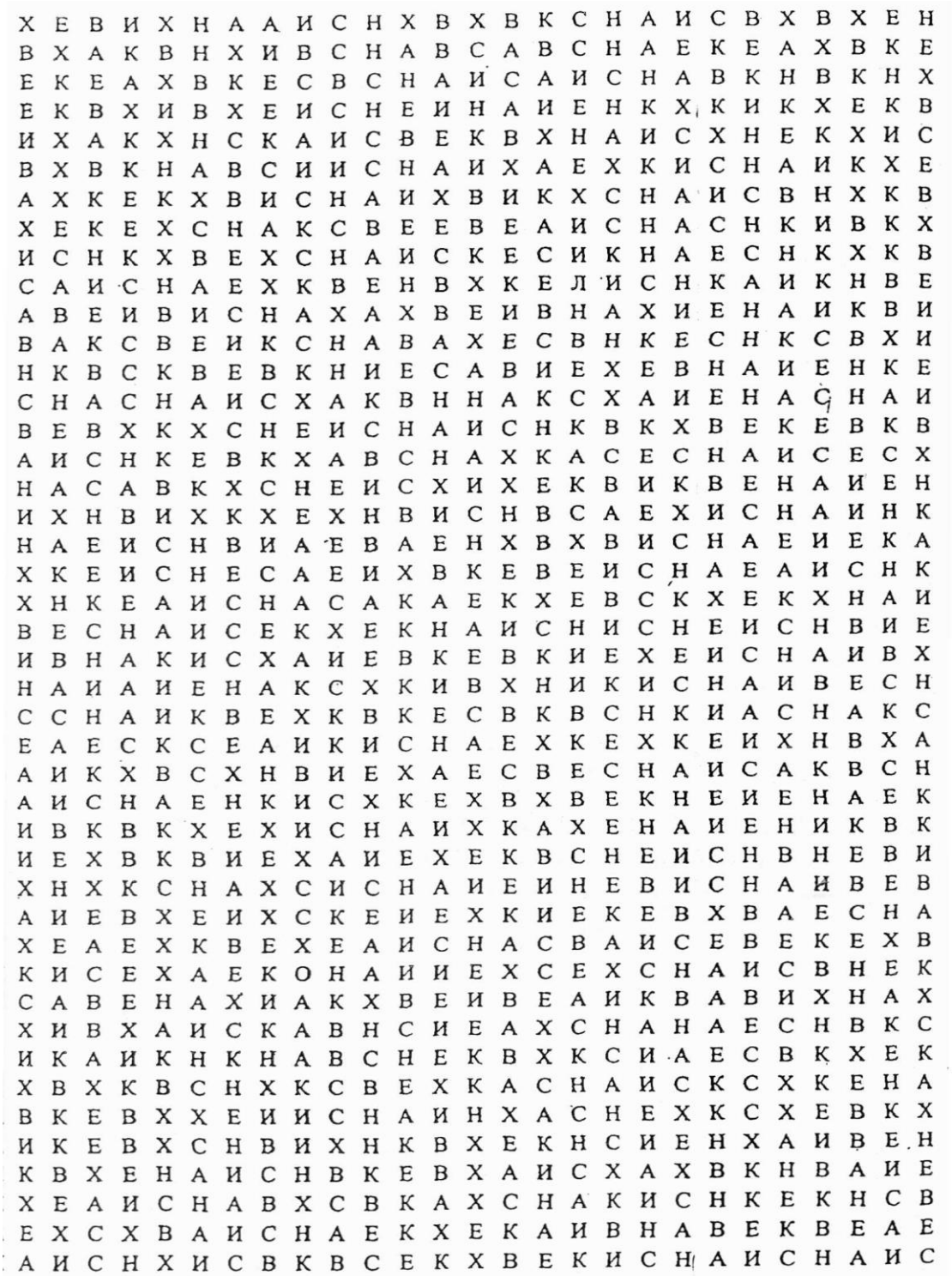
Таблица 2 Результаты корректурного теста

Данные	А	Р	Q	СПИ	УВН
индивидуальные					

Таблица 3 Критерии оценки умственного труда

Оценка	Количество труда – просмотрено знаков	Количество труда – допущено ошибок
Отлично Хорошо Удовлетворительно неудовлетворительно	Более 1000 900–1000 800–900 Менее 700	2 и менее 3–5 6–10 11 и более

Корректурная таблица



Контрольные вопросы:

1. Что такое работоспособность?
2. От чего зависит работоспособность?
3. Виды работоспособности?
4. На какие системы организма оказывает влияние физический и

умственный труд?

Практическая работа № 3
Количественная оценка параметров здоровья

Цель работы: получение навыков оценки физического развития человека.

Оценка состояния здоровья человека – достаточно сложный процесс, так как единого критерия, по которому можно судить о здоровье, не существует. Согласно определению Всемирной организации здравоохранения, здоровье – это состояние полного психического и физического и социального благополучия, а не только отсутствие болезней. Под физическим здоровьем принимают такое состояние, когда человек обладает совершенством саморегуляции функций организма, гармонией физиологических процессов и максимальной адаптацией к различным факторам внешней среды. Психическое здоровье предполагает отрицание болезни, ее преодоление, что должно являться «стратегией жизни человека». Под социальным здоровьем подразумевают меру социальной активности, деятельного отношения человека к миру.

При исследовании дыхательной системы пользуются различными инструментальными методами, в том числе определением дыхательных объемов – частоты, глубины ритма дыхания, жизненной емкости легких, выносливости дыхательных мышц.

Пробы Штанге, Генчи (задержки дыхания на вдохе и выдохе) и Серкина (трехфазная задержка дыхания) характеризует устойчивость организма к недостатку кислорода. Чем продолжительнее время задержки дыхания, тем выше способность сердечно-сосудистой и дыхательных систем обеспечивать удаление из организма образующийся углекислый газ, выше их функциональные возможности. Показатели, полученные этими методами, говорят о кислородном обеспечении организма и общем уровне

тренированности человека. *Выполнение задержки дыхания.* После 5-ти минут отдыха сидя сделайте 2-3 глубоких вдоха и выдоха, а затем, сделав полный вдох задержите дыхание. Нос лучше зажать пальцами. Время отмечается от момента задержки дыхания до ее прекращения.

Считается, что в норме частота сердечных сокращений должна составлять от 60 до 90 ударов в минуту в покое. Впрочем, у многих сердце бьется чаще или реже. Если сердце бьется чаще, то это называется тахикардия. «Тахи» — по-латыни значит «быстрый». Это пока еще не диагноз и не болезнь, это просто констатация факта, что сердце бьется с частотой более 90 ударов в минуту. Если сердце бьется редко, это называется брадикардия. «Бради» — это в переводе с латинского «редкий». В этом случае частота сокращений меньше 60 ударов в минуту.

Для определения пульса используют две точки - лучевую артерию на запястье и сонную артерию на горле. Наиболее точные измерения получают при определении пульса на лучевой артерии.

Обращаем ваше внимание на ряд факторов: не нажимайте очень сильно; нажимайте только на одну артерию.

Посчитайте свой пульс. Чтобы определить ЧСС в покое, посчитайте пульс в течение 60 секунд. Частота сердечных сокращений постоянно изменяется: уменьшается при выдохе и увеличивается при вдохе. Поэтому, если вы будете считать пульс в течение меньшего времени, средний показатель окажется менее точным.

Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) — количество воздуха, которое может быть выдохнуто после максимально глубокого вдоха. ЖЕЛ замеряют медицинским прибором – спирометром. Пробу повторяют с небольшими промежутками (15 сек) не менее трех раз после одного-двух пробных выдохов. Обычно фиксируется наибольшее полученное значение.

Жизненная емкость легких, помимо роста, с увеличением которого она линейно возрастает, зависит также от возраста, с увеличением которого она

линейно падает, а также от пола, тренированности. Поэтому абсолютные значения ЖЕЛ мало показательны из-за больших индивидуальных различий.

При оценке величины ЖЕЛ, так же как и многих других показателей дыхания, пользуются «должными» величинами, которые получают при обработке результатов обследования здоровых людей и установлении коррелятивных связей с возрастом, ростом и другими факторами. Широко распространено определение должной величины по Anthoni, в основе которой — определение должного обмена, величина которого умножается на соответствующие коэффициенты.

Однако ЖЕЛ не корректирует с весом тела, который учитывается при определении основного обмена. Более точными являются формулы, предложенные Н.Н. Канаевым:

ДЖЕЛ = 0,52 х рост — 0,028 х возраст — 3,20 (для мужчин);

ДЖЕЛ = 0,049 х рост — 0,019 х возраст — 3,76 (для женщин).

Снижение ЖЕЛ практически может наблюдаться при различных заболеваниях легких. ЖЕЛ уменьшена при пневмонии, сморщивании легких, пластических операциях.

Причиной снижения ЖЕЛ могут быть внелегочные факторы: недостаточность левого сердца (в связи с венозным застоем в легочных капиллярах и потерей эластичности легочной тканью); недостаточность дыхательной мускулатуры.

Задание 1. Определение индекса Скибинской

Индекс Скибинской отражает функциональные резервы дыхательной и сердечно-сосудистой систем.

Исследования проводят на человеке. Ход работы: после 5-минутного отдыха сидя определите ЧСС, жизненную емкость легких (ЖЕЛ, мл, по таблице 2,3), длительность задержки дыхания (ЗД) после спокойного вдоха. Индекс Скибинской (ИС) рассчитывают по формуле: ИС = 0,01ЖЕЛхЗД / ЧСС.

Результаты занести в тетрадь протоколов опытов. Сопоставить результаты с данными в табл. 1. Сделайте вывод о функциональных возможностях организма.

Таблица 1. Оценка резервов кардиореспираторной системы по индексу Скибинской

Оценка	Величина ИС
Отлично	Более 60
Хорошо	30–60
Удовлетворительно	10–29
Плохо	5–9
Очень плохо	Менее 5

Задание 2. Определение индекса функциональных изменений

Тест индекса функциональных изменений (ИФИ) разработан для оценки функциональных возможностей системы кровообращения.

Ход работы: после 5-минутного отдыха в положении сидя подсчитайте пульс (ЧСС) за 1 мин и измерьте артериальное давление ($АД_{сист}$ и $АД_{диаст}$) с помощью тонометра. Определите рост (Р, см) и массу тела (МТ, кг). Полученные данные, а также возраст (В, годы) подставьте в формулу:

$$ИФИ = 0{,}011ЧСС + 0{,}014АД_{сист} + 0{,}008АД_{диаст} + 0{,}014В + 0{,}009МТ - 0{,}009Р - 0{,}27$$

Оценку ИФИ осуществляют по следующей шкале.

ИФИ менее 2,6 – функциональные возможности системы кровообращения хорошие. Механизмы адаптации устойчивы: действие неблагоприятных факторов студенческого образа жизни успешно компенсируется мобилизацией внутренних резервов организма, эмпирически подобранными профилактическими мероприятиями (увлечением спорта, рациональным распределение времени на отдых, работу, адекватной организацией питания).

ИФИ, равный 2,6–3,09 – удовлетворительные функциональные возможности системы кровообращения с умеренным напряжением механизмов регуляции. Эта категория практически здоровых людей, имеющих

скрытые или нераспознанные заболевания, нуждающиеся в дополнительном обследовании. Скрытые или неясно выраженные нарушения процессов адаптации могут быть восстановлены с помощью методов нелекарственной коррекции (массаж, мышечная релаксация, дыхательная гимнастика), компенсирующих недостаточность или слабость внутреннего звена саморегуляции функций.

ИФИ, равный 3,09 – сниженные, недостаточные возможности системы кровообращения, наличие выраженных нарушений процессов адаптации. Необходима полноценная диагностика, квалифицированное лечение и индивидуальный подбор профилактических мероприятий в период ремиссии.

Полученные результаты занести в тетрадь протоколов и сопоставить с оценочными данными. Сделать вывод состоянии организма.

Таблица 2. Средняя нормальная жизненная емкость легких для мужчин (мл)

Рост, см	Масса тела (кг)										
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
160	3500	3650	3800	3950	4100	4250	4400	4550	4700	4850	5000
165	3700	3850	4000	4150	4300	4450	4600	4750	4900	5150	5200
170	3900	4150	4200	4350	4500	4650	4800	4950	5100	5350	5400
175	4100	4350	4400	4550	4700	4850	5000	5150	5300	5550	5600
180	4300	4550	4600	4750	4900	5050	5200	5350	5500	5750	5800
185	4500	4750	4800	4950	5100	5250	5400	5550	5700	5950	6000
190	4700	4950	5000	5150	5300	5450	5600	5750	5900	6050	6200

Таблица 3. Средняя нормальная жизненная емкость легких для женщин (мл)

Рост, см	Масса тела (кг)							
	50	55	60	65	70	75	80	85
150	2650	2700	2750	2850	2850	2900	2950	3000
155	2850	2900	2950	3050	3050	3100	3150	3200
160	3050	3100	3150	3250	3250	3300	3350	3400
165	3250	3300	3350	3450	3450	3500	3550	3600
170	3450	3500	3550	3650	3650	3700	3750	3800
175	3650	3700	3750	3850	3850	3900	3950	4000
180	3850	3900	3950	4050	4050	4100	4150	4200

Задание 3. Определение индивидуального уровня физического здоровья

Одним из факторов физического здоровья является физическое состояние человека. Методика определения физического здоровья (ФЗ) разработана Е. А. Пироговой, она позволяет производить экспресс-оценку уровня физического состояния (УФС) по показателям системы кровообращения.

Ход работы: после 5–10 мин отдыха в положении сидя подсчитайте пульс (ЧСС) за 1 мин и измерьте $АД_{сист}$ и $АД_{диаст}$, мм рт. ст. Определите рост (Р, см), массу тела (М, кг). Полученные данные, а также возраст (В, годы) подставьте в формулу

$$ФЗ = (700–3хЧСС–2,5хАД_{диаст}+(АД_{сист}–АД_{диаст})/3–$$

$$2,7хВ+0,28хМ)/(350–2,7хВ+0,21хР)$$

Рекомендации по оформлению работы.

Рассчитать УФС. Полученные данные сопоставить с оценочными данными, представленными в табл. 4. Сделать вывод о состоянии здоровья.

Таблица 4. Уровень физического здоровья

УФС	Диапазон значений
Низкий	0,375 и менее
Ниже среднего	0,376–0,525
Средний	0,526–0,675
Выше среднего	0,676–0,825
Высокий	0,823 и более

Контрольные вопросы:

1. Что понимают под психическим, физическим и социальным здоровьем?
2. Какими методами пользуются при исследовании дыхательной системы?
3. О чем говорит продолжительное время задержки дыхания?
4. Что такое тахикардия и брадикардия?
5. Что такое жизненная емкость легких и от чего она зависит?

Практическая работа №4
Определение и поддержание идеальной массы тела

Цель работы: научиться с помощью формулы определять индекс массы тела, а также составить сбалансированный рацион питания.

Модифицированный индекс Брока :

- для лиц, имеющих рост (Р)165 см: **m = P – 100;**
- для лиц, имеющих рост (166 – 175) см: **m = P – 105;**
- для лиц, имеющих рост более 175 см: **m = P – 110.**

Дополнительная коррекция для лиц **:**

- с нормальной грудной клеткой не вносят;
- с широкой грудной клеткой массу тела увеличивают на 10%;
- с узкой грудной клеткой массу тела уменьшают на 10%.

Индекс Кетеле (или индекс массы тела - ИМТ)

$$\textbf{ИМТ} = \frac{m}{P^2},$$

Где: m- массы тела в кг; P - рост в см.

Если индекс Кетеле выше 2,4 , то это состояние указывает на наличие у данного человека повышенного риска развития ишемической болезни сердца.

Таблица 1. Определение результатов

Недостаточный вес	
Выраженная худоба	ИМТ<16.00
Умеренная худоба	ИМТ 16.00-16.99
Легкая худоба	ИМТ 17.00-18.49
Нормальный вес	
I диапазон (норма ИМТ)	ИМТ 18.50-22.99
II диапазон (норма ИМТ, пред-излишний вес)	ИМТ 23.00-24.99
Излишний вес	
I диапазон (излишний вес)	ИМТ 25.00-27.49
II диапазон (пред-ожирение)	ИМТ 27.50-29.99
Ожирение	
I степень (ожирение)	ИМТ 30.00-34.99
II степень (ожирение)	ИМТ 35.00-39.99
III степень (выраженное ожирение)	ИМТ от 40.00

Составление пищевого рациона.

Рациональное питание должно полностью покрывать потребности человека в энергии, пластических веществах и способствовать сохранению здоровья, высокой трудоспособности.

Суточная потребность в:

- белках составляет 85-90 г или 1,5 г/кг массы тела;
- жирах 80 –100 г или 1,7 г/кг массы тела, из них 25-30 г растительного масла, 30-35 г сливочного масла, остальное – кулинарный жир;
- углеводов 400-500 г или 5,8 г/кг массы тела, в том числе за счет крахмала - 350-400 г, моносахаридов и дисахаридов – 50-100г, балластных веществ – до 25г.

Белки являются основным пластическим материалом, т.е. основной частью клетки. Например, в скелетных мышцах содержится 20 % белка. Белки входят в состав ферментов, катализирующих (ускоряющих) все химические реакции в организме. Они принимают участие в обеспечении большинства функций организма. Так, гемоглобин переносит O_2 и CO_2, фибриноген обуславливает свертывание крови, нуклеопротеиды обеспечивают передачу наследственных признаков. Велико значение белков в водном обмене. На белковый обмен оказывает влияние соматотропный гормон секретируемый передней долей гипофиза, гормон щитовидной железы тироксин и глюкокортикоиды коркового вещества надпочечников.

При расщеплении углеводов в пищеварительном тракте образуются простые моносахариды: глюкоза, фруктоза и галактоза, имеющие формулу $C_6H_{12}O_6$, которые всасываются из кишечника в кровь. При избыточном питании углеводы превращаются в жиры и откладываются в неограниченных количествах в жировых депо: подкожной клетчатке, сальнике и др. Всосавшиеся в кишечнике моносахарины с током крови через воротную вену попадают в печень. Здесь часть их превращается в гликоген и откладывается про запас. Кроме печени, гликоген откладывается в скелетных мышцах. Всего в запасе организма имеется около 350 г гликогена. Если в крови, например, во

время работы или голодания понижается уровень сахара, в ответ происходит расщепление гликогена в печени и поступление его в кровь. Процесс образования и отложения гликогена регулируется гормоном поджелудочной железы инсулином. Процесс расщепления гликогена происходит под влиянием второго гормона поджелудочной железы – глюкагона.

Жир в организме играет пластическую и энергетическую роль. При окислении 1г жира выделяется 9,3 ккал тепла, т.е. а 2,2 раза больше, чем при окислении 1г углеводов или белка. Как пластический материал он входит в состав оболочки и цитоплазмы клеток. Часть жиров накапливаются в клетках жировой ткани как запасной жир, количество которого составляет 10-30 % от массы тела, а при нарушении обмена веществ может достигать огромных величин. Обмен жиров тесно связан с обменом белков и углеводов. Например, при избыточном поступлении белков и углеводородов в организм они могут превращаться в жиры. В условиях голодания из жиров образуются углеводы, которые используются как энергетический материал. В регуляции жирового обмена существенную роль играют центральная нервная система, а также многие железы внутренней секреции (половые и щитовидная железы, гипофиз, надпочечники).

Обмен веществ

Для определения потребности человека в питательных веществах изучают его обмен веществ. Это имеет большое значение, так как часть населения (в армии, детских учреждениях, санаториях, домах отдыха, больницах) находится на государственном обеспечении и должны получать необходимые продукты, чтобы быть здоровой, обладать высокой работоспособностью, высокой сопротивляемостью к инфекциям и изменяющимися условиям внешней среды.

Метод Шатерникова позволяет определить за сутки объем потребляемого O_2, выделенных CO_2 и N_2 (с мочей). По этим данным можно рассчитать расход белков, жиров и углеводов.

Физиологические нормы питания

Питательные вещества, г	Категория труда				
	1	2	3	4	5
Белки	91	90	96	102	118
Жиры	103	110	117	136	158
Углеводы	378	412	440	518	602
Расход энергии, ккал	2800	3000	3200	3700	4300

Определив категорию труда возможно составить примерный рацион питания трудящегося, используя следующие таблицы.

Химический состав и питательная ценность продуктов

Наименование продукта	Процентное отношение			Количество калорий на 100 г продукта
	Белков	Жиров	Углеводов	
Телятина жирная	16,1	7,0		131
не жирная	16,9	0,5		74
Говядина	16,1	10,5		164
Баранина	15,0	17,1		220
Свинина мороженная	14,4	21,0		234
Курица	17,2	12,3		185
Гуси	17,2	12,3		185
Цыплята п/потрошен.	17,4	9,9		163
Курийнное яйцо	10,8		0,3	127
Белок яйца	10,6		0,5	43
Желток яйца	14,6	29,3	0,5	332
Осетрина	13,8	10,2		151
Щука	15,9	0,6		71
Фасоль	19,2	12,2	50,3	303
Горох	19,4	2,2	49,8	304
Рис	6,3	0,9	71,1	326
Хлеб ржаной				170
Хлеб пшеничный	6,7	0,7	50,3	240
Арбуз	0.2		4.6	20
Кабачки	0,3		2,4	11
Капуста	1,2		4,1	22
Квашенная капуста	0,7		2,2	12
Огурцы	0,7		2,7	14
Редька	0,8		3,0	15
Картофель	1.2		14,0	62
Картофель отварной				82
Помидоры	0,4		3,4	15
Виноград	0,3		14,2	59
Виноградный сок				71
Сушеный виноград	1,3		61	225
Вишня	0,6		9,2	40
Яблоки	0,2		9,5	40
Черешня	0,8		10,6	47

Сливы	1,4		46,6	197
Грибы свежие	3,5	0,4	2,2	27
Орехи	6,8	24,9	3,7	275
Томат-пюре	3,0		11,3	50
Пчелиный мед	0,3		77,7	320
Сахар				379
1 чайная ложка (8 г)				30,3
Молоко				59
0,5 литра				295
Сыр российский				371
Смалец	1,6	82,1		770
Подсолнечное масло		93,9		873
Сливочное масло	0,4	78,5	0,5	734

Витамины

Витамин	Влияние на организм и суточная потребность, мг/кг	Продукты питания содержащие витамин
A	Витамин роста. Принимает участие в окислительно-восстановительных процессах. Недостаток вызывает заболевание глаз (куриная слепота –человек не видит в сумерках и при слабом свете), снижает устойчивость к инфекционным заболеваниям. 0,02	Морковь, сливочное масло, молоко, абрикосы, помидоры, сладкий перец, рыбий жир, печень трески и палтуса, молодые побеги сосновых
B_1	**Входит в состав ферментов, участвующих в углеводном, жировом и белковом обмене. Деятельность коры головного мозга. Недостаток вызывает паралич конечностей (заболевание бери-бери). 0,4**	Пивные дрожи, бобы, желток яйца, грецкий орех, говяжья печень, рисовые отруби, пшеница, свинина
B_2	Катализирует окислительно - восстановительные процессы. Необходим для цветового зрения и процессов кроветворения. При его недостатке нарушается обмен веществ, возникают поражения кожи, роговицы глаз, задержке роста. 0,05	Молоко, сыр, печень, сердце, пшеничные дрожжи, яйца, помидоры, шпинат, пивные дрожи
B_6	Уменьшает накопление холестерина на стенках артерий, подавляет деятельность рвотного центра. Необходим для функционирования ЦНС, печени, кожи, кровеносных органов. Нехватка - утрата аппетита, сонливость, появляется тошнота. 0,04	Печень, почки, дрожжи, бобовые, яичный желток, рисовые отруби
B_{12}	Мощный антианемический фактор. Необходим для оптимизации функции ЦНС и периферической нервной системы. 0,004	Мясо крупного рогатого скота, печень рыб, рогатого скота и цыплят, икра, творог, молоко

B_{15}	Устраняет явление кислородной недостаточности, ускоряет окисление алкоголя	Семена большинства растений
B_3 (PP)	Участвует в клеточном дыхании, в образовании гормонов надпочечников, снижает содержание холестерина в крови. Улучшает функциональную активность печени, желудочно-кишечного тракта, кожи. Недостаток ведет к нарушению психики. 0,5	Дрожжи, рисовые отруби, арахис, бобовые, молоко, печень, почки, сердце, пшеница, ячмень, молодые побеги сосновых, мясо.
C	Необходим для синтеза структур соединительных тканей, участник окисления холестерина, синтеза ряда гормонов, участник иммуногинеза, антиокислитель. Снижает действие патогенных микроорганизмов (грипп, и др. простудные заболевания). Отсутствие вызывает цингу, хрупкость костей, авитаминоз. 1,2	Лимоны, апельсины, салат, лук, помидоры, черная смородина, капуста, перец, укроп, морковь, свекла, шиповник, хвоя сосны и пихты, незрелые грецкие орехи.
P	Уменьшает проницаемость и усиливает действие витамина С и способствует его накапливанию в организме. Уменьшает хрупкость капилляров. 0,9	Лимоны, апельсины, черная смородина, вишня, чайный лист, гречневая крупа, черноплодная рябина, шиповник.
D	Играет роль в обмене Са и Р. При недостатке развивается рахит. Запаздывается появление у детей первых зубов. 0,005	Рыбий жир, яйца, коровье молоко, загорание под ультрафиолетовыми лампами
E	Играет роль в размножении, участвует в окислительно-восстановительных реакциях. Поддерживает мышечную активность. 0,4	Салат, петрушка, растительное масло, кукуруза, овсяная мука.
K	При К – авитаминозе нарушается свертываемость крови в результате понижения выработки в печени протромбина, наблюдаются кровоизлияния. 0,04	Зеленые листья шпината, салата, капуста, крапива, томаты, рябина, печень.

Контрольные вопросы:

1. Что такое индекс массы тела?
2. Для чего определяется ИМТ?
3. Что такое сбалансированный рацион?

Практическая работа №5
Определение артериального давления

Цель работы: Ознакомиться с методикой измерения кровяного (артериального) давления у человека по способу Короткова и научиться его определять у человека.

Артериальное давление – это давление крови в крупных артериях человека.

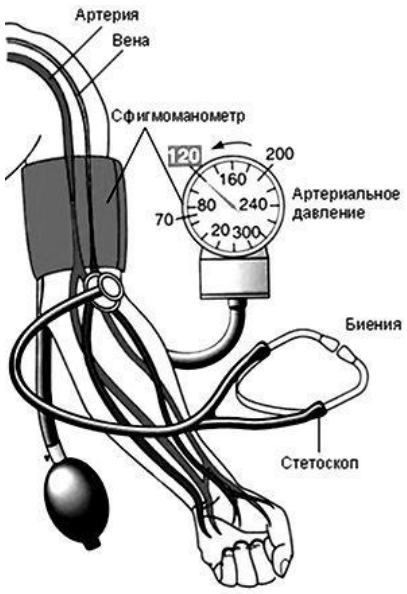


Рис. 1. Схема измерения артериального давления у человека по методу Короткова

Артериальное давление измеряется в миллиметрах ртутного столба, сокращенно мм рт. ст. Значение величины артериального давления 120/80 означает, что величина систолического давления равна 120мм рт ст., а величина диастолического артериального давления равна 80мм рт.ст.

Различают два показателя артериального давления:

- систолическое (верхнее) артериальное давление (СД) – это уровень давления крови в момент максимального сокращения сердца, характеризует состояние миокарда левого желудочка и равняется 100–120 мм рт. ст.
- диастолическое (нижнее) артериальное давление (ДД) – это уровень давления крови в момент максимального расслабления сердца, характеризует степень тонуса артериальных стенок и равняется 50–80 мм рт. ст.

Разность между величинами систолического и диастолического давлений называется пульсовым давлением (ПД). Оно показывает, насколько систолическое давление превышает диастолическое, что необходимо для открытия полулунного клапана аорты во время систолы. В норме пульсовое давление равно 35–55 мм рт. ст. Только при таких условиях во время систолы левого желудочка клапан открывается полностью, и кровь поступает в большой круг кровообращения. Если систолическое давление станет равным диастолическому, движение крови будет невозможным и наступит смерть. Повышение давления на каждые 10мм рт. ст. увеличивает риск развития сердечнососудистых заболеваний на 30%.

Величина кровяного давления зависит от трех основных факторов:

– частоты и силы сердечных сокращений;

– величины периферического сопротивления, т.е. тонуса стенок сосудов, главным образом, артериол и венул;

– объема циркулирующей крови.

Артериальное давление здорового человека является величиной довольно постоянной, однако оно всегда подвергается небольшим колебаниям в зависимости от фаз деятельности сердца и дыхания. Кровопотери ведут к снижению кровяного давления, а переливание большого количества крови повышает артериальное давление. Величина давления зависит от возраста. У детей артериальное давление ниже, чем у взрослых, потому что стенки сосудов более эластичны.

Методы измерения артериального давления

Для измерения артериального давления в настоящее время используют прямой и косвенный методы:

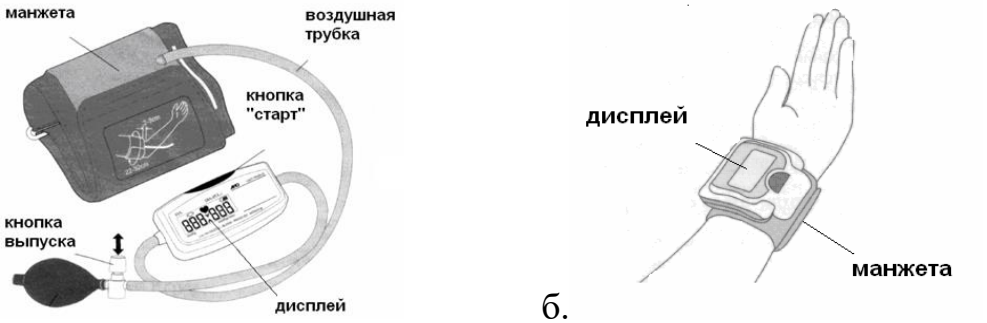
Косвенный метод Короткова – был разработан русским хирургом Н. С. Коротковым в 1905 году и позволяет измерять артериальное давление очень простым прибором. Метод Короткова основан на измерении той величины

давления, которая необходима для полного сжатия артерии и прекращения в ней тока крови.

Описание приборов:

Для измерения артериального давления методом Короткова применяются механические (рис.1) и электронные измерители со световой и цифровой индикацией. Механические измерители состоят из механического манометра, манжеты с грушей и фонендоскопа. Данные приборы в основном используются в профессиональной медицине, так как без специального обучения можно допустить погрешности в определении показателей.

Для домашнего использования наиболее подходят электронные измерители. Они бывают полуавтоматические (рис. 2, *а*) и автоматические (рис. 2, *б*). Их применение не требует никакого предварительного обучения и при соблюдении простых методических рекомендаций позволяет получить точные данные артериального давления путем нажатия одной кнопки. Принцип их действия основан на регистрации прибором пульсаций давления воздуха, возникающих в манжете, при прохождении крови через сдавленный участок артерии.



а. б.

Рис. 2. Прибор для измерения артериального давления: (а) полуавтоматический, (б) автоматический

Для работы необходимы: тонометр, фонендоскоп, испытуемый.

Ход работы:

1. Вымойте руки.
2. Обработайте мембрану фонендоскопа 70%-ным спиртом двукратным протиранием.

3. Положите правильно руку пациента: в разогнутом положении ладонью вверх, мышцы расслаблены.

4. Наложите манжетку на обнаженное плечо пациента на 2–3 см выше локтевого сгиба; одежда не должна сдавливать плечо выше манжетки; закрепите манжетку так плотно, чтобы между ней и плечом проходил только один палец.

5. Соедините манометр с манжеткой. Проверьте положение стрелки манометра относительно нулевой отметки шкалы.

6. Нащупайте пульс в области локтевой ямки и поставьте на это место фонендоскоп.

7. Закройте вентиль на груше и накачивайте в манжетку воздух: нагнетайте воздух, пока давление в манжетке по показаниям манометра не превысит на 25–30 мм рт. ст. уровень, при котором перестала определяться пульсация артерии.

8. Откройте вентиль и медленно выпускайте воздух из манжетки. Одновременно фонендоскопом выслушивайте тоны и следите за показаниями шкалы манометра.

9. Отметьте величину систолического давления при появлении над плечевой артерией первых отчетливых звуков.

10. Отметьте величину диастолического давления, которая соответствует моменту полного исчезновения тонов.

11. Запишите данные измерения артериального давления в виде дроби (в числителе – систолическое давление, а в знаменателе – диастолическое), например, 120/75 мм рт.ст.

Запомните! Артериальное давление нужно измерять два – три раза на обеих руках с промежутками в 1–2 минуты, достоверным артериальным давлением считать наименьший результат. Воздух из манжетки надо выпускать каждый раз полностью.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение давления.
2. Что такое систолическое и диастолическое давление?
3. Какие методики определения артериального давления существуют?
4. Какие тонометры существуют?
5. Опишите порядок действий при определении артериального давления при помощи механического тонометра.
6. Опишите порядок действий при определении артериального давления при помощи полуавтоматического тонометра.
7. Опишите порядок действий при определении артериального давления при помощи автоматического тонометра.

Практическая работа №6
Первая помощь при травмах и ранениях

Цель работы: Научиться определять вид ран и накладывать повязки при разных типах ранений

Травмой называется насильственное повреждение тканей тела, какого-либо органа или всего организма в целом. Ушибы и ранения мягких тканей, переломы костей, сотрясение мозга, ожоги – все это различные виды травм.

Травма, при которой происходит нарушение целости кожных покровов или слизистых оболочек, называется ***раной***. В зависимости от того, чем нанесена рана, различают колотые раны, нанесенные иглой, гвоздем, шилом, штыком; резаные, нанесенные режущим оружием или предметом (ножом, стеклом); ушибленные, полученные в результате воздействия тупого предмета, при ударе или падении; рваные, нанесенные, например, шестерней станка, машины, когда нарушается целость кожи и других тканей; огнестрельные, т.е. нанесенные пулей, осколком снаряда, дробью; укушенные, полученные в результате укуса животных, и т.д.

Раны могут быть поверхностными (например, ссадины), и более

глубокими, когда повреждаются не только все слои кожи, но и глубжележащие ткани – подкожная клетчатка, мышцы и т.д. Если рана проникает в какую-либо полость – грудную, брюшную, черепа, она называется проникающей. При этом часто оказывается поврежденным какой-либо внутренний орган. Любая рана опасна из-за кровопотери и возможности осложнений, связанных с заражением раны микробами.

Понятие о раневой инфекции

Среди многих видов микробов существуют такие, которые при попадании в рану вызывают в ней воспалительный процесс с образованием гноя – *нагноение*. Это так называемые гноеродные микробы (стафилококки, стрептококки и др.).

При любом ранении какое-то количество микробов неизбежно попадает в рану, однако защитные силы организма человека часто оказываются в состоянии обезвредить и, если рана хорошо защищена повязкой от дальнейшего попадания в нее микробов, нагноение в ней может не развиться. Такие раны обычно быстро и хорошо заживают.

При развитии в ране нагноения в ее окружности появляются покраснение и припухлость; пострадавший начинает ощущать в ране боль. Заживление раны при нагноении затягивается. Попавшие в рану микробы проникают в лимфатические сосуды, затем в лимфатические узлы и могут вызвать их воспаление, а при проникновении микробов в кровь в некоторых случаях развивается и общее заражение крови.

Одним из осложнений ран является *рожистое воспаление (рожа)*. Заболевание обычно начинается с сильного озноба, вслед за которым температура тела повышается до 39–40°. В области раны появляется краснота, имеющая резко очерченные, неровные, в виде языков, границы. Краснота в окружности раны постепенно распространяется на значительное расстояние. Иногда в зоне воспаления под кожей образуется скопление гноя.

Через перевязочный материал, руки ухаживающего персонала

возбудитель рожи может передаваться от одного раненого другому.

Наиболее тяжелые осложнения, связанные с заражением раны микробами, развиваются при наличии в ней большого количества размозженных, ушибленных, потерявших жизнеспособность тканей. При загрязнении таких ран землей в рану нередко попадают находящиеся в земле микробы – *возбудители газовой инфекции.* Размножение микробов газовой инфекции в ране происходит очень бурно. Под влиянием выделяемых ими ядовитых веществ (токсинов) ткани распадаются, мышцы приобретают вид вареного мяса, рана издает зловонный запах, очень быстро нарастает отек конечности, под кожей и между мышцами образуются скопления газа (отсюда и название «газовая инфекция»). Это осложнение, называемое газовой гангреной, нередко требует ампутации конечностей и угрожает жизни раненого. Для предупреждения газовой инфекции при обширных ранениях раненому вводят противогангренозную сыворотку.

Другим опасным заболеванием, которое может развиться в связи с заражением раны, является столбняк. Возбудитель столбняка (столбнячная палочка) также находится в земле. Попадая в рану, он быстро размножается и выделяет большое количество токсина, действующего на нервную систему человека. В результате у заболевшего возникают частые мучительные судороги, нарушаются дыхание и сердечная деятельность. Если лечение не будет своевременно начато, за- болевание может закончиться смертью больного. Заражение столбняком может произойти при небольших, даже мелких ранениях.

Поэтому каждому раненому, независимо от размеров раны, а также всем обожженным и пострадавшим от отморожения обязательно с профилактической целью вводят противостолбнячную сыворотку.

Понятие об асептике и антисептике

При оказании первой медицинской помощи раненому, при лечении ран и хирургических операциях предпринимается ряд мер, направленных на

предупреждение попадания в рану микробов. Совокупность этих мероприятий называют *асептикой*. Асептика достигается строгим соблюдением правила: то, что соприкасается с раной (перевязочный материал, хирургические инструменты, руки хирурга и др.), должно быть стерильным, т.е. не иметь на своей поверхности микробов. Уничтожение микробов, называемое обеззараживанием, или стерилизацией, достигается различными способами.

Существует ряд химических и лекарственных веществ, губительным образом действующих на микробов. К таким веществам относятся винный спирт, настойка йода, растворы хлорамина, марганцово- кислого калия, риванола и др. Эти вещества называются обеззараживающими, или антисептическими, а метод борьбы с микробами при помощи этих веществ – антисептикой.

В настоящее время широкое распространение получили антисептические вещества биологического происхождения – ***антибиотики*** (пенициллин, стрептомицин, сигмамицин и др.).

Губительно действуют на микробов некоторые физические факторы, например высокая температура (горячий пар, кипячение, сухой жар), используемые для стерилизации. В этих целях перевязочный материал (марлевые салфетки, вата, бинты), а также используемое при операции белье (простыни, которыми покрывают больного, халаты, полотенца) укладывают в специальные металлические барабаны – биксы и стерилизуют в особых аппаратах – автоклавах горячим паром под давлением.

Для обеззараживания рук существует много различных способов. По способу Фюрбрингера руки моют в течение 5 мин. под краном проточной теплой водой с мылом при помощи стерильной (прокипяченной) щетки. Затем меняют щетку и снова моют руки в течение 5 мин. После этого руки насухо вытирают стерильным полотенцем или большой марлевой салфеткой и обрабатывают в течение 5 мин. спиртом. В заключение кончики пальцев и ногти смазывают настойкой йода.

После подготовки тем или иным способом рук надевают стерильные резиновые перчатки.

Наложение повязок

Защита раны от заражения лучше всего достигается наложением повязки. Для повязок употребляют марлю и вату, обладающие высокой гигроскопичностью (способностью всасывать жидкость). Из сказанного о раневой инфекции и мерах по ее предупреждению вытекают два правила, которые необходимо строго соблюдать при наложении повязки на рану:

1. Нельзя касаться поверхности раны руками, так как на коже рук особенно много микробов.

2. Перевязочный материал, которым закрывают рану, должен быть стерильным.

Только при отсутствии стерильного перевязочного материала допустимо использовать чисто выстиранный платок или кусок какой- нибудь ткани, предпочтительно белого цвета. Если есть возможность, платок или ткань перед наложением на рану следует смочить в антисептическом растворе (марганцовокислый калий, борная кислота).

Кожу вокруг раны смазывают йодом, этим уничтожают находящихся на коже микробов. Затем берут марлевые салфетки и накладывают на рану. В зависимости от величины раны на нее накладывают одну или несколько салфеток с таким расчетом, чтобы рана была закрыта несколькими слоями марли. Поверх закрывающих рану салфеток накладывают бинт.

Бинтование обычно производят слева направо круговыми ходами бинта. Бинт берут в правую руку, свободный конец его захватывают большим и указательным пальцами левой руки и накладывают на подлежащую бинтованию часть тела.

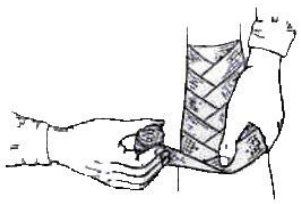
Бинтование производят достаточно туго, однако бинт не должен врезаться в тело и затруднять кровообращение. Особенно это относится к бинтованию конечностей. При туго наложенной повязке, затрудняющей отток

крови, кисть или стопа вскоре отечет и станет синюшной. Пострадавший вначале будет жаловаться на боли, а затем на онемение кисти или стопы.

Существует много разных типов бинтовых повязок. Наиболее простая из них – ***круговая повязка***. При наложении круговой повязки бинтуют так, чтобы каждый последующий оборот бинта полностью закрывал предыдущий. Она удобна, когда необходимо забинтовать какую-то ограниченную область, например запястье, нижнюю часть голени, лоб и т.п.

Спиральную повязку начинают так же, как и круговую, делая на одном месте 2–3 оборота бинта для того, чтобы закрепить его, а затем накладывают бинт так, чтобы каждый оборот его закрывал предыдущий лишь частично. Спиральная повязка применяется при бинтовании конечностей, причем конечность всегда бинтуют от периферии, т. е. начиная с более тонкой ее части. По мере утолщения конечности, для того чтобы бинт прилегал плотно, не образуя карманов, после 1–2 оборотов бинт перевертывают (рис. 1). По окончании бинтования бинт укрепляют безопасной булавкой или конец его разрезают по длине и завязывают.

При бинтовании области суставов, стопы, кисти применяют ***восьмиобразные повязки***, называемые так потому, что при их наложении бинт все время как бы образует цифру 8. Так, при бинтовании стопы бинт закрепляют 2–3 оборотами на стопе у пальцев, а затем по передней поверхности стопы косо перекатывают его на нижнюю треть голени и делают 1–2 оборота вокруг нее там, где должен быть верхний край повязки. После этого ход бинта изменяют, бинтуя снова стопу и делая новый оборот, частично закрывая предыдущий ход, вновь воз вращаются на голень и т.д. (рис. 2). По этому же принципу бинтуют кисть.



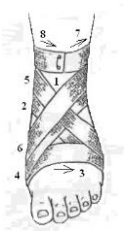


Рис. 1. Спиральная повязка с перегибом

Рис. 2. Восьмиобразная повязка на голеностопный сустав

При бинтовании раны, расположенной на груди или на спине, можно применять так называемую ***крестообразную повязку*** (рис. 3).

Наиболее сложно наложение бинтовых повязок на область плечевого и тазобедренного суставов. Принцип бинтования этих областей показан на рис. 4. Такого рода повязки называются ***колосовидными***, так как место перекреста ходов бинта напоминает колос.

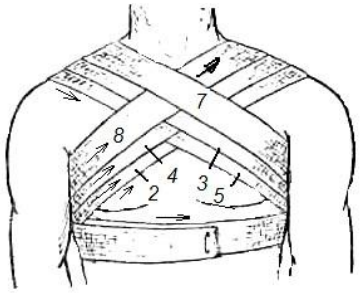


Рис. 3. Крестообразная повязка на грудь

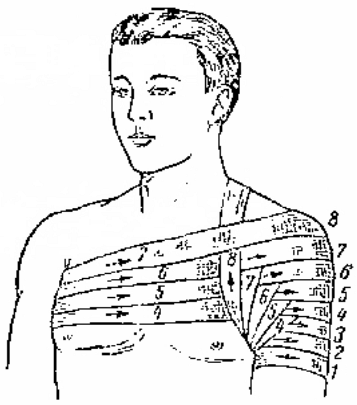


Рис. 4. Бинтование области плечевого сустава (колосовидная повязка)

Для наложения повязки удобно пользоваться ***индивидуальным перевязочным пакетом*** (перевязочный пакет первой помощи). Это стерильная повязка, состоящая из двух ватно-марлевых подушечек и бинта, заключенных в защитную оболочку из прорезиненной ткани, целлофана или пергаментной бумаги.

Пакет берут в левую руку, правой – захватывают надрезанный край оболочки и рывком обрывают склейку. Обнаруживается содержимое пакета, завернутое в бумагу. Из складки бумаги достают безопасную булавку. Осторожно развернув бумажную оболочку, в левую руку берут конец бинта, к которому пришита ватно-марлевая подушечка, в правую – скатанный бинт и разводят руками. Бинт натягивается и тогда становится видной вторая подушечка, которая может пе-редвигаться по бинту.

Подушечку используют в том случае, если рана сквозная, что часто бывает при огнестрельных ранениях. Одна подушечка в этом случае закрывает входное отверстие пули, а вторая – выходное, для чего подушечки раздвигают на нужное расстояние. К подушечкам можно прикасаться руками только со стороны, помеченной цветной ниткой. Противоположной стороной подушечки накладывают на рану. Круговыми ходами бинта их закрепляют, а конец бинта закалывают булавкой. Если рана одна, подушечки располагают рядом или (при ранах небольших размеров) накладывают друг на друга.

Вместо бинта для наложения повязки можно использовать косынку. ***Косыночная повязка*** очень удобна при ранении головы, плечевого и тазобедренного суставов, ягодицы. Примеры применения косыночной повязки показаны на рис. 5. Косыночные повязки уместно применять при большом числе пострадавших, так как наложение их занимает меньше времени, чем бинтование.



Рис. 5. Косыночная повязка на голову

На подбородок, нос, затылок часто накладывают ***пращевидную повязку***. Для приготовления ее берут кусок широкого бинта длиной около 1 м и с каждого конца разрезают по длине, среднюю часть оставляют целой (рис. 6).

Для укрепления повязки при ранах небольших размеров можно использовать полоски липкого пластыря, которые накладывают на покрывающую рану салфетку параллельно друг другу или в виде креста и приклеивают краями к коже. Такая повязка удобна, в частности, на лице.

При наложении повязки пострадавший ни в коем случае не должен стоять. Его следует усадить, а еще лучше уложить. Нередко даже при

небольших повреждениях под влиянием нервного возбуждения, боли, вида крови у пострадавшего внезапно может наступить кратковременная потеря сознания – ***обморок***. Лицо раненого покрывается потом, он бледнеет, теряет сознание и падает.



Рис. 6. Пращевидные повязки

В таких случаях для восстановления нарушенного кровообращения пострадавшего необходимо уложить так, чтобы голова его была опущена, ноги приподняты (можно подставить под них табуретку, перевернутый стул и т.п.), расстегнуть ему пояс, воротник и другие стесняющие части одежды, обеспечить по возможности приток свежего воздуха (открыть окно, форточку). Лицо и грудь пострадавшего нужно обрызгать холодной водой, к носу поднести вату, смоченную нашатырным спиртом. Как только раненый придет в сознание, следует дать ему горячий чай, валериановые капли.

Наложение повязок при проникающих ранениях живота и груди

Наложение повязок при проникающих ранениях живота и груди имеет некоторые особенности. Так, при проникающем ранении живота из раны могут выпадать внутренности, чаще всего кишечные петли. Вправлять их в брюшную полость нельзя – это сделает хирург при операции. Такую рану нужно закрыть стерильной марлевой салфеткой и забинтовать живот, но не слишком туго, чтобы не сдавить выпавшие внутренности. На брюшную стенку вокруг выпавших внутренностей желательно положить ватно-марлевое кольцо, которое предохранит их от давления.

При проникающем ранении грудной клетки часто при каждом вдохе воздух со свистом засасывается в рану, а при выдохе также с шумом выходит через нее. Такое состояние называется открытым пневмотораксом. Оно опасно для жизни, так как воздух, засасываемый через рану, сдавливает легкое, выключает его из акта дыхания и, оттесняя сердце, значительно затрудняет его работу. Такую рану нужно закрыть как можно быстрее. Для этого на рану кладут несколько слоев марли, толстый слой ваты и закрывают ее куском клеенки, компрессной бумаги, прорезиненной оболочкой индивидуального пакета или каким-либо другим, не пропускающим воздух материалом, после чего туго забинтовывают грудную клетку.

Контрольные вопросы:

1. Что такое рана? Что такое травма?
2. Какие виды ран вы знаете? Что такое раневая инфекция? Заболевания, связанные с заражением ран?
3. Что такое асептика? Что такое антисептика?
4. Назовите правила наложения повязок? Как правильно обработать рану и наложить бинт?
5. Типы бинтовых повязок?
6. Что может происходить с пострадавшим после получения травмы? Действия для восстановления нарушенного кровообращения?
7. Особенности наложения повязок при проникающих ранениях живота и груди?

Практическая работа № 7
Первая помощь при кровотечениях

Цель работы: Научиться накладывать жгут; уметь применять знания о строении и функции кровеносной системы, объяснять действия при наложении жгута при артериальном и сильном венозном кровотечениях.

Кровеносные сосуды вместе с сердцем составляют кровеносную систему, деятельность которой обеспечивает в организме движение крови.

При этом клетки и ткани получают из крови кислород и нужные им питательные вещества и выделяют в кровь углекислоту и образовавшиеся в процессе их жизнедеятельности продукты распада.

Сосуды, по которым кровь течет из сердца, называются *артериями*. Самая большая артерия – аорта.

Ритмические сокращения сердца передаются на стенки артерий. Колебания стенки артерии (пульс) можно ощутить, если приложить пальцы в том месте, где артерия расположена поверхностно. Частота пульса у здорового человека соответствует числу сердечных сокращений и равна 70–72 ударам в минуту. Сосчитывают пульс обычно на лучевой артерии, на предплечье, у кисти.

При всяком ранении происходит повреждение кровеносных сосудов, поэтому оно сопровождается кровотечением. Кровотечение может быть небольшим, когда для остановки его не требуется каких-либо специальных мер, а достаточно наложения обычной повязки, но может быть и очень сильным, угрожающим для жизни. Остановка такого кровотечения требует специальных приемов и должна быть осуществлена незамедлительно.

Артериальное кровотечение, возникающее при ранении артерии, узнается по алому, ярко-красному цвету крови, которая выбрасывается из раны струей, в виде фонтана. Артериальное кровотечение опасно для жизни, так как за короткий промежуток времени раненый может потерять большое количество крови. В этом случае до наложения на рану повязки нужно принять немедленные меры к остановке кровотечения.

Так как кровь по артерии течет по направлению от сердца, артериальное кровотечение можно остановить, прижав артерию выше места ранения. Для этого существует несколько способов. Можно сдавить артерию пальцами. Наиболее легко это сделать там, где она проходит вблизи кости или над ней. Например, если рана расположена на предплечье, артерию легко можно прижать к плечевой кости с внутренней стороны плеча. Нужно только заранее

изучить этот прием на самом себе или на ком-нибудь другом и научиться быстро находить артерию по ее пульсации. Пальцы ощущают, что артерия лежит на кости, к которой ее при необходимости и прижимают.

При артериальном кровотечении из голени следует прижать подколенную артерию. Это делают обеими руками. Большие пальцы кладут на переднюю поверхность коленного сустава, а остальными нащупывают артерию в подколенной ямке и прижимают к кости. Бедренную артерию можно легко научиться находить в верхней части бедра, тотчас же под паховой складкой. Прижав ее кулаком, можно остановить кровотечение при ранении бедра.

При кровотечении из раны головы можно попытаться остановить или хотя бы уменьшить его, прижав височную артерию на стороне ранения. Артерия эта проходит на 1–1,5 см кпереди от ушной раковины, где легко обнаружить ее пульсацию.

Кровотечение из щеки останавливают прижатием челюстной артерии, которая, направляясь с шеи к тканям щеки, перегибается через край нижней челюсти между ее углом и подбородком.

При кровотечении из раны, расположенной на шее, сонную артерию прижимают на стороне ранения ниже раны. Пульсацию этой артерии легко найти сбоку от трахеи (дыхательного горла).

При расположении раны высоко на плече, вблизи плечевого сустава или в подмышечной области, остановить кровотечение можно прижатием подключичной артерии в ямке над ключицей. Артерию прижимают к 1 ребру.

Наиболее удобные места прижатия артерий показаны на рис. 1.

Следует иметь в виду, что прижатие артерий к кости требует значительных усилий, и пальцы быстро устают. Даже очень сильный человек не может это делать более 15–20 мин.

При ранении конечности артериальное кровотечение останавливают наложением закрутки или жгута, которые накладывают на бедро или голень,

плечо или предплечье выше места ранения, по возможности ближе к нему.

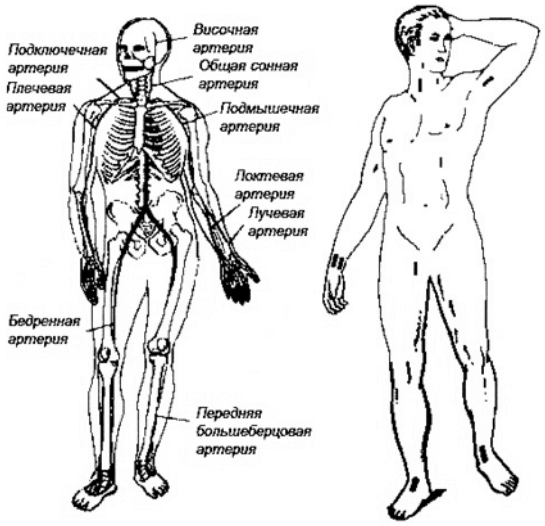


Рис. 1. Наиболее удобные места прижатия артерий

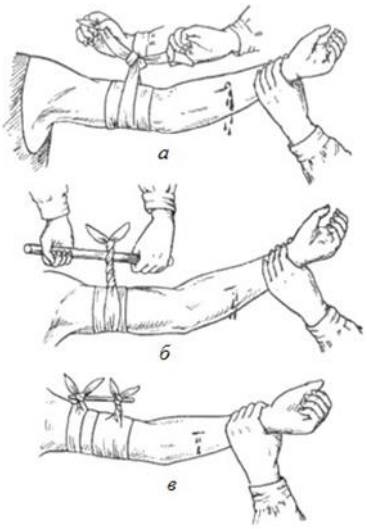


Рис. 2. Остановка артериального кровотечения закруткой: а – завязывание узла; б – закручивание с помощью палочки; в – закрепление палочки

Остановка кровотечения при помощи *закрутки* состоит в том, что конечность выше места ранения обвязывают скрученным в виде жгута платком, веревкой и т.п., а затем, просунув в образованное кольцо палку или какой-либо предмет, вращают его до тех пор, пока конечность не окажется перетянутой, а кровотечение остановленным (рис. 2).

Вместо самодельной закрутки можно пользоваться специальным *кровоостанавливающим резиновым жгутом*, представляющим собой

резиновую трубку или полоску с крючком на одном конце и цепочкой на другом. Резиновый жгут берут за концы, немного растягивают, обводят вокруг конечности 2–3 раза, предварительно подложив под него тканевую прокладку, и закрепляют одно из колец цепочки за крючок. Если рана находится у основания конечности (верхняя треть плеча или бедра), жгут накладывают в виде восьмерки: охватив конечность 2–3 витками жгута, обводят его вокруг туловища и фиксируют.

Импровизированным жгутом может служить ремень для брюк. Конечность на том месте, где следует наложить жгут, опоясывают ремнем, и конец его продевают через пряжку сверху вниз. Затем конец ремня обводят вокруг конечности и выводят через пряжку с противоположной стороны. Получается охватывающая конечность двойная петля – внешняя и внутренняя. Потягиванием за конец ремня жгут затягивают. Можно заранее приготовить из ремня двойную петлю, а затем кольцо, образованное из двух петель, надеть на конечность и затянуть. Чтобы закрутка или жгут не ущемляли кожу, ее следует защитить мягкой подкладкой, одеждой и т.п. Раненого с закруткой или жгутом после наложения на рану повязки немедленно направляют к врачу для окончательной остановки кровотечения. Следует помнить, что жгут можно держать не более 1– 1,5 часов, иначе наступит омертвение тканей. Если по истечении этого срока пострадавшему не будет оказана врачебная помощь и кровотечение окончательно остановлено, нужно на несколько минут ослабить закрутку или жгут, обеспечив приток крови к конечности, а затем, если кровотечение возобновится, вновь перетянуть ее. Для контроля за сроком, прошедшим после наложения жгута, к нему или под ним прикрепляют записку (бирку) с указанием временя (дата, часы, минуты) его наложения.

При ранениях конечностей кровотечение может быть временно остановлено путем *максимального сгибания конечности* и фиксации ее в этом положении. Так, при ранении голени в подколенную ямку кладут валик, сделанный из ваты и марли, ногу сгибают в коленном суставе до отказа и в

таком положении фиксируют ремнем, бинтом, полотенцем, косынкой. Этот же прием используют при ранении предплечья. Руку сгибают и фиксируют в локтевом суставе.

При ранении бедра в верхней его части, когда наложить жгут невозможно, ватно-марлевый валик кладут в паховую область, а бедро максимально прижимают к животу и закрепляют его в таком положении (рис. 3).

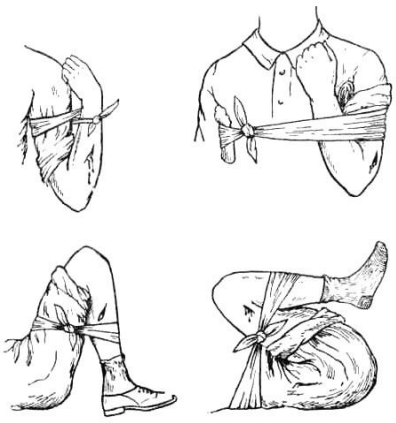


Рис. 3. Остановка кровотечения путем максимального сгибания конечности

При расположении раны в подмышечной области или верхней части плеча у плечевого сустава следует по мере возможности больше завести руку назад и прижать ее к спине.

При *капиллярном кровотечении* кровь сочится по всей поверхности раны, как из губки. Такое кровотечение обычно не бывает сильным, и для остановки его, как уже сказано, в большинстве случаев требуется лишь наложить обычную повязку, как при всякой ране. Если ранена конечность, следует придать ей возвышенное положение – приподнять на некоторое время раненую руку или ногу. Если кровотечение остановилось, наложенная повязка не будет промокать; если же на ней появилось небольшое кровавое пятно, нужно закрыть его несколькими дополнительными оборотами бинта – подбинтовать повязку. Если повязка, несмотря на это, вновь промокнет и, следовательно, кровотечение все же продолжается, нужно наложить так

называемую давящую повязку. Не открывая раны, поверх марли, которой она закрыта, следует положить свернутый в тугой комок кусок ваты или платок и туго забинтовать раненое место так, чтобы этот комок плотно придавил рану.

Венозное кровотечение. Кровотечение из вены узнается по темно-красному, вишневому цвету крови, которая вытекает из раны струей, но медленно, спокойно, без толчков.

Такое кровотечение может быть обильным, однако, как правило, для его остановки бывает достаточно наложения давящей повязки и придания пострадавшей части тела возвышенного положения.

Описанные способы остановки кровотечения называются временными. Окончательная остановка кровотечения производится врачом при хирургической обработке раны.

Внутреннее кровотечение. Кроме наружных кровотечений, при которых кровь изливается наружу, бывают кровотечения внутренние, когда вытекающая из раненого сосуда кровь скапливается в какой-либо внутренней полости, например, в грудной или брюшной.

Внутреннее кровотечение распознают по внезапно появляющейся бледности лица, побледнению и похолоданию кистей рук и стоп, учащению пульса, наполнение которого становится все более слабым. Возникают головокружение, шум в ушах, появляется холодный пот, затем наступает обморок. Внутреннее кровотечение бывает, например, при ушибе живота вследствие разрыва печени или селезенки. Наружных повреждений при этом может и не быть. При первых же признаках внутреннего кровотечения пострадавшего нужно немедленно направить в лечебное учреждение. Если есть возможность, к области тела, где предполагается внутреннее кровотечение, следует приложить резиновый пузырь или пластмассовый мешок со льдом или холодной водой.

Контрольные вопросы:

1. Что такое кровеносная система?

2. Артериальное кровотечение, его опасность для жизни? Способы остановки данного кровотечения?

3. Капиллярное кровотечение и его остановка?

4. Венозное кровотечение и его остановка?

5. Внутреннее кровотечение, его симптомы и первая помощь?

Практическая работа № 8
Оказание реанимационной помощи пострадавшему

Цель работы: Обучение и отработка навыков оказания реанимационной помощи пострадавшему.

Применяемое оборудование

«Тренажер Максим» сердечно – легочной и мозговой реанимации пружинно –механический с индикацией правильности выполнения действий. Предназначен для демонстрации, обучения и отработки навыков оказания неотложной помощи. Состоит из фигуры, имитирующей человека, электронного пульта контроля, сетевого адаптера и настенного табло (рис. 1, 2).

Требования безопасности

Работа с тренажером требует применения мер безопасности. Путем осмотра тренажера необходимо убедиться в целостности самого тренажера, проводов и блока питания. Если они нарушены сообщить преподавателю.

Тренажер позволяет проводить следующие операции:

1. Непрямой массаж сердца;

2. Искусственную вентиляцию легких способами «изо рта в рот» и «изо рта в нос» (в дальнейшем ИВЛ);

3. Имитацию пульса;

4. Контролировать:

а) правильность положения головы и расстегнутый пояс (рис. 3);

б) правильность проведения непрямого массажа сердца (рис. 3);

в) достаточность воздушного потока при проведении ИВЛ (рис. 3);

г) правильность проведения реанимации пострадавшего одним или двумя спасателями (рис. 3);

д) состояние зрачков у пострадавшего (рис. 5).

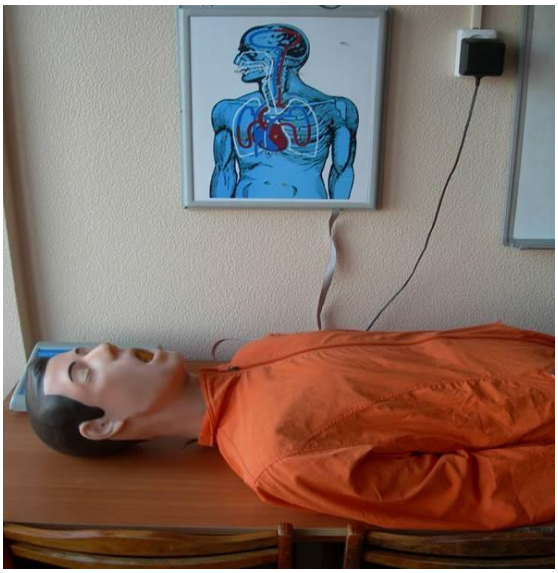


Рис.1. Общий вид «Тренажер Максим» сердечно – легочной и мозговой реанимации

Тренажер снабжен электронным пультом контроля, с помощью которого определяется правильность положения головы, достаточность вдуваемого воздуха, усилие компрессии, правильность положения рук при непрямом массаже сердца, правильность проведения реанимации одним или двумя спасателями, состояние зрачков пострадавшего, появление пульса (рис. 2).



Рис. 2. Общий вид электронного пульта контроля и настенного табло

Тренажер можно использовать в трех режимах:

I-учебный-используеться для отработки отдельных элементов реанимации;

II-тестовый-режим реанимации одним спасателем;

III-тестовый - режим реанимации двумя спасателями.

После правильно проведенного комплекса реанимации тренажер автоматически оживает (появляется пульс на сонной артерии, и сужаются зрачки у пострадавшего) (рис. 3, 5).

Настенное табло является увеличенным изображением торса человека со световой сигнализацией действий по реанимации пострадавшего. Табло подключается к электронному пульту контроля с помощью разъемов, расположенных на задней панели пульта и позволяет наглядно демонстрировать процесс реанимации (рис. 2).

Порядок выполнения работы

Для проведения лабораторной работы необходимо: положить тренажер горизонтально, подключить адаптер к сети 220В и 50Гц специальным кабелем к источнику постоянного тока 12 - 14В. Включить тумблер подачи питания, расположенный на задней панели электронного пульта. При этом на пульте включится зеленый сигнал «вкл. сеть», а также красные,

сигнализирующие о том, что пояс пострадавшего не расстегнут, а голова не запрокинута (аналогичные сигналы на настенном табло) (рис. 3). Включить (при желании) тумблер «Звуковые сигналы», расположенный на задней панели пульта (рис. 3).

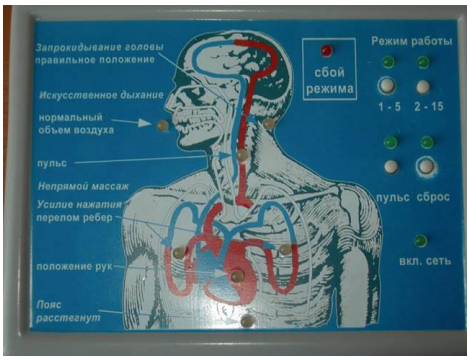


Рис.3. Расположение и виды сигнализаций пульта контроля

«Тренажер Максим» используется в трех режимах, описание которых приводится ниже.

I. Учебный режим.

Порядок действий:

1. Обеспечить правильное запрокидывание головы тренажера (при угле запрокидывания 15 - 20 градусов, включается зеленый сигнал «Правильное положение») (рис. 3).

2. Расстегнуть пояс (включается зеленый сигнал «Пояс расстегнут») (рис. 11).

3. Провести по правилам первой медицинской помощи непрямой массаж сердца (рис. 5).



Рис.4. Положения рук проводящего наружный массаж сердца

При прикладываемом усилии в 25±2 кгс. (глубине продавливания 3 - 4 см.), включается зеленый сигнал «Положение рук» (рис. 3). При усилии свыше32 кгс (смещении грудины более чем на 4 см) включаются 2 красных сигнала «Перелом ребер».

Руки спасателя при отработке навыков непрямого массажа сердца должны находиться выше мечевидного отростка грудины, приблизительно на расстоянии 2-х пальцев. В случае неправильного положения, включается красный сигнал «Положение рук» (рис. 3), и действия спасателей будут считаться неправильными.

4. Провести по правилам оказания первой медицинской помощи ИВЛ (рис. 12). При достаточно интенсивном поступлении воздуха в легкие (скорость воздушного потока не менее 2 л/с), включается зеленый сигнал «Нормальный объем воздуха» (рис. 3).

5. Проконтролировать на сонной артерии тренажера наличие пульса можно, включив кнопку «Пульс» (рис. 3).

6. Проверить состояние зрачков глаз пострадавшего, оттянув веко вверх (рис. 5).



Рис. 5. Проверка состояния зрачка пострадавшего

При этом зрачки глаз будут расширены – пострадавший находится в состоянии клинической смерти. При включении кнопки “Пульс” зрачки глаз тренажера становятся нормальными (рис. 3), - функции пострадавшего организма восстановлены (рис. 5). Кроме этого при каждом правильном нажатии при выполнении непрямого массажа сердца происходит сужение зрачков.

7. В случае работы с демонстрационным табло, вся световая сигнализация о действиях спасателей идентична сигнализации на электронном пульте (рис. 2).

Внимание!

После выполнения всех учебных действий необходимо нажать кнопку «Сброс», при этом включается зеленый сигнал (рис. 4).

II. Режим реанимации одним спасателем («2 - 15»).

Используется для отработки действий по реанимации пострадавшего одним человеком.

Порядок действия:

Нажать кнопку «Сброс» (рис.3).

Убедиться в правильном положении головы (зеленый сигнал) (рис. 3). Расстегнуть пояс пострадавшему (зеленый сигнал) (рис. 3). Включить режим работы «2 - 15» (рис. 3). Начать реанимационные мероприятия по правилам проведения первой медицинской помощи (рис.4) (2ИВЛ + 15 нажатий, 5 - 6 циклов в течение минуты).

При неправильных действиях включается один из красных сигналов на торсе пострадавшего или красный сигнал «Сбой режима» (рис. 3). При правильных действиях в течение 1 минуты появляется пульс на сонной артерии (рис 6), зрачки сужаются (рис. 5).



Рис. 6. Проверка пульса на сонной артерии

Контрольные вопросы:

1. Назовите признаки клинической смерти.
2. Назовите признаки биологической смерти.
3. Назовите основные правила определения пульса у пострадавшего.
4. Расскажите порядок действий при подготовке пострадавшего к проведению сердечно-легочной реанимации.
5. Расскажите порядок действий при проведении сердечно-легочной реанимации.

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа по дисциплине «Физиология человека» выполняется по варианту, номер которого определяется в соответствии с цифрой учебного шифра.

Объем работы 10-15 машинописных страниц, Ответы на вопросы подготовить на компьютере, иметь распечатку и запись на электронном носителе, либо написанные разборчивым подчерком (поля 3 см) в ученической тетради;

Каждый вопрос контрольного задания должен записываться как заголовок раздела работы (ответа на вопрос);

Ответы должны излагаться конкретно по существу вопросов и содержать иллюстративный материал и примеры из личной профессиональной деятельности;

Использованные в ответах цитаты должны быть выделены кавычками с указанием источников и страницы;

В конце работы должен быть приведен список изученной и использованной литературы, оформленной по примеру перечня литературы, приведенном в данных методических указаниях;

Контрольная работа №1

Вариант №1

1. Значение кишечной микрофлоры для организма человека.
2. Условно-рефлекторная и произвольная регуляция дыхания
3. Системы теплопродукции и теплоотдачи и механизмы их регуляции.

Вариант №2

1. Органы выделения и их значение для жизнедеятельности организма.
2. Гормоны половых желез.
3. Теплоотдача. Способы отдачи тепла.

Вариант № 3

1. Структурно-функциональная организация мозга.
2. Стресс. Общий адаптивный синдром Г. Селье.
3. Влияние высоких и низких температур на процессы теплопродукции и теплоотдачи.

Вариант №4

1. Центральная нервная система: головной и спинной мозг.
2. Утомление и переутомление. Монотония.
3. Потоотделение, озноб и другие внешние проявления регуляции температурного гомеостаза.

Вариант №5

1. Вегетативная (автономная) нервная система: симпатический и парасимпатические отделы.
2. Основные функции эндокринной системы.

3. Малый круг кровообращения.
Вариант №6
1. Структура и функции нервных клеток.
2.Функциональная система, обеспечивающая поддержание постоянство температуры внутренней среды при изменениях температуры внешней среды.
3. Строение и функции сосудистой системы.
Вариант №7
1. Нервы, их строение и классификация.
2. Почки, их роль в поддержании азотистого баланса, осмотического давления, pH крови, объема крови.
3. Большой и малый круг кровообращения.
Вариант №8
1. Регуляции позы и движений.
2. Строение и функции слухового анализатора.
3. Функции печени.
Вариант №9
1. Группы крови человека.
2. Центральные механизмы чувства равновесия.
3. Большой круг кровообращения.
Вариант №10
1. Нейрофизиологические корреляты сознания.
2. Функции мозжечка.
3. Функции селезенки.
Вариант №11
1. Кора надпочечников. Симпато – адреналовая система
2. Функции кожи (эпидермиса).
3. Лимфатическая система.
Вариант №12
1. Функциональная классификация кровеносных сосудов.
2. Субъективная и объективная физиология вкуса.
3. Механизмы адаптации организма к действию низких и высоких температур.
Вариант №13
1. Виды кожной чувствительности, боль.
2. Физиология чувства равновесия.
3. Газообмен в легких и тканях.
Вариант №14
1. Глаз и его диоптрический аппарат.
2. Переваривание и всасывание.
3. Регуляция дыхания.
Вариант №15
1. Бинокулярное зрение.
2. Гормоны поджелудочной железы и регуляция содержания глюкозы в крови.
3. Кровотворение (гемопоэз).

Вариант №16
1. Цветовое зрение.
2. Гормональная регуляция водно-солевого равновесия.
3. Газообмен в легких и тканях.
Вариант №17
1. Физиология обоняния.
2. Функции желудочно-кишечного тракта.
3. Транспортировка O2 и CO2. в организме.
Вариант №18
1. Функции среднего и внутреннего уха.
2. Моторная и секреторная функции желудочно-кишечного тракта.
3. Функции среднего и внутреннего уха.
Вариант №19
1. Физиология чувства равновесия.
2. Процессы обмена веществ и расхода энергии в организме человека.
3. Бинокулярное зрение.
Вариант №20
1. Центральные механизмы чувства равновесия.
2. Регуляция обмена веществ и расхода энергии.
3. Сердечный цикл и его фазовая структура
Вариант №21
1. Боль: соматическая и висцеральная. 2. Перенос углекислоты кровью.
3. Цветовое зрение.
Вариант №22
1. Вкус и обоняние..
2. Нейрофизиология зрения.
3. Центральная нервная система (ЦНС): структурные образования головного и спинного мозга.
Вариант №23
1. Регуляция позы и движений.
2. Строение и функции поперечно-полосатых мышц.
3. Строение и функции сердца.
Вариант №24
1. Жажда и голод.
2. Синергизм и антагонизм в действиях мышц.
3. Функции вегетативной нервной системы.
Вариант №25
1. Условия возникновения чувства жажды.
2 Условные и безусловные рефлексы.
3. Форменные элементы крови: эритроциты, лейкоциты, тромбоциты,их функции.
Вариант №26
1. Центральные механизмы голода и насыщения.
2. Адаптация организма человека к гипоксии.

3. Рефлекс, рефлекторный путь.
Вариант №27
1. Сон и бодрствование.
2. Перенос кислорода кровью.
3. Функции симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы.
Вариант №28
1. Особенности теплообмена при различной деятельности.
2. Перенос углекислоты кровью.
3. Скелет туловища.
Вариант №29
1. Скелет верхней и нижней конечности.
2. Защитная функция крови.
3. Процессы возбуждения и торможения в ЦНС.
Вариант №30
1. Нейрон как структурно – функциональная единица ЦНС.
2. Группы крови человека.
3. Факторы, вызывающие голод. Насыщение.
Вариант №31
1. Физиология желез внутренней секреции .
2. Понятие о гомеостазе.
3. Условия возникновения чувства жажды. Утоление жажды.
Вариант №32
1. Строение и функции сердца.
2..Вестибулярный аппарат как анализатор положения и перемещения тела в пространстве.
3. Строение и функции гладкой мускулатуры.
Вариант №33
1. Механическая работа сердца.
2. Форменные элементы крови: эритроциты, лейкоциты, тромбоциты их функции.
3. Сон и бодрствование.
Вариант №34
1. Структура и свойства гемоглобина. Перенос кислорода кровью.
2. Жажда и голод.
3. Физиологические механизмы долговременной и кратковременной памяти.

Контрольная работа №2 «Исследование действий и макродвижений в процессе развития профессиональных навыков у операторов технических систем»

Цель работы: освоить понятие – действие; выявить закономерности формирования профессиональных навыков.

Выполнение работы

1. Установить на центр тяжести кисти респондента световой датчик.

2. Произвести съемку выполнения действия респондента при наборе текста.
3. Произвести обработку полученных изображений.
4. Построить траектории движений пользователя в зависимости от времени.
Выводы: указать, как влияет повторяемость на динамику действий работника, выделить макродвижения и микродействия.

Контрольные вопросы

1. Указать структуру действий работника.
2. Что понимается под навыком?
3. Что понимается под действием?
4. Что понимается под микродействием и макродвижением?
5. Характерные особенности формирования действий работника?

4 Методические указания для выполнения самостоятельной работы студентов

Ознакомиться с теоретической частью и ответить на контрольные вопросы.

Вопросы и задания составлены в соответствии разделами и темами рабочей программы учебной дисциплины «Физиология человека» для удобства при самостоятельной подготовке студентов к учебным занятиям.

Теоретическая часть

Тема 1: Основные морфо-функциональные понятия. Основы межклеточной коммуникации, информационного обмена и регуляции физиологических функций клетки.

Цель и задачи дисциплины. Место дисциплины в структуре образовательной программы. Планируемые результаты освоения дисциплины.

Физиология как научная основа медицины, предмет и задачи дисциплины. Связь физиологии с другими научными дисциплинами. Физиология как научная основа диагностики здоровья, здорового образа жизни, прогнозирования функционального состояния и работоспособности человека.

Единство организма и внешней среды. Гомеостаз. Клетка и ее функции. Ткани организма.

Раздражимость, возбудимость как основа реакции ткани на раздражение. Рефлекторный принцип деятельности нервной системы. Механизмы регуляции: нервный и гуморальный. Понятие о саморегуляции. Системная организация функций (И.П.Павлов, П.К.Анохин). Понятие системы. Системогенез.

Тема 2: Физиология высшей нервной деятельности

Роль ЦНС в интегративной приспособительной деятельности организма. Нейрон как структурно-функциональная единица ЦНС. Закономерности и особенности возбуждения в ЦНС. Торможение в ЦНС. Общие принципы координационной деятельности ЦНС. Взаимодействие между процессами возбуждения и торможения как основа координационных рефлексов.

Роль спинного мозга в процессах регуляции деятельности опорно-двигательной системы и вегетативных функций организма. Продолговатый мозг и варолиев мост. Средний мозг. Мозжечок. Ретикулярная формация. Таламус. Гипоталамус. Лимбическая система. Базальные ядра. Кора больших полушарий головного мозга.

Структурно-функциональные особенности соматической и вегетативной нервной системы.

Вегетативные нервные центры. Роль гипоталамуса, мозжечка, лимбической системы, ретикулярной формации и коры больших полушарий в регуляции вегетативных функций.

Участие вегетативной нервной системы в интеграции функций при

формировании целостных поведенческих актов. Вегетативные компоненты поведения.

Тема 3: Гормоны

Гормональная регуляция физиологических функций. Биологические особенности поведения. Врожденные формы поведения (безусловные рефлексы и инстинкты), их значение для приспособительной деятельности организма.

Мотивации. Условный рефлекс как форма приспособления к изменяющимся условиям существования. Закономерности образования и проявления условных рефлексов. Классификация условных рефлексов. физиологические механизмы образования условных рефлексов. Их структурно-функциональная основа.

Аналитико-синтетическая деятельность коры больших полушарий. значение обучения и приобретения трудовых навыков. Типы высшей нервной деятельности человека (И.П.Павлов). Эмоции, их биологическая роль. Бодрствование. Сон. Теории механизмов сновидений.

Физиологические основы психики человека (внимание, восприятие, память, мышление, сознание, речь). Физиологические основы трудовой деятельности. Особенности физического и умственного труда. Роль эмоций. проблема утомляемости целостного организма. Факторы, способствующие развитию утомления. Активный отдых и его механизмы.

Тема 4: Физиология опорно-двигательного аппарата

Опорно-двигательная система (аппарат). Кости и их соединения. Мышечная система. Особенности скелета человека, связанные с прямохождением и трудовойдеятельностью. Профилактика заболеваний опорно-двигательного аппарата.

Первая помощь при переломах, транспортная иммобилизация.

Тема 5: Физиология сенсорных систем

Понятие об органах чувств, анализаторных и сенсорных системах. Значение анализаторов в познании мира. Системный характер восприятия. Функциональная организация анализаторов. Ноцицепция.

Тема 6: Физиология системы кровообращения

Понятие о внутренней среде организма (кровь, лимфа, внесосудистые жидкости). Гемостаз. Иммунитет.

Групповая принадлежность крови по системе АВО и резус-принадлежности. Лимфа. Внесосудистые жидкие среды организма (интерстициальная, спинномозговая, синовиальная, плевральная, перитонеальная, жидкая среда глазного яблока, слизь). Их роль в обеспечении жизнедеятельности клеток организма.

Морфофункциональная характеристика кровo- и лимфообращения. Роль

и место системы кровообращения в поддержании жизнедеятельности организма. Сердечный цикл и его фазовая структура. Системное кровообращение. Органное кровообращение. Микроциркуляция. Лимфатическая система, ее строение и функции.

Первая помощь при кровотечениях.

Тема 7: Физиология системы дыхания

Газообмен в легких и тканях. Механизм дыхательных движений. Взаимосвязь дыхания и кровообращения.

Первая помощь при нарушении деятельности органов дыхания и кровообращения

Тема 8: Физиология системы пищеварения. Обмен веществ и энергии, питание, терморегуляция

Физиологические основы голода и насыщения. Функциональная система, поддерживающая постоянство питательных веществ в крови. Типы пищеварения (внутриклеточное, полостное, мембранное). Пищеварительный процесс, его проявления (секреция, моторика, всасывание). Основные принципы и механизмы регуляции пищеварения. Фазы секреции главных пищеварительных желез. Непищеварительные функции пищеварительной системы. Эндокринная функция пищеварительного тракта, эффекты гастроинтестинальных гормонов. Инкреция пищеварительных ферментов. Иммунная система пищеварительного тракта. Пищеварение в полостях рта, в желудке и кишечнике. Печень, ее функция

Общее понятие об обмене веществ в организме. Регуляция обмена питательных веществ в организме. Значение води для организма. Факторы, определяющие ее распределение и перемещение в организме. Понятие о водном балансе. Витамины, их физиологическая роль.

Энергетический баланс организма. Энергетические затраты организма при разных видах труда.

Постоянство температуры внутренней среды организма как необходимое условие нормального протекания метаболических процессов. температура тела человека, суточные колебания. Температура различных участков кожных покровов и внутренних органов. Физическая и химическая терморегуляция. Обмен веществ как источник образования тепла. Роль отдельных органов в теплопродукции. Теплоотдача. Способ отдачи тепла с поверхности тела (излучение, проведение, потоотделение). Периферические и центральные механизмы терморегуляции. Функциональная система, обеспечивающая поддержание постоянства температуры внутренней среды при изменении температуры внешней среды. Первая помощь при отравлениях.

Тема 9: Физиология системы выделения. Репродуктивная функция

Органы выделения (почки, кожа, легкие, пищеварительный тракт), их участие в поддержании гомеостаза организма.

Первая помощь при внутренних повреждениях.

Кожа. Кожа как выделительный орган. Функции сальных и потовых желез, регуляция их деятельности. Невыделительные функции кожи (барьерная, защитная, терморегуляторная и др.).

Физиология полового развития и репродуктивной системы. Механизмы регуляции репродуктивной функции. Половое влечение. Оплодотворение. Беременность. Возрастные и половые особенности репродуктивного здоровья. Оценка репродуктивного здоровья.

Тема 10: Адаптационно-компенсаторные механизмы организма

Адаптация и компенсация как различные виды приспособительных реакций организма. Виды адаптаций. Индивидуальная адаптация. Биологические и социальные факторы, лежащие в основе адаптации. Фазы и критерии адаптации. Пассивный и активный тип приспособления. Механизмы развития адаптивных реакций. Проблема компенсации измененных функций. Понятие адаптации и компенсации с позиций аналитического и системного подходов. Интегративная деятельность организма. Понятие об интеграции и интегративных функциях организма. Взаимосвязь органов и систем. Взаимодействие и взаимосоответствие. Возрастные изменения организма.

Список литературы:

1 Грибанова, О. В. Анатомия, физиология и биохимия эндокринной системы человека [Электронный ресурс] : учебное пособие / О. В. Грибанова, Г. Е. Завьялова, Т. Г. Щербакова. — Электрон. текстовые данные. — Волгоград : Волгоградский государственный социально-педагогический университет, «Перемена», 2018. — 101 c. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/80294.html

2 Баскаков, М. Б. Анатомия и физиология человека. Основы морфологии человека и общей патологии клетки [Электронный ресурс] : учебное пособие для СПО / М. Б. Баскаков. — Электрон. текстовые данные. — Саратов : Профобразование, 2017. — 114 c. — 978-5-4488-0013-9. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/66385.html

3 Удальцов, Е. А. Основы анатомии и физиологии человека [Электронный ресурс] : практикум / Е. А. Удальцов. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2014. — 144 c. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/55488.html

4 Ситуационные задачи и упражнения по физиологии человека [Электронный ресурс] : учебное пособие / сост. Е. И. Новикова [и др.]под ред. Е. И. Новикова. — Электрон. текстовые данные. — Волгоград : Волгоградский государственный социально-педагогический университет, 2015. — 78 c. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/40704.html

5 Герасимович И. С. Основы физиологии человека/И. С. Герасимович, А. И. Ермолаев. - 2011

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ, КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ, КУРСОВОЙ РАБОТЫ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.В.09.13 ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ САНИТАРИЯ И ГИГИЕНА ТРУДА

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Технологическая безопасность и горноспасательное дело

Автор: [Демина Т.В., доцент, к.т.н.]

Одобрено на заседании кафедры	Рассмотрено методической комиссией
Безопасности горного производства	Горнотехнологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____ *(подпись)*	Председатель _____ *(подпись)*
Елохин В.А.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 20.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

Содержание

1 Методические указания для выполнения практических работ…… 3
2 Методические указания для выполнения контрольной работы…….. 67
3. Методические указания для выполнения курсовой работы…….69
3 Методические указания для выполнения самостоятельной работы…… 72
Список литературы……. 133

1 Методические указания для выполнения практических работ

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1

ТЕМА: Снижение уровня шума с помощью различных технических методов

Шумом называют любой нежелательный звук или сочетание звуков, вызывающих неприятные ощущения у человека.

С физической точки зрения звук представляет собой волнообразно распространяющееся колебательное движение частиц упругой среды.

Для защиты от акустических колебаний (шума, инфра- и ультразвука) можно использовать следующие методы:

- снижение звуковой мощности источника звука;
- размещение рабочих мест с учетом направленности излучения звуковой энергии*;*
- удаление рабочих мест от источника звука*;*
- акустическая обработка помещений*;*
- звукоизоляция*;*
- применение глушителей*;*
- применение средств индивидуальной защиты.

Снижение звуковой мощности источника звука. Снижения шума механизмов и машин достигается изменением технологического процесса (например, замена клепки сваркой).

Аэродинамический шум, вызываемый движением потоков воздуха и газа и обтеканием им элементов механизмов и машин, — наиболее мощный источник шума, снижение которого в источнике наиболее сложно. Для уменьшения интенсивности генерации шума улучшают аэродинамическую форму элементов машин, обтекаемых газовым потоком, и снижают скорость движения газа.

Изменение направленности излучения шума. При размещении установок с направленным излучением необходима соответствующая ориентация этих установок по отношению к рабочим и населенным местам, поскольку величина направленности может достигать 10...15 дБ. Например, отверстие воздухозаборной шахты вентиляционной установки или устье трубы сброса сжатого газа необходимо располагать так, чтобы максимум излучаемого шума был направлен в противоположную сторону от рабочего места.

Удаление рабочих мест от источника звука. Увеличение расстояния от источника звука в 2 раза приводит к уменьшению уровня звука на 6 дБ.

Акустическая обработка помещения — это мероприятие, снижающее интенсивность отраженного от поверхностей помещения (стен, потолка, пола) звука. Для этого применяют звукопоглощающие облицовки поверхностей помещения (рисунок 1.1, *а)* и штучные (объемные) поглотители различных конструкций (рисунок 1.1, б), подвешиваемые к потолку помещения. Поглощение звука происходит путем перехода энергии колеблющихся частиц воздуха в теплоту за счет потерь на трение в пористом материале облицовки или поглотителя. Для большей эффективности звукопоглощения пористый материал должен иметь открытые со стороны падения звука незамкнутые поры.

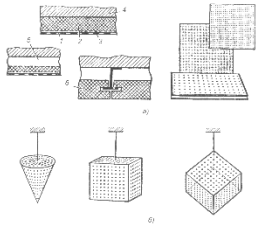


Рисунок 1.1 – Акустическая обработка помещений: а – звукопоглощающая

облицовка помещений: 1 – защитный перфорированный слой; 2 – звукопоглощающий материал; 3 – защитная стеклоткань; 4 – стена или потолок; 5 – воздушный промежуток; 6 – плита из звукопоглощающего материала; б – звукопоглотители различных конструкций

Звукопоглощающие материалы характеризуются *коэффициентом звукопоглощения* α, равным отношению звуковой энергии, поглощенной материалом, и энергии, падающей на него. Звукопоглощающие материалы должны иметь коэффициент звукопоглощения не менее 0,3. Чем это значение выше, тем лучше звукопоглощающий материал. Звукопоглощающие свойства пористых материалов определяются толщиной слоя, частотой звука, наличием воздушной прослойки между материалом и поверхностью помещения.

Штучные звукопоглотители применяют при недостаточности свободных поверхностей помещения для закрепления звукопоглощающих облицовок. Поглотители различных конструкций, представляющие собой объемные тела, заполненные звукопоглощающим материалом (тонкими волокнами), подвешивают к потолку равномерно по площади.

Звукоизоляция. При недостаточности указанных выше мероприятий для снижения уровня шума до допустимых значений или невозможности их осуществления применяют звукоизоляцию. Снижение шума достигается за счет уменьшения интенсивности прямого звука путем установки ограждений, кабин, кожухов, экранов (рисунок 1.2). Сущность звукоизоляции состоит в том, что падающая на ограждение энергия звуковой волны отражается в значительно большей степени, чем проходит через него.

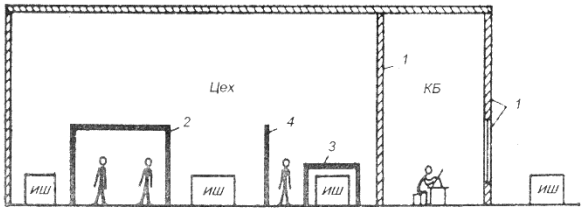


Рисунок 1.2 – Средства звукоизоляции: 1 – звукоизолирующее ограждение; 2 – звукоизолирующие кабины и пульты управления; 3 – звукоизолирующие кожухи; 4 – акустические экраны; ИШ – источник шума

Перегородки выполняют из бетона, кирпича, дерева и т. п. Наиболее шумные механизмы и машины закрывают кожухами, изготовленными из конструкционных материалов — стали, сплавов алюминия, пластмасс и др., и облицовывают изнутри звукопоглощающим материалом.

Экранирование источников шума или рабочих мест. Защитные свойства экрана возникают из-за того, что при огибании прямой звуковой волной кромок экрана за ним образуется зона звуковой тени тем большей протяженности, чем меньше длина волны (выше частота звука). Так как экран защищает только от прямой звуковой волны, его применение эффективно только в области превалирования прямого шума над отраженным. Поэтому экраны надо устанавливать между источником шума и рабочим местом, если они расположены недалеко друг от друга.

Глушители применяют для снижения аэродинамического шума. Глушители шума принято делить на абсорбционные, использующие облицовку поверхностей воздуховодов звукопоглощающим материалом; реактивные - типа расширительных камер, резонаторов, узких отростков, длина которых равна ¼ длины волны заглушаемого звука; комбинированные, в которых поверхности реактивных глушителей облицовывают звукопоглощающим материалом; экранные.

При наличии нескольких источников суммарный уровень шума определяется по следующим формулам.

Если источники звука одинаковы, т. е. каждый в отдельности создает на рабочем месте одинаковый уровень шума:

$$L_{\Sigma} = L_1 + 10\lg n, \qquad (1.1)$$

где L_1 — уровень шума, создаваемый одним источником, n — число одинаковых источников звука.

Если источники звука различны:

$$L_{\Sigma} = 10\lg\left(10^{0,1L_1} + 10^{0,1L_2} + ... + 10^{0,1L_n}\right), \qquad (1.2)$$

где L_1 L_2, ..., L_n — уровни шума, создаваемые каждым источником.

Значения $10 \lg n$ в зависимости от числа источников шума принимаются в соответствии с таблицей 1.1.

Таблица 1.1

Число источников шума n	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	40	100
Величина $10 \lg n$	0	3	5	6	7	8	9	10	13	15	16	20

Средства индивидуальной защиты. К СИЗ от шума относят ушные вкладыши, наушники и шлемы.

Вкладыши — мягкие тампоны из ультратонкого материала, вставляемые в слуховой канал. Их эффективность не очень высока и в зависимости от частоты шума может составлять 5...15дБ.

Наушники плотно облегают ушную раковину и удерживаются на голове дугообразной пружиной. Их эффективность изменяется от 7 дБ на частоте 125 Гц до 38 дБ на частоте 8000 Гц.

Шлемы применяют при воздействии шумов очень высоких уровней (более 120 дБ). Они закрывают всю голову человека, т. к. при таких уровнях шума он проникает в мозг не только через ухо, но и непосредственно через черепную коробку.

1. Практическая часть.

2.1 Определить уровень шума от источников, если учесть, что они одинаковы (использовать формулу 1.1).

Исходные данные для расчета приводятся в таблице 1.2.

Таблица 1.2

Вариант 1	*Вариант 2*	*Вариант 3*	*Вариант 4*	*Вариант 5*	*Вариант 6*	*Вариант 7*	*Вариант 8*	*Вариант 9*	*Вариант 10*
L_1=95; n=3	*L_1=80; n=4*	*L_1=90; n=5*	*L_1=70; n=6*	*L_1=75; n=10*	*L_1=80; n=3*	*L_1=75; n=20*	*L_1=70; n=30*	*L_1=65; n=40*	*L_1=60; n=100*

1.2. Снизить уровень шума с помощью средств звукоизоляции.

Для этого необходимо определить звукоизолирующую способность оградительной стены.

Звукоизолирующая способность ограждения определяется по формуле:

$$R = 20\lg \rho_S f - 9 \qquad (1.3)$$

где ρ_s – поверхностная плотность ограждения, кг/м^2;

f – частота колебаний звука, Гц.

Исходные данные для расчета приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3

Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5	Вариант 6	Вариант 7	Вариант 8	Вариант 9	Вариант 10
ρ_s=470 кг/м^2; f=500 Гц	ρ_s=175 кг/м^2; f=125 Гц	ρ_s=950 кг/м^2; f=250 Гц	ρ_s=500 кг/м^2; f=1000 Гц	ρ_s=750 кг/м^2; f=125 Гц	ρ_s=150 кг/м^2; f= 100 Гц	ρ_s=250 кг/м^2; f=500 Гц	ρ_s=100 кг/м^2; f=250 Гц	ρ_s=600 кг/м^2; f=125 Гц	ρ_s=650 кг/м^2; f=500 Гц

2.3 Определить достаточная ли звукоизолирующая способность у оградительной стены.

Звукоизолирующая способность ограждения считается достаточной, если R≥80 дБ.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомится с теоретической частью практического занятия №1.
2. Выполнить расчет звукоизолирующей способности оградительной стены.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ

1. Произвести анализ существующих методов защиты от шума.
2. Определить достаточная ли звукоизолирующая способность у оградительной стены.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимается под шумом?
2. Какие методы применяются для защиты от шума?
3. Что представляет собой каждый из этих методов?
4. Что называется коэффициентом звукопоглощения?
5. Как определяется суммарный уровень звукового давления?
6. Что относится к СИЗ от шума?

ЗАДАНИЕ НА СРС

1. Определить параметры, характеризующие шум.
2. Гигиеническое нормирование акустических колебаний.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2

ТЕМА: Снижение вибрации с помощью различных технических методов и средств защиты

Теоретическая часть

Вибрация представляет собой процесс распространения механических колебаний в твердом теле. Принято различать общую и локальную вибрацию.

Методы и средства виброзащиты подразделяются на коллективные и индивидуальные.

Наиболее эффективными являются средства коллективной защиты. Виброзащита осуществляется следующими основными методами:

- снижением виброактивности источника вибрации;
- применением вибродемпфирующих (вибропоглощающих) покрытий, приводящих к снижению интенсивности пространственной вибрации конструкции за счет рассеяния энергии механических колебаний;
- виброизоляцией, когда между источником и защищаемым объектом размещается дополнительное устройство, так называемый виброизолятор;

- динамическим гашением вибрации, при котором к защищаемому объекту присоединяется дополнительная механическая система, изменяющая характер его колебаний;
- активным гашением вибрации, когда для виброзащиты используется дополнительный источник вибрации, который в сравнении с основным источником генерирует колебания той же амплитуды, но противоположной фазы.

К средствам индивидуальной защиты относятся виброзащитные подставки, сиденья, рукоятки, рукавицы, обувь.

Снижение виброактивности конкретного источника вибрации зависит от особенностей его работы. Общим подходом к решению этой задачи является уменьшение энергии возмущающих сил за счет уменьшения частоты вращения или размеров вращающихся масс и соответственно линейных скоростей или перераспределение этой энергии во времени, сделав, например, более плавным процесс сгорания топлива в энергетической установке.

К эффективным средствам снижения виброактивности источника относится также замена металлических деталей на пластмассовые (из капрона, текстолита и т. п.), обладающие большим внутренним трением.

Важную роль в снижении виброактивности имеет балансировка вращающихся частей машин, которую осуществляют на специальных станках.

При *вибродемпфировании* снижение вибрации происходит за счет рассеяния энергии механических колебаний в результате преобразования ее в тепловую при возникающих в материале конструкции деформациях. В результате амплитуда упругих волн, распространяющихся по конструкциям, уменьшается по мере удаления от источника.

Применяются следующие методы демпфирования конструкций:

- изготовление деталей из материалов, обладающих большим коэффициентом потерь: чугун, сплавы меди и марганца, некоторые виды пластмасс (например, сплавы меди имеют коэффициент потерь, равный 0,2, а текстолит — 0,4);
- нанесение на детали конструкции вибродемпфирующих покрытий;
- использование вибродемпфирующих засыпок из сухого песка, чугунной дроби, а также жидкостных прослоек.

Виброгашение осуществляют путем установки агрегатов на массивный фундамент (рисунок 2.1). Этот способ нашел широкое применение при установке тяжелого оборудования (молотов, прессов, вентиляторов, насосов и т. п.).

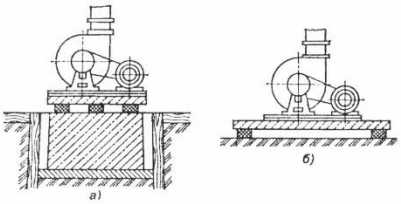


Рисунок 2.1 – Установка агрегатов на виброгасящем основании: а – на фундаменте и грунте; б – на перекрытии

Одним из способов подавления вибраций является установка динамических виброгасителей, представляющих собой дополнительную колебательную систему.

Схема динамического виброгасителя показана на рисунке 2.2. Динамический виброгаситель крепится на вибрирующем агрегате, поэтому в нем в каждый момент времени возбуждаются колебания, находящиеся в противофазе с колебаниями агрегата. Недостатком динамического виброгасителя является то, что он подавляет колебания только определенной частоты, соответствующей его собственной.

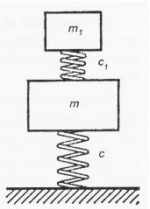


Рисунок 2.2 – Схема динамического виброгасителя

Виброизоляция — это уменьшение передачи колебаний от источника возбуждения защищаемому объекту при помощи устройств, помещаемых между ними. В качестве таких устройств могут быть: виброизоляторы (пружинные, резиновые, комбинированные и др.); гибкие вставки в коммуникациях воздуховодов и в местах их прохождения через строительные конструкции; «плавающие» полы (настил пола отделяется от перекрытия упругими прокладками) и др.

На рисунке 2.3 изображены типовые конструкции пружинных и резиновых виброизоляторов.

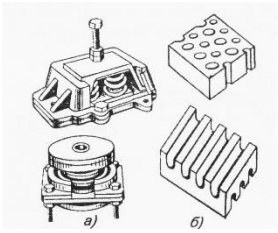


Рисунок 2.3 – Виброизолирующие опоры:
а – пружинные; б – резиновые виброизоляторы

Виброизолироваться может источник вибрации или рабочее место обслуживающего установку персонала. На рисунке 2.4 показан пример виброизоляции источника вибрации — вентиляционной установки.

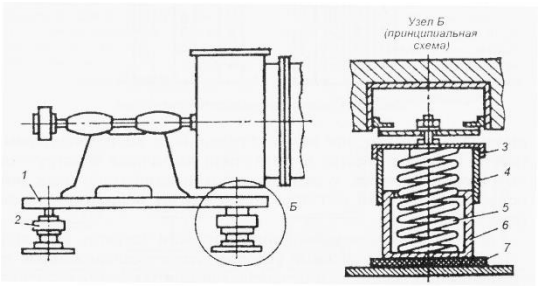


Рисунок 2.4 – Устройство виброизоляции вентиляционной установки:
1 – опорная плита; 2 – виброизоляторы; 3 – крышка корпуса; 4 – подвижная часть корпуса; 5 – пружина; 6 – неподвижная часть корпуса; 7 – виброизолирующая прокладка

Средства коллективной зашиты (СКЗ) располагаются между источником вибрации и оператором. К СКЗ оператора относятся подставки, сидения, кабины, рукоятки.

К средствам индивидуальной защиты от вибраций относятся также СИЗ для рук и ног. В качестве СИЗ для рук применяются *рукавицы и перчатки, вкладыши и прокладки.*

Виброзащитные рукавицы отличаются от обычных рукавиц тем, что на их ладонной части или в накладке закреплен упругодемпфирующий элемент, который выполняется из поролона или губчатой резины.

Виброзащитная обувь изготавливается в виде сапог, полусапог и полуботинок с упругодемпфирующим низом обуви и применяется в условиях общей вибрации.

В целях профилактики вибрационной болезни для работающих с вибрирующим оборудованием рекомендуется специальный режим труда. Так, при работе с ручными

машинами, удовлетворяющими требованиям санитарных норм, суммарное время работы в контакте с вибрацией не должно превышать 2/3 рабочей смены. При этом продолжительность одноразового непрерывного воздействия вибрации, включая микропаузы, входящие в данную операцию, не должна превышать для ручных машин 15—20 мин.

1. Практическая часть

Произведем расчет эффективности виброизоляции, согласно исходным данным в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Вариант 1	n=83с$^{-1}$; материал прокладки – резина средней жескости; h=6 см	Вариант 6	n=78с$^{-1}$; материал прокладки – плита из пробковой крошки; h=4 см
Вариант 2	n=80с$^{-1}$; материал прокладки – губчатая резина; h=5 см	Вариант 7	n=87с$^{-1}$; материал прокладки – войлок мягкий; h=7 см
Вариант 3	n=90с$^{-1}$; материал прокладки – мягкая резина; h=7 см	Вариант 8	n=92с$^{-1}$; материал прокладки – войлок жесткий прессованый; h=6 см
Вариант 4	n=96с$^{-1}$; материал прокладки – ребристая резиновая плита с отверстиями; h=8 см	Вариант 9	n=105с$^{-1}$; материал прокладки – резина средней жескости; h=5 см
Вариант 5	n=100с$^{-1}$; материал прокладки – пробка натуральная; h=9 см	Вариант 10	n=96с$^{-1}$; материал прокладки – губчатая резина; h=7 см

Эффективность виброизоляции рассчитывается по формуле:

$$\Delta L = 20\lg\left[\left(\frac{f}{f_0}\right)^2 - 1\right], \quad дБ \qquad (2.1)$$

где f – частота вынужденных колебаний;

f_0 – собственная частота виброизолированной системы.

$$f_0 = \frac{0{,}5}{\sqrt{x_{CT}}}, \quad \text{Гц} \qquad (2.2)$$

где x_{CT} – статическая осадка виброизоляторов под действием силы тяжести машины.

Допустимая величина статической осадки x_{CT} амортизаторов из упругих прокладок зависит от их материала. Найдем ее из таблицы 2.1.

Таблица 2.1 - Допустимая величина статической осадки

Материалы	x_{CT}, см
Губчатая резина	0,01 h
Мягкая резина	0,016 h
Ребристая резиновая плита с отверстиями	0,02 h
Резина средней жесткости	0,015 h
Пробка натуральная	0,05 h
Плита из пробковой крошки	0,017 h
Войлок мягкий	0,015 h
Войлок жесткий прессованный	0,0155 h

Частота вынужденных колебаний определяется по формуле:

$$f = n, \qquad (2.3)$$

где n – частота вращения шкива машины, с$^{-1}$.

Если в результате расчета $\left(\frac{f}{f_0}\right)_{TP}$ получается более 4, расчет ведут для этой величины, но в этом случае не обеспечивается требуемое снижение уровня вибрации и необходимо применять другие мероприятия для ее снижения.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ

1. Произвести анализ виброзащиты и выявить наиболее эффективные средства коллективной защиты от вибрации.

2. Произвести расчет эффективности виброизоляции.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомится с теоретической частью практического занятия №2.
2. Выполнить расчет эффективности виброизоляции.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимается под вибрацией?
2. Какие существуют средства коллективной защиты от вибрации?
3. Как осуществляется снижение виброактивности конкретного источника вибрации?
4. Что представляют собой вибродемпфирование?
5. Что такое виброгашение?
6. Что такое виброизоляция?
7. Как определяется эффективность виброизоляции?
8. Что представляет собой схема расчета виброизоляторов?
9. Что относится к средствам коллективной и индивидуальной виброзащиты операторов и что каждый из них представляет собой?

ЗАДАНИЕ НА СРС

1. Определить параметры, характеризующие вибрацию

2. Классификация производственных вибраций

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3

ТЕМА: Снижение электромагнитных излучений с помощью различных технических методов защиты

Цель работы: освоить методику расчета напряженности электрического поля от высоковольтных линий электропередач.

СОДЕРЖАНИЕ ЗАНЯТИЯ

1. Теоретическая часть

Электромагнитная волна – это колебательный процесс, связанный с изменяющимися в пространстве и во времени взаимосвязанными электрическими и магнитными полями. Область распространения электромагнитных волн называется *электромагнитным полем* (ЭМП.)

Методы и средства защиты от переменных электромагнитных полей и излучений:

Уменьшение мощности излучения обеспечивается правильным выбором генератора (мощность генератора целесообразно выбирать не более той, которая необходима для реализации технологического процесса и работы устройства). В тех случаях, когда необходимо уменьшить мощность излучения генератора, для излучений радиочастотного диапазона применяют поглотители мощности, которые ослабляют энергию излучения до необходимой степени на пути от генератора к излучающему устройству.

Поглотители мощности. Поглотителем энергии служат специальные вставки из графита или материалов углеродистого состава, а также специальные диэлектрики. При поглощении электромагнитной энергии выделяется теплота, поэтому для охлаждения поглотителей применяют охлаждающие ребра или проточную воду.

Увеличение расстояния от источника излучения. В дальней зоне излучения, т. е. на расстояниях примерно больших 1/6 длины волны излучения, плотность потока энергии (ППЭ) уменьшается обратно пропорционально квадрату расстояния, а напряженности электрического и магнитного полей — обратно пропорционально расстоянию. То есть при увеличении расстояния от источника излучения в 2 раза ППЭ уменьшается в 4 раза, а напряженности (Е и Н) в 2 раза.

Уменьшение времени пребывания в поле и под воздействием излучения.

Допустимое время пребывания в зоне излучения установок промышленной частоты (50 Гц):

$$T_{ДОП} = \frac{50}{E} - 2, \qquad (3.1)$$

где E – напряженность электромагнитного поля.

Однако, если это возможно, целесообразно сокращать время пребывания в зоне облучения до значения меньше допустимого, чтобы избежать необоснованного выполнением необходимой работы облучения.

Подъем излучателей и диаграмм направленности излучения, блокирование излучения. Излучающие антенны необходимо поднимать на максимально возможную высоту и не допускать направления луча на рабочие места и территорию предприятия.

Для защиты от электрических полей промышленной частоты необходимо увеличивать высоту подвеса фазных проводов линий электропередач (ЛЭП), уменьшать расстояние между ними и т. д. Путем правильного выбора геометрических параметров можно снизить напряженность электрического поля вблизи ЛЭП в 1,6...1,8 раза.

Экранирование излучений. Экранируют либо источники излучения, либо зоны, где может находиться человек. Экраны могут быть замкнутыми (полностью изолирующими излучающее устройство или защищаемый объект) или незамкнутыми, различной формы и размеров, выполненными из сплошных, перфорированных, сотовых или сетчатых материалов.

Экраны частично отражают и частично поглощают электромагнитную энергию. По степени отражения и поглощения их условно разделяют на отражающие и поглощающие экраны.

Для увеличения поглощающей способности экрана их делают многослойными и большой толщины, иногда со стороны падающей волны выполняют конусообразные выступы.

Наиболее часто в технике защиты от электромагнитных полей применяют металлические сетки. Они легки, прозрачны, поэтому обеспечивают возможность наблюдения за технологическим процессом и излучателем, пропускают воздух, обеспечивая охлаждение оборудования за счет естественной или искусственной

вентиляции.

Средства индивидуальной защиты. К СИЗ, которые применяют для защиты от электромагнитных излучений, относят: радиозащитные костюмы, комбинезоны, фартуки, очки, маски и т.д. Данные СИЗ используют метод экранирования.

Радиозащитные костюмы, комбинезоны, фартуки в общем случае шьются из хлопчатобумажного материала, вытканного вместе с микропроводом, выполняющим роль сетчатого экрана. Шлем и бахилы костюма сделаны из такой же ткани, но в шлем спереди вшиты очки и специальная проволочная сетка для облегчения дыхания. Эффективность костюма может достигать 25...30 дБ. Для защиты глаз применяют очки специальных марок с металлизированными стеклами. Поверхность стекол покрыта пленкой диоксида олова. В оправе вшита металлическая сетка, и она плотно прилегает к лицу для исключения проникновения излучения сбоку. Эффективность очков оценивается в 25...35 дБ.

2. Практическая часть

Выполним расчет эффективности экранирования электромагнитного излучения.

Эффективность экранов принято оценивать в дБ по формулам:

$$\Delta L = 20\lg\left(E_0 / E\right); \qquad (3.2)$$

$$\Delta L = 20\lg\left(H_0 / H\right); \qquad (3.3)$$

$$\Delta L = 10\lg\left(ППЭ_0 / ППЭ\right), \qquad (3.4)$$

где E_0, H_0, $ППЭ_0$ — соответственно напряженность электрического, магнитного поля и плотность потока энергии перед экраном; E, H, $ППЭ$ — те же параметры после экрана.

Исходные данные для расчета приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Вариант 1	E=50 В/м, H=10 А/м, $ППЭ$=12 Вт/м^2; E_0=70 В/м, H_0=20А/м; $ППЭ_0$=34Вт/м^2.	Вариант 6	E=60 В/м, H=18 А/м, $ППЭ$=17 Вт/м^2; E_0=87 В/м, H_0=29А/м; $ППЭ_0$=41Вт/м^2.
Вариант 2	E=55 В/м, H=11 А/м, $ППЭ$=14 Вт/м^2; E_0=80 В/м, H_0=25А/м; $ППЭ_0$=40Вт/м^2.	Вариант 7	E=65 В/м, H=17 А/м, $ППЭ$=21 Вт/м^2; E_0=93 В/м, H_0=31А/м; $ППЭ_0$=43Вт/м^2.
Вариант 3	E=60 В/м, H=14 А/м, $ППЭ$=12 Вт/м^2; E_0=83 В/м, H_0=28А/м; $ППЭ_0$=34Вт/м^2.	Вариант 8	E=67 В/м, H=9 А/м, $ППЭ$=24 Вт/м^2; E_0=102 В/м, H_0=19А/м; $ППЭ_0$=50Вт/м^2.
Вариант 4	E=59 В/м, H=17 А/м, $ППЭ$=15 Вт/м^2; E_0=85 В/м, H_0=22А/м; $ППЭ_0$=45Вт/м^2.	Вариант 9	E=65 В/м, H=12 А/м, $ППЭ$=21 Вт/м^2; E_0=91 В/м, H_0=27А/м; $ППЭ_0$=55Вт/м^2.
Вариант 5	E=57 В/м, H=15 А/м, $ППЭ$=20 Вт/м^2; E_0=75 В/м, H_0=30А/м; $ППЭ_0$=37Вт/м^2.	Вариант 10	E=63 В/м, H=11 А/м, $ППЭ$=19 Вт/м^2; E_0=89 В/м, H_0=29А/м; $ППЭ_0$=52Вт/м^2.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомится с теоретической частью практического занятия №3.
2. Выполнить расчет эффективности экранов.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ

1. Выполнить расчет эффективности экранов.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимается под электромагнитным полем?
2. Какие существуют методы и средства защиты от переменных электромагнитных полей?
3. Как осуществляется каждый из этих методов и средств?

4. Как определяется допустимое время пребывания в зоне излучения установок промышленной частоты?
5. Из каких материалов выполняются отражающие и поглощающие экраны?
6. Что относится к СИЗ от электромагнитных излучений?

ЗАДАНИЕ НА СРС

1. Классификация электромагнитных полей.
2. Источники электромагнитных полей на производстве.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4

ТЕМА: Защита от электромагнитных полей высокочастотных установок для нагрева материалов

Цель работы: освоить методику расчета напряженности магнитного поля от нагревательных печей и размеров защитных экранов.

СОДЕРЖАНИЕ ЗАНЯТИЯ

Промышленными источниками электромагнитных полей являются высокочастотные установки для нагрева материалов.

Электромагнитное поле обладает энергией и распространяется в виде электромагнитных волн. Скорость распространения колебаний в воздухе υ равна скорости света $3 \cdot 10^8$ м/с. Длина волны зависит от частоты: $\lambda = \frac{\upsilon}{f}$ (1)

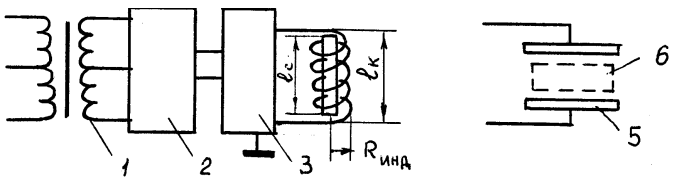
где λ - длина волны, м; υ - скорость распространения колебаний, м/с; f - частота колебаний, Гц.

Область распространения электромагнитных волн от источника излучения условно разделяют на три зоны: ближнюю (имеющую радиус менее 1/6 длины волны), промежуточную и дальнюю (расположенную на расстоянии более 1/6 длины волны от источника).

В ближней и промежуточной зонах электромагнитная волна еще не сформирована, поэтому интенсивность ЭМП в этих зонах оценивается раздельно напряженностью электрической Е (В/м) и магнитной Н (А/м) составляющих поля.

С увеличением напряженности электромагнитного поля, продолжительности облучения и частоты колебаний воздействие на человека возрастает. При воздействии ЭМП частотой выше 60 кГц наступает нагрев тканей. Облучение особенно вредно для глаз, мозга, половых органов. Облучение глаз вызывает помутнение хрусталика (катаракту).

При текущем санитарном контроле (не реже одного раза в год), а также в случае приемки источников ЭМП или изменения их конструкции и режимов работы, производится измерение параметров электромагнитного поля на рабочих местах. Измеренные значения сравниваются с нормативными по ГОСТ 12.1.006-84 и если они не соответствуют, то применяются меры защиты.



а) б)

Рис 4.1 Схема генератора для нагрева металла (а) и неметаллич. материалов (б)

Характеристика источников электромагнитного поля (индукторов и конденсаторов)

Источниками ЭМП высокой частоты (ВЧ) и ультравысокой частоты (УВЧ) на

машиностроительных предприятиях являются плавильно- закалочные и сушильные установки. Для индукционного нагрева металла применяются установки (рисунок 4.1, а), состоящие из трансформатора, выпрямителя, генератора и индуктора. Для нагрева неметаллических материалов (например, древесины) вместо индукционной катушки используется конденсатор (рисунок 1, б). Источниками излучений является индуктор или конденсатор, а также генератор и линия передачи от генератора к индуктору или конденсатору.

Рабочие места по обслуживанию нагревательных установок обычно находятся в ближней зоне воздействия ЭМП, где соотношение напряженностей электрической Е и магнитной составляющей Н зависит от вида источника излучения (конденсатор или индуктор).

Нормирование воздействия ЭМП высокой и ультравысокой частот.

Предельно допустимое значение Е и Н в диапазоне частот 60кГц...300 МГц на рабочих местах персонала следует определять исходя из допустимой энергетической нагрузки и времени воздействия по формулам: Рис 4.2 – Графики для определения β

$$E_{ПД} = \sqrt{\frac{Э_{E_{пд}}}{T}} \qquad H_{ПД} = \sqrt{\frac{Э_{H_{пд}}}{T}} \qquad (3)$$

где $E_{ПД}$ и $H_{ПД}$ –предельно допустимые значения напряженности электрического, В/м, и магнитного, А/м, полей

$Э_{Епд}$ и $Э_{Нпд}$ - предельно допустимые значения энергетической нагрузки в течение рабочего дня $(В/м)^2$ ч и $(А/м)^2$ ч.

Защита от воздействия электромагнитных полей индуктора и конденсатора

Для защиты обслуживающего персонала от электромагнитных полей индукторов и конденсаторов их экранируют. Форма экрана должна удовлетворять конструктивным и эксплуатационным требованиям. Экраны применяются сплошные с вентиляционными и смотровыми окнами, а также в форме цилиндра или прямоугольного параллелепипеда.

Практическая часть

Методика расчета экрана индуктора высокочастотной установки для нагрева металла

Методика расчета экрана индуктора состоит в следующем. Вначале вычисляется напряженность магнитной составляющей поля Н от индуктора по формуле (2). β определяется по графику. Сравнивается полученное значение Н с допустимым значением $Н_Д$ (формула 3) по ГОСТ 12.1.006-84. ($Эн_{пд}$=200А/м). Определяется требуемая эффективность экранирования: $Э_{тр} = \frac{H}{H_Д}$ (4)

где $Э_{тр}$ - требуемая эффективность экранирования; Н - действующее значение напряженности магнитной составляющей поля, А/м; $Н_Д$ - допустимый уровень напряженности магнитной составляющей поля, А/м.

Проектирование экрана проводится с учетом обеспечения доступа к нагревательной установке, возможности механизации процесса загрузки и т.д., а также с учетом минимальной потери энергии в экране. Радиус цилиндрического замкнутого экрана $R_{экр}$ нагревательной установки для закалки металлов при условии, что потери в нем не превышают 1 % мощности генератора, определяются по формуле:

$$R_{экр} = 0{,}64 R_{инд} \sqrt[3]{\frac{\omega^2 \cdot I^2 \cdot \rho \cdot R_{инд}}{\delta \cdot P \cdot l_k}} \qquad (5)$$

где $R_{инд}$ - радиус катушки индуктора, м; ω - число витков катушки: I - сила тока в катушке, А; □ - удельное сопротивление материала экрана (таблица 4.1), Ом · м; δ - глубина проникновения (расстояние, на котором напряженность поля уменьшается в e = 2,73 раза), м; Р- мощность генератора, Вт; $l_К$ - длина катушки, м.

Глубина проникновения электрического поля $\delta = 0{,}52\sqrt{\frac{\rho}{\mu \cdot f_m}}$ (6)

где μ - относительная магнитная проницаемость материала экрана (таблица 4.1);

$f_М$ - частота колебаний электромагнитного излучения, МГц.

Таблица 4.1 – Характеристики материалов экранов

Материал	Удельное сопротивление ρ, Ом · м	Относительная магнитная проницаемость,μ
Алюминий	$0{,}28 \cdot 10^{-7}$	1
Медь	$0{,}17 \cdot 10^{-7}$	1
Сталь	$1{,}5 \cdot 10^{-7}$	150

Проверяется значение $R_{экр}$ по условию, что расстояние между витками индуктора и стенками цилиндра должна быть не менее радиуса индуктора, то есть

$$R_{экр} \geq 2R_{инд} \quad , \qquad (7)$$

где $R_{инд}$ - радиус витков индуктора (рисунок 4.3), м.

Если условие не выполняется, то принимаем $R_{экр} = 2R_{инд}$,

Высота экрана определяется из формулы эффективности экранирования:

$Э_{экр} = \exp(3{,}6 \cdot l_{экр}/D_{экр})$, (8)

только в место $Э_{экр}$ подставляется $Э_{тр}$

$$l_{экр} = (D_{экр}/3{,}6) \cdot \ln Э_{ТР} \qquad (9)$$

где $Э_{экр}$ - эффективность экранирования, т.е. величина, показывающая во сколько раз напряженность поля в данном месте уменьшилась в результате экранирования;

$l_{экр}$ - расстояние по оси индуктора от его крайних витков до краев цилиндра экрана, м;

$D_{экр}$ - диаметр цилиндра экрана, м.

Общая длина экрана l определяется по формуле: $l=l_к+2 \cdot l_{экр}$ (10)

Если в результате расчета стального экрана его габариты получаются большими, то целесообразно применить алюминий или медь.

На эффективность экрана не влияет его толщина, т.к. для экранирования достаточно очень тонкого слоя металла. Поэтому толщина экрана принимается из условия прочности равной 0,8...2 мм.

В результате расчета размеров экрана его эффективность должна быть больше требуемого значения, т.е. $Э_{экр} \geq Э_{тр}$. (11)

Задание. Рассчитать экран высокочастотной плавильной печи. Параметры индуктора и расстояние до рабочего места даны в таблице. В задаче приняты следующие обозначения:

Rинд - радиус катушки индуктора печи, м; lк - длина катушки индуктора, м;

P - мощность плавильной печи, кВт; ω - число витков катушки индуктора;

I - сила тока в катушке, А; f - частота тока, кГц; r - расстояние от оси катушки до рабочего места, м.

Таблица – Исходные данные для задачи.

Вари-ант	Параметры индуктора плавильной печи						Расстояние до рабочего места r, м
	$R_{инд}$, м	$l_к$, м	ω	I, A	f, кГц	P, кВт	
1	0,1	0,15	20	150	150	60	0,6
2	0,2	0,3	40	200	100	60	1,3
3	0,3	0,4	60	300	60	100	2,0
4	0,2	0,4	50	300	150	70	1,5
5	0,1	0,3	25	250	70	60	0,8
6	0,1	0,2	20	150	200	40	0,8
7	0,2	0,2	25	100	400	60	0,6
8	0,2	0,4	30	250	30	70	1,5
9	0,3	0,3	50	350	350	100	2,0
0	0,2	0,3	45	200	50	60	1,3

Порядок выполнения работы 1 Ознакомиться с методикой расчета напряженности магнитного поля Н от катушки индуктора, нормированием Н по ГОСТ 12.1.006-84.

2 Рассчитать экран высокочастотной плавильной печи.

Оформление отчета Отчет должен содержать: название, цель работы, расчет экрана высокочастотной плавильной печи (формулы должны быть написаны с наименованием всех параметров и единиц измерения); выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какое вредное воздействие оказывает на организм человека электромагнитное поле от индукционных катушек и рабочих конденсаторов, применяемых для нагрева материалов? Какие применяются меры защиты от воздействия ЭМП?
2. Как определяются ближняя и дальняя зоны распространения электромагнитного поля? Как рассчитать длину волны электромагнитного излучения при известной частоте колебаний? Как оценивается воздействие в ближней и дальней зоне ЭМП?
3. В чем заключается методика расчета экранирующих устройств? Какой порядок расчета?
4. Объясните формулу расчета требуемой эффективности экранирования ЭМП высоких частот?
5. Что является источниками ЭМП высокой частоты (ВЧ) и ультравысокой частоты (УВЧ) на машиностроительных предприятиях?
6. Какие установки применяются для индукционного нагрева металла и неметаллических материалов, из чего они состоят?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5

ТЕМА: Анализ средств защиты от опасности механического травмирования

Под механическим травмированием человека понимают повреждения кожных покровов, мышц, костей, сухожилий, позвоночника, глаз, головы и других частей тела. Причиной такого рода травм являются прежде всего шероховатость поверхности, острые кромки и грани инструмента и оборудования, движущиеся механизмы и машины, незащищенные элементы производственного оборудования, передвигающиеся изделия, материалы, заготовки, разрушающиеся конструкции. Механические травмы могут быть следствием падения с высоты. Возможны травмы глаз твердыми частицами, образующимися при обработке материалов.

Все источники механического травмирования можно разделить на *реально* и *потенциально опасные*.

К первым можно отнести: шероховатости поверхности, заусенцы, острые кромки и выступы на различных частях оборудования и подвижные заготовки при работах на металлообрабатывающих станках, движущиеся грузоподъемные машины и средства транспорта.

Ко вторым: сосуды, работающие под давлением, разрушение (взрыв) которых может произойти при нарушении Правил их эксплуатации, штабели материалов, заготовок, готовых изделий, которые при неправильной их укладке могут обрушаться, площадки обслуживания оборудования на высоте, лестницы при несоответствии их требованиям безопасности и т. д.

Защита от травмирования достигается применением технических средств, исключающих или уменьшающих воздействие на работающих травмоопасных производственных факторов. Они могут быть коллективными и индивидуальными. Первые обеспечивают защиту любого работника, обслуживающего травмоопасное оборудование с указанными средствами защиты. Вторые - только тех, кто их использует.

Средства коллективной защиты от механического травмирования стандартизованы ГОСТ 12.4.125-83 и включают целый ряд подвидов (рисунок 4.1).

Защитные устройства должны удовлетворять следующим общим требованиям:

- предотвращать контакт рук и других частей тела человека, его одежды и других предметов с опасными движущимися частями машины, не позволять человеку-оператору машины или другому рабочему приблизить руки и другие части тела к опасным движущимся частям;
- должны быть изготовлены из прочных материалов, выдерживающих условия нормальной эксплуатации, и надежно прикрепляться к машине;
- не создавать иных опасностей, не иметь режущую кромку, заусенец или шероховатости поверхности;
- не мешать выполнению работ.

Наибольшее применение для защиты от механического травмирования машин, механизмов, инструмента находят оградительные, предохранительные, тормозные устройства, устройства автоматического контроля и сигнализации, дистанционного управления.



Рисунок 4.1 – Средства коллективной защиты от механического травмирования

Оградительные средства защиты наиболее распространены в промышленности. Они препятствуют попаданию человека в опасную зону. Все открытые движущиеся и вращающиеся части оборудования, расположенные на высоте до 2500 мм от уровня пола, если они являются источниками опасности, должны быть закрыты сплошным или сетчатым ограждением. Ограждения могут быть полными, закрывающими травмоопасный агрегат в целом, и частичными, исключающими доступ к наиболее опасным частям оборудования. Полные ограждения изготавливаются обычно из металла и выполняют одновременно функции звукоизолирующего ограждения.

Чаще всего конструкция ограждения представляет собой кожух. В корпусах машин и механизмов, а также станков они могут выполняться в виде дверцы, перекрывающей доступ к редукторам, коробкам скоростей и другим элементам привода.

Ограждения в виде щитов (в том числе сетчатых) широко используются в роботизированном производстве.

Переносные щиты устанавливают при проведении ремонтных и наладочных работ для исключения попадания в зону их проведения посторонних лиц, например, при сварочных работах, работах в колодцах подземных коммуникаций, при ремонте электроустановок в цехах.

На металлорежущих станках ограждения, как правило, выполняются в виде защитных экранов, которые для удобства обслуживания могут выполняться откидными.

В качестве материала для изготовления экранов используются металлы и пластики. Экраны удобно выполнять также из прозрачных материалов (безосколочное стекло, пластмасса, триплекс). Защитные экраны не должны ограничивать технологические возможности станка и вызывать неудобства при работе, уборке, наладке, а также приводить к загрязнению пола смазочно-охлаждающей жидкостью. При необходимости защитные экраны следует снабжать рукоятками, скобами для удобства перемещения и установки.

Предохранительные устройства могут быть двух типов: ограничительные и блокировочные. Ограничительные срабатывают при превышении какого-либо параметра, характеризующего работу системы механизма или машин. Например, срезные штифты и шпонки срабатывают при превышении допустимого крутящего момента, предохранительные клапана — рабочего давления, упоры - при выходе элементов за допустимые пределы в пространстве. Таким образом, исключаются аварийные режимы работы оборудования, а следовательно, его возможные поломки и аварии; а в конечном итоге — травмы. Различают предохранительные оградительные устройства с автоматическим восстановлением кинематической цепи после того, как контролируемый параметр пришел в норму, и устройства, которые после срабатывания требуют остановки оборудования для их замены. Примером первых являются предохранительные клапаны, фрикционные муфты, регуляторы давления, вторых — предохранители электроустановок, разрывные мембраны систем, работающих под давлением.

Блокировочные устройства исключают возможность проникновения человека в опасную зону либо устраняют опасный фактор на время пребывания человека в этой зоне. Блокировка бывает механическая, электрическая и комбинированная.

Тормозные устройства подразделяют:

- по конструктивному исполнению — на колодочные, дисковые, конические и клиновые;
- по способу срабатывания — на ручные, автоматические и полуавтоматические;
- по принципу действия — на механические, электромагнитные, пневматические, гидравлические и комбинированные;
- по назначению - на рабочие, резервные, стояночные и экстренного торможения.

Тормоза играют важную роль в обеспечении безопасной эксплуатации, ремонта и обслуживания технологического оборудования, позволяя быстро останавливать валы и прочие элементы, являющиеся потенциальными источниками опасности. Кроме того, они служат для остановки либо торможения груза в подъемно-транспортных машинах.

Устройства автоматического контроля и сигнализации. Наличие контрольно-измерительных приборов — одно из условий безопасной и надежной работы оборудования. Это приборы для измерения давлений, температур, статических и динамических нагрузок, и других параметров, превышение допустимых значений которых может привести к аварии, а следовательно, и к травматизму. Эффективность использования этих приборов повышается при объединении их с системами сигнализации.

Устройства автоматического контроля и сигнализации подразделяют:

- по назначению — на информационные, предупреждающие, аварийные и ответные;
- по способу срабатывания — на автоматические и полуавтоматические;
- по характеру сигнала — на звуковые, световые, цветовые, знаковые и комбинированные;
- по характеру подачи сигналами — на постоянные и пульсирующие.

Информационная сигнализация применяется при проведении разнообразных технологических процессов, на испытательных стендах, а также для согласования действий работающих, в частности, крановщиков и стропальщиков. При монтажных операциях зеленые сигнальные лампы должны включаться на временно не работающем оборудовании. Подобная сигнализация применяется в шумных производствах, где нарушена речевая связь. В поточных и автоматизированных линиях красные сигнальные лампы устанавливают на машинах и установках, которые не контролируются обслуживающим персоналом.

Устройства предупреждающей сигнализации предназначены для предупреждения о возникновении опасности. Чаще всего в них используют световые и звуковые сигналы, поступающие от различных приборов, регистрирующих ход технологического процесса, в том числе уровень опасных и вредных факторов. Для звуковой сигнализации применяют сирены или звонки.

К предупреждающей сигнализации относятся указатели и плакаты «Не включать — работают люди», «Не входить», «Не открывать — высокое напряжение» и др. Для дверей и световых табло, эвакуационных и запасных выходов следует применять зеленый сигнальный цвет (надпись белого цвета). Очень широко в промышленности используются сигнальные цвета (таблица 4.1).

Таблица 4.1 - Смысловое значение, область применения сигнальных цветов и соответствующие им контрастные цвета

Сигнальный	**Смысловое значение**	**Область применения**	**Контрастный цвет**
Красный	Непосредственная опасность. Аварийная или опасная ситуация. Пожарная техника,	Запрещение опасного поведения или действия. Обозначение непосредственной опасности. Сообщение об аварийном отключении или аварийном состоянии оборудования (технологического процесса).	Белый

Желтый	Возможная опасность	Обозначение возможной опасности, опасной ситуации. Предупреждение, предостережение о возможной	Черный
Зеленый	Безопасность, безопасные условия. Помощь, спасение	Сообщение о нормальной работе оборудования, нормальном состоянии технологического процесса. Обозначение пути эвакуации, аптечек, кабинетов,	Белый
Синий	Предписание во избежание опасности	Требование обязательных действий в целях обеспечения безопасности. Разрешение определенных действий	

Знаки безопасности стандартизированы ГОСТ Р 12.4.026—01. Они различаются между собой формой и цветом. Геометрическая форма, сигнальный цвет и смысловое значение основных знаков безопасности приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Смысловое значение основных знаков безопасности

Группа	**Геометрическая форма**	**Сигнальный цвет**	**Смысловое значение**
Запрещающие знаки	Круг с поперечной полосой	Красный	Запрещение опасного поведения или действия
Предупреждающие знаки	Треугольник	Желтый	Предупреждение о возможной опасности.
Предписывающие знаки	Круг	Синий	Предписание обязательных действий во избежание опасности
Знаки пожарной безопасности*	Квадрат или прямоугольник	Красный	Обозначение и указание мест нахождения средств противопожарной защиты, их элементов
Эвакуационные знаки и знаки медицинского и санитарного назначения	Квадрат или прямоугольник	Зеленый	Обозначение направления движения при эвакуации. Спасение, первая помощь при авариях или пожарах. Надпись, информация
Указательные знаки	Квадрат или прямоугольник	Синий	Разрешение. Указание. Надпись или информация

* Знаки пожарной безопасности связаны с проблемой механического травмирования опосредовано (паника в условиях пожара, как правило, приводит к падениям и травмам).

Средства индивидуальной защиты от механического травмирования делятся на несколько групп. Специальная одежда, специальная обувь и средства защиты рук в свою очередь включают в себя большое число подвидов (подгрупп). Деление производится по назначению (от ударов, порезов, проколов и т. д.).

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ

1. Изучить средства защиты, принцип их действия.
2. Составить перечень средств защиты для различных работников исходя из варианта.
3. Данные занести в таблицу.

Группа защитных устройств	Принцип действия	Область применения

Таблица Исходные данные

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	слесарь	машинист	электрик	Кранов щик	пожарный	сварщик	кузнец	шахтер	металлург	железнодорожник

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимается под механическим травмированием?
2. Какие источники механического травмирования относятся к реально опасным, а какие к потенциально опасным?
3. Как классифицируются средства коллективной защиты от механического травмирования?
4. Что представляют собой: оградительные средства защиты, предохранительные устройства, блокировочные, тормозные устройства, устройства автоматического контроля и сигнализации?
5. Какие существуют основные знаки безопасности?
6. На какие группы делятся средства индивидуальной защиты от механического травмирования?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6

ТЕМА: Расчет радиуса опасной зоны при эксплуатации подъемно-транспортного оборудования

Подъемно-транспортные оборудование можно разделить на две большие группы: транспортирующие и грузоподъемные машины и устройства.

К транспортирующим машинам относятся: ленточные и цепные конвейеры (транспортеры), винтовые конвейеры (шнеки), рельсовый и безрельсовый транспорт (железнодорожные цистерны, вагонетки, автомашины).

Грузоподъемные машины подразделяются на подъемники и краны. К подъемникам относятся домкраты, ручные лебедки, лифты (грузовые и для подъема людей). Кран – это грузоподъемная машина, предназначенная для подъема и перемещения груза, подвешенного с помощью грузового крюка или другого грузозахватного органа.

Безопасность при эксплуатации подъемно-транспортного оборудования и машин (ПТМ) обеспечивается следующими методами:

- определение размера опасной зоны ПТМ;
- применение средств защиты от механического травмирования механизмами ПТМ;
- расчет на прочность канатов и грузозахватных устройств (ГЗУ);
- определение устойчивости кранов;
- применение специальных устройств обеспечения безопасности;
- регистрация, техническое освидетельствование и испытание ПТМ и ГЗУ.

Размер опасной зоны ПТМ зависит от высоты подъема груза и длины пути перемещения ПТМ с грузом.

Для защиты от травмирования человека механизмами приводов ПТМ (зубчатые, цепные, червячные предачи, валы механизмов ПТМ, ходовые колеса и т. п.) применяются средства, аналогичные средствам защиты, используемым для технологического оборудования, прежде всего ограждения.

Расчет канатов на прочность осуществляется по формуле:

$$K \geq P / S ,$$

где K — коэффициент запаса прочности каната при разрывном усилии; P — допустимое разрывное усилие каната, Н (кгс), определяемое по сертификату на канат; S — наибольшее натяжение каната (без учета динамических нагрузок), Н (кгс).

Величина K определяется *правилами* Госгортехнадзора и зависит от типа каната и ПТМ, условий работы каната. Так, для промышленных кранов в зависимости от условий работы каната K= 3,5...6, для грузовых лифтов без проводника — 8... 13, для грузовых лифтов с проводником и пассажирами 9... 15. С целью уменьшения износа и повреждения канатов их покрывают защитной смазкой.

Передвижные стреловые краны должны обладать достаточной для их безопасной работы устойчивостью. Условия устойчивости кранов: удерживающий момент должен быть больше опрокидывающего момента сил, действующих относительно вертикальной оси крана, проходящей через центр его тяжести. Расчет устойчивости кранов осуществляется методами теоретической механики при рабочем положении крана с грузом (грузовая устойчивость) и при положении крана без груза в условиях неблагоприятных ветровых нагрузок (собственная устойчивость). Устойчивость кранов определяется коэффициентами грузовой и собственной устойчивости крана.

Коэффициент грузовой устойчивости — это отношение момента относительно оси опрокидывания, создаваемого весом всех частей крана с учетом всех дополнительных нагрузок (ветровой, инерционной, торможения), и момента, создаваемого рабочим грузом при работе крана с учетом уклона местности или пути крана.

Коэффициент собственной устойчивости — это отношение момента относительно оси опрокидывания, создаваемого весом всех частей крана с учетом уклона местности и пути в сторону опрокидывания, и момента, создаваемого ветровой нагрузкой при нерабочем состоянии крана (без груза).

По *правилам* значения этих коэффициентов должны быть не менее 1,15. Для каждого вылета стрелы крана установлены предельные значения веса поднимаемого груза, которые нельзя превышать, так как возможно опрокидывание крана.

Специальные устройства безопасности подразделяются на устройства, обеспечивающие

безопасные весовые и нагрузочные характеристики, и устройства, обеспечивающие безопасное передвижение груза.

К *устройствам, обеспечивающим безопасные весовые и нагрузочные характеристики,* относятся тормоза и остановы, ограничители грузоподъемности и грузового момента, противоугонные устройства.

Тормоза могут предназначаться для остановки механизма (стопорные), ограничения скорости подъема и спуска груза (спускные). По конструктивному выполнению они аналогичны тормозам, применяемым в технологическом оборудовании, а по принципу действия — автоматические (вступающие в работу при отключении двигателя механизма) и управляемые (включаемые при воздействии на орган управления). Наиболее часто на ПТМ используются колодочные стопорные тормоза.

Остановы используют для удержания груза на весу. Одним из наиболее распространенных остановов является храповой останов (рисунок 5.1).

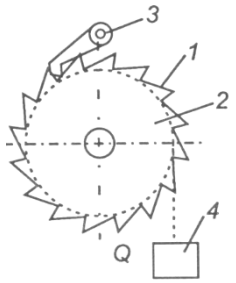


Рисунок 5.1 – Схема останова механизма подъема: 1 – храповое кольцо; 2 – барабан; 3 – собачка; 4 – груз

Ограничители грузоподъемности автоматически отключают механизм подъема груза, масса которого превышает предельное значение более чем на 10 %. В стреловых кранах с переменной грузоподъемностью, зависящей от вылета стрелы, применяют *ограничители грузового момента,* учитывающие не только вес поднимаемого груза, но и величину вылета стрелы.

Противоугонные устройства предназначаются для удержания крана, работающего на открытом воздухе, от самопроизвольного перемещения по рельсовому пути под действием ветра. Основным элементом противоугонных устройств являются рельсовые захваты (рельсозажимные клещи), посредством которых кран вручную или автоматически закрепляется за рельсы.

Применяются и другие устройства безопасности: блокировка люка и дверки кабины в мостовых кранах, ограничители поворота на башенных кранах, измерители крена на самоходных кранах, ограничители перекоса на мостовых кранах и др.

Грузозахватные приспособления (крюки, электромагнитные шайбы, грейферы, подхваты и захваты) являются особо ответственными деталями крана и изготавливаются под форму перемещаемых грузов. Периодический контроль за их состоянием рабочих поверхностей (износ, отсутствие трещин и дефектов) обеспечивает безопасность при эксплуатации транспортных устройств.

Регистрация, техническое освидетельствование и испытание ПТМ и ГЗУ является важнейшим методом обеспечения подъемно-транспортного оборудования и подъемно-транспортных машин. Надзор за безопасностью ПТМ осуществляет Госгортехнадзор.

Каждая изготовленная заводом-изготовителем грузоподъемная машина должна быть принята отделом технического контроля и снабжена паспортом, инструкцией по монтажу и эксплуатации и другой технической документацией, предусмотренной ГОСТ или ТУ. До пуска в работу грузоподъемная машина подлежит *регистрации в органах Госгортехнадзора,* которые выдают разрешение на ввод ее в эксплуатацию. Грузоподъемная машина подлежит перерегистрации после проведения реконструкции машины, ремонта, передачи машины другому владельцу, перестановки на новое место.

Все вновь устанавливаемые грузоподъемные машины, а также съемные грузозахватные устройства до пуска в работу подлежат *техническому освидетельствованию.* Первичное освидетельствование проводится отделом технического контроля предприятия-изготовителя перед отправкой кранов потребителю. Находящиеся в эксплуатации грузоподъемные машины должны подвергаться периодическому частичному освидетельствованию через каждые 12 месяцев, а

полному — через 3 года. Редко используемые машины (например, краны, обслуживающие производственные помещения только при ремонте) подвергаются полному техническому освидетельствованию через 5 лет.

При полном техническом освидетельствовании грузоподъемная машина подвергается осмотру, *статическим и динамическим испытаниям*; при частичном техническом освидетельствовании — только осмотру.

При осмотре устанавливается надежность каждого узла и элемента машины, степень износа канатов, цепей, крюков, зубчатых и червячных передач, тормозов, аппаратов управления и других устройств, определяется работоспособность приборов и устройств безопасности, крепление канатов, наличие и исправность заземления и электрических блокировок, состояние ограждений, перил, лестниц и т. п.

Статическое испытание грузоподъемной машины имеет целью проверку ее прочности в целом и прочности отдельных элементов. У стреловых кранов проверяют грузовую устойчивость под нагрузкой, на 25 % превышающей номинальную. Испытание стреловых кранов проводят при максимальном и минимальном вылете стрелы в положении, отвечающем наименьшей устойчивости крана, при этом груз поднимается на высоту 100...200 мм. Кран считается выдержавшим испытание, если в течение 10 мин поднятый груз не опустился на землю, а также не обнаружено трещин, деформации и других повреждений.

Грузоподъемная машина, выдержавшая статическое испытание, подвергается динамическому испытанию с целью проверки действия механизмов, тормозов, устройств безопасности. При динамическом испытании груз должен превышать номинальный на 10 %.

1. Практическая часть.

Рассчитаем радиус опасной зоны при работе подъемно-транспортного оборудования.

Размер опасной зоны ПТМ зависит от высоты подъема груза и длины пути перемещения ПТМ с грузом. Радиус окружности, в пределах которой может упасть груз, определяется по схеме, приведенной на рисунке 5.1, *а,* и формуле:

$$R = r_c + 0{,}5l_{\Gamma} + 0{,}3H, \qquad (5.1)$$

где r_c — вылет стрелы крана от оси его поворота (для мостовых и козловых кранов r_c = 0), м;

l_{Γ} — наибольший линейный размер груза (при подъеме длинномерных грузов по вертикали их отлет связан с падением на всю длину), м;

H — высота подъема груза, м.

Определив радиус R и зная длину L пути перемещения ПТМ (крана), можно определить опасную зону возможного падения груза, которое может произойти при обрыве каната, срыве ГЗУ, плохом закреплении груза. Опасная зона определяется нанесением окружностей радиусом R с центрами на линии перемещения оси ПТМ (рисунок 5.1, *б*).

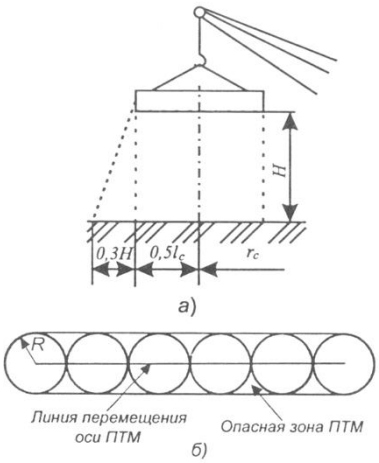


Рисунок 5.1 - Схема к определению опасной зоны у грузоподъемного механизма: *а* — определение радиуса окружности, в пределах которой может упасть груз; *б* — определение опасной зоны при перемещении ПТМ

Исходные данные для расчета приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Вариант 1	r_c=0; $l_Г$= 6 м; H=9м	Вариант 6	r_c=4; $l_Г$= 12 м; H=17м
Вариант 2	r_c=0; $l_Г$= 5 м; H=7м	Вариант 7	r_c=1; $l_Г$= 8 м; H=18м
Вариант 3	r_c=10м; $l_Г$= 8 м; H=20м	Вариант 8	r_c=8; $l_Г$= 11 м; H=20м
Вариант 4	r_c=5м; $l_Г$= 9 м; H=15м	Вариант 9	r_c=0; $l_Г$= 6 м; H=15м
Вариант 5	r_c=3м; $l_Г$= 4 м; H=22м	Вариант 10	r_c=4; $l_Г$= 9 м; H=14м

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомится с теоретической частью практического занятия.
2. Выполнить расчет размера опасной зоны ПТМ.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ

1. Выполнить расчет размера опасной зоны ПТМ.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. На какие группы разделяется подъемно-транспортное оборудование?
2. Какие машины относятся к грузоподъемным, а какие к транспортирующим?
3. С помощью каких методов осуществляется безопасность при эксплуатации подъемно-транспортного оборудования и машин?
4. Как рассчитать размер опасной зоны ПТМ?
5. Как определяется устойчивость крана?
6. Какие устройства применяются для обеспечения безопасности на ПТМ?
7. Как осуществляются регистрация, техническое освидетельствование и испытания ПТМ?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №7

ТЕМА: Оценка степени опасности сосудов и установок, работающих под давлением.

Сосудами, работающими под давлением, называются герметически закрытые емкости, предназначенные для ведения в них химических и тепловых процессов, а также для хранения и перевозки сжатых, сжиженных т растворенных газов и жидкостей под давлением. К установкам, сосудам и системам относят паровые и водогрейные котлы; трубопроводы пара, горячей воды и сжатого воздуха; сосуды, цистерны, бочки; баллоны; компрессорные установки; установки газоснабжения.

Для обеспечения надежной и безопасной работы сосудов и установок, находящихся под давлением, необходимо выполнять технические мероприятия по предупреждению аварий и взрывов. Конструкция установок должна обеспечивать их надежную и безопасную работу, возможность осмотра и очистки, промывки, продувки и ремонта, а также проведения необходимых испытаний.

Все установки, работающие под давлением, маркируют. На маркировке указывают наименование завода-изготовителя, заводской номер установки, год изготовления и дату

технического освидетельствования, общую массу установки, вместимость, рабочее и пробное давления, ставится клеймо завода. Емкости высокого давления подлежат регистрации, регулярным техническим освидетельствованиям и испытаниям.

Трубопроводы, баллоны, цистерны окрашивают в цвета, соответствующие их содержимому, и снабжают надписью с наименованием хранимого или транспортируемого вещества.

Сосуды, работающие под давлением, должны быть оснащены:

- запорной и запорно-регулирующей арматурой;
- предохранительными устройствами;
- контрольными приборами для измерения давления и температуры.

Для предотвращения чрезмерного повышения давления в сосуде служат предохранительные устройства, при срабатывании которых избыточное давление сбрасывается из сосуда или установки.

Предохранительные устройства обязательно устанавливают на все установки и сосуды, работающие под давлением, за исключением малых объектов, например газовых баллонов. Поскольку от исправности предохранительного устройства зависит безопасная работа установки, часто предусматривают два устройства — одно рабочее, а другое контрольное.

Предохранительные устройства имеют различное конструктивное исполнение, но наиболее распространены следующие:

- предохранительные устройства с разрушающимися мембранами (предохранительные мембраны);
- взрывные клапаны;
- предохранительные клапаны (пружинные, грузовые и др.).

Предохранительные мембраны просты по конструкции и поэтому считаются самыми надежными из предохранительных устройств. Мембраны бывают разрывные, ломающиеся, срезные, хлопающие и др. Наиболее просты разрывные мембраны, изготовленные из тонколистового металлического проката (рисунок 7.1). При нагружении рабочим давлением мембрана пластически деформируется и приобретает форму сферического сегмента. При превышении допустимого давления мембрана разрывается, и давление из сосуда сбрасывается, предотвращая тем самым его взрывное разрушение. Однако недостатком мембраны является то обстоятельство, что после ее разрыва оборудование остается открытым и необходимо останавливать технологический процесс, чтобы заменить мембрану.

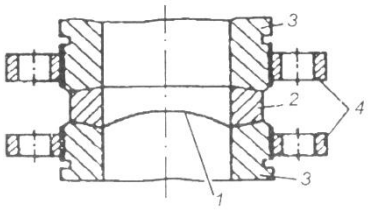


Рисунок 7.1 – Разрывная мембрана: 1 —мембрана; 2 — коническая шайба; 3 — сбросная магистраль; 4 — соединительные фланцы

Взрывные клапаны (рисунок 7.2) лишены этого недостатка, т. к. при сбросе давления запорный диск *2* вновь закрывается под действием пружины *3.* Однако взрывные клапаны обладают невысокой герметичностью и применяются при невысоких рабочих давлениях, как правило, близких к нормальному.

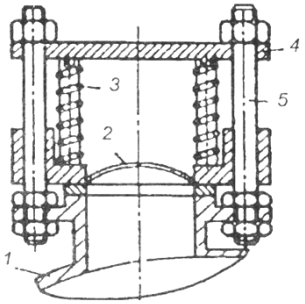


Рисунок 7.2 – Взрывной клапан: 1 – защищаемый сосуд; 2 – запорный диск; 3 – пружина; 4 – кольцо; 5 - штанга

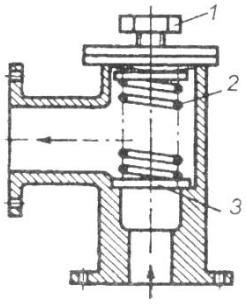


Рисунок 7.3 – Пружинный клапан: 1 – регулировочный винт; 2 – пружина; 3 - клапан

Пружинные клапаны (рисунок 7.3) обладают высокой герметичностью и могут применяться при высоких давлениях. Однако они менее надежны, подвержены воздействию агрессивных сред, могут забиваться отложениями рабочих сред, обладают большой инерционностью. Поэтому за ними требуется постоянный уход и контроль.

Предохранительными клапанами оборудуют также аккумуляторы сжатого воздуха, которые обеспечивают выпуск избыточного воздуха в атмосферу.

Для выравнивания давления в воздушной магистрали и дополнительного отделения масла и влаги аккумулятор сжатого воздуха продувают через предохранительный клапан и каждый час спускают из него накапливающиеся масло и влагу. Не реже 1 раза в 6 мес. предохранительные клапаны пропаривают, промывают 5%-ным подогретым раствором тринатрийфосфата и очищают внутри от осадка и ржавчины с целью смягчения пульсаций давления сжатого воздуха, поступающего от компрессора, и уменьшения колебания давления у потребителя воздуха, вблизи компрессоров устанавливают воздухосборник с манометром и предохранительным клапаном.

Объем воздухосборника зависит от производительности компрессора и определяется по формуле:

$$V = 0.53\frac{W}{n\delta 60}, \qquad (7.1)$$

где V – объем воздухосборника, м^3; W – производительность компрессора, м^3/мин; n – частота вращения вала компрессора, с–1; δ – коэффициент неравномерности давления в воздухосборнике (например, для двухступенчатого компрессора $\delta = 0.0015$). Температурный перепад в рубашках цилиндра компрессора допускается в пределах 4 – 6° С, а температура охлаждающей воды на выходе из рубашек цилиндров компрессора должна быть 20 – 40° С.

Температура сжимаемого воздуха может достигнуть таких величин, при которых возможно самовоспламенение и взрыв паров смазочного масла. Обычно требуется, чтобы температура вспышки масла была на 50 – 75° С выше температуры сжатого воздуха. Так как понижение температуры вспышки смазочных масел связано с повышением давления, то температура сжатого воздуха не должна превышать 160° С – в одноступенчатых и 140° С – в многоступенчатых компрессорах.

Конструкции сосудов и аппаратов, находящихся под давлением, и система их обслуживания разработаны с таким расчетом, чтобы была исключена опасность взрыва. Однако при нарушении правил эксплуатации взрыв может произойти. При этом работа взрыва при адиабатическом расширении газа определяется по формуле

$$A = \frac{p_1 V_1}{r-1}\left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{r-1}{r}}\right], \qquad (7.2)$$

где А – работа взрыва, Дж; p_1 – начальное давление газа в сосуде, МПа; p_2 – конечное (максимальное) давление (до взрыва), МПа; V_1 – начальный объем газа в сосуде, $м^3$; r – показатель адиабаты.

Мощность взрыва определяется по формуле

$$N = \frac{A}{\tau}, \qquad (7.3)$$

где τ – продолжительность взрыва, с.

Контрольно-измерительные приборы. Каждый сосуд и самостоятельные полости с разными давлениями должны быть снабжены манометрами (приборами для измерения давления).

*Регистрация, техническое освидетельствование и испытания сосудов и емкостей, работающих под давлением. С*осуды (за исключением ряда сосудов специального назначения, например сосуды холодильных установок; резервуары воздушных электрических выключателей; баллоны для сжатых, сжиженных и растворенных газов емкостью до 100 л; бочки для перевозки сжиженных газов и некоторые другие) регистрируются органами Госгортехнадзора.

Техническое освидетельствование установок, работающих под давлением, осуществляется после монтажа и пуска в эксплуатацию, а также периодически. В необходимых случаях они подвергаются внеочередному освидетельствованию.

Объем, методы и периодичность освидетельствования определяются изготовителем сосудов и емкостей и указываются в инструкциях по монтажу и эксплуатации. Техническое освидетельствование заключается во внутреннем осмотре и гидравлическом или пневматическом испытании установки. Внутренний осмотр осуществляется не реже одного раза в четыре года, и гидравлическое испытание с предварительным внутренним осмотром — не реже одного раза в восемь лет.

Испытание установок и емкостей, заключающееся в гидравлических или пневматических испытаниях, проводится по определенным правилам и состоит в закачке воды или воздуха под определенным давлением, превышающим рабочее, выдержке определенное время под давлением и внешним осмотром наружной поверхности сосуда, разъемных и сварных соединений на предмет обнаружения течи. Если нет течи, трещин, потения в сварных соединениях, падения давления по контрольному манометру, сосуд считается выдержавшим испытания.

1. Практическая часть

Рассчитаем конечную температуру воздуха, при сжатии его компрессором и установим степень опасности взрыва паров компрессорного масла, если температура вспышки паров данного масла $T_{всп}$=453˚К.

Температуру воздуха, нагревающегося при сжатии его компрессором, определяют по формуле

$$T_2 = T_1\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{r-1}{r}}, \qquad (7.4)$$

где T_2 – абсолютная температура газа после сжатия, °К; T_1 – абсолютная температура газа до сжатия, °К; p_1 – давление газа до сжатия, МПа; p_2 – давление на выходе из компрессора после сжатия, МПа; $r = C_P / C_V$ – показатель адиабаты (для воздуха $r = 1.41$), равный отношению изобарной и изохорной теплоемкостей.

Исходные данные для расчета приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1

Вариант 1	t_1 =15˚С; p_2=0,5 МПа; p_1=0,1 МПа; r=1,4	Вариант 6	t_1 =10˚С; p_2=0,4 МПа; p_1=0,12 МПа; r=1,7
Вариант 2	t_1 =20˚С; p_2=0,7 МПа; p_1=0,2 МПа; r=1,2	Вариант 7	t_1 =22˚С; p_2=0,6 МПа; p_1=0,17 МПа; r=1,4
Вариант 3	t_1 =30˚С; p_2=0,8 МПа; p_1=0,4 МПа; r=1,3	Вариант 8	t_1 =19˚С; p_2=0,8 МПа; p_1=0,3 МПа; r=1,3
Вариант 4	t_1 =25˚С; p_2=0,7 МПа; p_1=0,3 МПа; r=1,5	Вариант 9	t_1 =27˚С; p_2=0,9 МПа; p_1=0,37 МПа; r=1,35
Вариант 5	t_1 =12˚С; p_2=0,6 МПа; p_1=0,15 МПа; r=1,6	Вариант 10	t_1 =18˚С; p_2=0,8 МПа; p_1=0,24 МПа; r=1,5

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомится с теоретической частью практического занятия.
2. Выполнить расчет температуры воздуха, нагревающегося при сжатии его одноступенчатым компрессором.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ

1. Установить степень опасности взрыва паров компрессорного масла в установках, работающих под давлением.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется сосудами, работающими под давлением?
2. Как маркируют эти установки?
3. Какими устройствами должны быть оснащены сосуды, работающие под давлением?
4. Что представляют собой предохранительные устройства?
5. Как определяется объем воздухосборника; температура воздуха, нагревающегося при сжатии его компрессором; работа взрыва при адиабатическом расширении газа?
6. В чем заключается техническое освидетельствование и испытания установок, работающих под давлением?

ЗАДАНИЕ НА СРС

1. Классификация герметичных систем.
2. Окраска трубопроводов, баллонов.
3. Причины возникновения опасности герметичных систем.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №8

ТЕМА: «Составление инструкции по охране труда для рабочего места или профессии»

Цель работы: Приобретение навыков составления инструкции по охране труда.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Инструкция по охране труда - это локальный акт организации. В инструкции описано, что работник должен делать или наоборот, что делать воспрещено, чтобы соблюсти требования охраны труда.

Инструкции разрабатывают для каждой должности, профессии или вида выполняемой работы.

Инструкция по охране труда для работника разрабатывается на основе межотраслевой или отраслевой типовой инструкции по охране труда (а при ее отсутствии - межотраслевых или отраслевых правил по охране труда), требований безопасности, изложенных в эксплуатационной и ремонтной документации организаций

- изготовителей оборудования, а также в технологической документации организации с учетом конкретных условий производства. Эти требования излагаются применительно к должности, профессии работника или виду выполняемой работы.

Работодатель обеспечивает разработку и утверждение инструкций по охране труда для работников с учетом изложенного в письменном виде мнения выборного профсоюзного или иного уполномоченного работниками органа. Коллективным договором, соглашением может быть предусмотрено принятие инструкций по охране труда по согласованию с представительным органом работников.

Для вводимых в действие новых и реконструированных производств допускается разработка временных инструкций по охране труда для работников.

Временные инструкции по охране труда для работников обеспечивают безопасное ведение технологических процессов (работ) и безопасную эксплуатацию оборудования. Они разрабатываются на срок до приемки указанных производств в эксплуатацию.

Проверку и пересмотр инструкций по охране труда для работников организует работодатель. Пересмотр инструкций должен производиться не реже одного раза в 5 лет.

Инструкции по охране труда для работников могут досрочно пересматриваться:

а) при пересмотре межотраслевых и отраслевых правил и типовых инструкций по охране труда;

б) при изменении условий труда работников;

в) при внедрении новой техники и технологии;

г) по результатам анализа материалов расследования аварий, несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;

д) по требованию представителей органов по труду субъектов Российской Федерации или органов федеральной инспекции труда.

Если в течение срока действия инструкции по охране труда для работника условия его труда не изменились, то ее действие продлевается на следующий срок.

Действующие инструкции по охране труда для работников структурного подразделения организации, а также перечень этих инструкций хранится у руководителя подразделения.

Местонахождение инструкций по охране труда для работников рекомендуется определять руководителю структурного подразделения организации с учетом обеспечения доступности и удобства ознакомления с ними.

Инструкции по охране труда для работников могут быть выданы им на руки для изучения при первичном инструктаже, либо вывешены на рабочих местах или участках, либо хранятся в ином месте, доступном для работников.

На оборотной стороне инструкции рекомендуется наличие виз: разработчика инструкции, руководителя (специалиста) службы охраны труда, энергетика, технолога и других заинтересованных лиц.

Требования инструкции следует излагать в соответствии с последовательностью технологического процесса, с учетом условий, в которых выполняется данная работа:

1) общие требования безопасности и охраны труда;

2) требования безопасности и охраны труда перед началом работы;

3) требования безопасности и охраны труда во время работы;

4) требования безопасности и охраны в аварийных ситуациях;

5) требования безопасности и охраны труда по окончании работы.

В разделе «Общие требования безопасности и охраны труда» отражаются:

1) условия допуска лиц к самостоятельной работе по профессии или к выполнению соответствующей работы (возраст, пол, состояние здоровья, проведение инструктажей);

2) указания о необходимости соблюдения правил внутреннего распорядка;

3) требования по выполнению режимов труда и отдыха;

4) характеристики опасных и вредных производственных факторов, воздействующих на работника;

5) нормы выдачи для данной профессии спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты с указанием обозначений государственных, отраслевых стандартов и технических условий на них;

6) требования по обеспечению пожаро- и взрывобезопасности;

7) требования личной гигиены, которые должен знать и соблюдать работник при выполнении работы.

В разделе «Требования безопасности и охраны труда перед началом работы» должны быть изложены:

1) порядок подготовки рабочего места, средств индивидуальной защиты;

2) порядок проверки исправности оборудования, приспособлений и инструмента, ограждений, сигнализации, блокированных и других устройств, защитного заземления, вентиляции, местного освещения;

3) порядок проверки наличия и состояния исходных материалов (заготовки, полуфабрикаты);

4) порядок приема смены в случае непрерывной работы;

5) требования производственной санитарии.

В разделе «Требования безопасности и охраны труда во время работы» должны быть изложены:

1) способы и приемы безопасного выполнения работ, требования по использованию технологического оборудования, приспособлений и инструментов;

2) требования безопасного обращения с исходными материалами (сырье, заготовки, полуфабрикаты);

3) требования безопасной эксплуатации транспортных средств, тары и грузоподъемных механизмов;

4) указания по безопасному содержанию рабочего места;

5) основные виды отклонений от нормативного технологического режима и методы их устранения;

6) действия, направленные на предотвращение аварийных ситуаций;

7) требования к использованию средств защиты работников.

В разделе «Требования безопасности и охраны труда в аварийных ситуациях» должны быть изложены:

1) действия работников при возникновении аварий и ситуаций, которые могут привести к нежелательным последствиям;

2) действия по оказанию медицинской помощи пострадавшим при травмировании, отравлении и внезапном заболевании;

3) порядок уведомления работодателя о случаях травмирования работника и неисправности оборудования, приспособлений и инструмента.

В разделе «Требования безопасности и охраны труда по окончании работы» должны быть изложены:

1) порядок безопасного отключения, остановки, разборки, очистки и смазки оборудования, приспособлений, машин, механизмов и аппаратуры, а при непрерывном процессе - порядок передачи их по смене;

2) порядок сдачи рабочего места;

3) порядок уборки отходов производства;

4) требования соблюдения личной гигиены и производственной санитарии;

5) порядок извещения работодателя обо всех недостатках, обнаруженных во время работы.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ

1. Составить инструкцию по охране труда для профессии

Таблица

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Газо-сварщик	штукатур	шахтер	Водитель	железнодорожник	машинист	кранов щик	электрик	металлург	пожарный

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое инструкция по охране труда?
2. На основе чего разрабатывается инструкция по охране труда для работника?
3. Для каких производств допускается разработка временных инструкций по охране труда? На какой срок они разрабатываются?
4. Через какое время должен производится пересмотр инструкций?.
5. В каких случаях инструкции по охране труда для работников могут досрочно пересматриваться?
6. Как следует излагать требования инструкции по охране труда?
7. Что отражается в разделе «Общие требования безопасности и охраны труда»?
8. Что должно быть изложено в разделе «Требования безопасности и охраны труда перед началом работы»?
9. Что должно содержать в разделе «Требования безопасности и охраны труда во время работы»?
10. Что отражается в разделе «Требования безопасности и охраны труда в аварийных ситуациях»?
11. Что должно быть изложено в разделе «Требования безопасности и охраны труда по окончании работы»?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №9

«Выявление опасных и вредных производственных факторов»

Безопасность условий труда на рабочем месте определяется наличием опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ), которые могут возникнуть при выполнении технологических операций или видов работ (ГОСТ 12.0.003 — 74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы»). При этом учитываются источники механических травм; источники шума, вибрации, ионизирующих излучений; определяются условия микроклимата в помещениях; оценивается освещенность в помещениях и на конкретном рабочем месте; определяется возможность получения электротравм; исследуется токсичность применяемых веществ; проводится оценка пожаро- и взрывоопасности объекта; определяется возможность использования грузоподъемных машин и механизмов, а также сосудов, находящихся под давлением.

Идентификация опасных и вредных производственных факторов - это распознавание опасностей, установление причин их возникновения, пространственных и временных характеристик опасностей,

вероятности, величины и последствий их появления.

Опасным называется производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному резкому ухудшению здоровья.

Вредным называется производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит постепенному ухудшению здоровья, профессиональному заболеванию или снижению работоспособности.

ГОСТ 12.0.003-74 подразделяет опасные и вредные производственные факторы по природе действия на четыре группы:

Физические опасные и вредные производственные факторы:

движущиеся машины и механизмы, и их незащищенные подвижные части;

передвигающиеся изделия, материалы, заготовки;

разрушающиеся конструкции;

обрушивающиеся горные породы;

повышенная запыленность, загазованность воздуха рабочей зоны;

повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов;

повышенная или пониженная температура рабочей зоны;

повышенные уровни шума, вибрации, ультразвука, инфразвуковых колебаний;

повышенное или пониженное барометрическое давление и его резкое изменение;

повышенные или пониженные влажность, подвижность, ионизация воздуха;

повышенный уровень ионизирующих излучений;

повышенные значения напряжения в электрической цепи;

повышенные уровни статического электричества, электромагнитных излучений;

повышенная напряженность электрического и магнитного полей;

отсутствие и недостаток естественного света;

недостаточная освещенность рабочей зоны;

повышенная яркость света;

пониженная контрастность;

прямая и отраженная блескость;

повышенная пульсация светового потока;

повышенные уровни ультрафиолетовой и инфракрасной радиации;

острые кромки, заусеницы и шероховатость на поверхности заготовок, инструментов и оборудования;

расположение рабочего места на значительной высоте относительно пола (земли).

Химические опасные и вредные производственные факторы:

химические вещества, которые по характеру воздействия на организм человека подразделяются на:

токсические (бензол, толуол, ксилол, нитробензол, ртуть, органические соединения, тетраэтилсвинец, дихлорэтан);

раздражающие (кислоты, щелочи, фосген, аммиак, оксиды серы и азота, сероводород);

сенсибилизирующие вещества (соединения ртути, платина, формальдегид);

канцерогенные вещества (ПАУ, 3,4 – бенз(а)пирен, мазут, гудрон, битум, масла, сажа, асбест, ароматические амины).

вещества, обладающие мутагенной активностью (органические перекиси, иприт, оксид этилена, формальдегид)

вещества, влияющие на репродуктивную функцию (бензол, сероуглерод, свинец, сурьма, марганец, марганец, ядохимикаты, никотин, соединение ртути).

Биологические опасные и вредные производственные факторы:

патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы, рилкетсин, спирохеты, грибы, простейшие)

продукты жизнедеятельности микроорганизмов;

растения;

животные.

Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы:

статические перегрузки;

динамические перегрузки;

умственные перенапряжения;

перенапряжение анализаторов;

монотонность труда;

эмоциональные перегрузки.

Воздействие опасных и вредных производственных факторов на организм человека

В производственных условиях, как правило, действует комплекс вредностей и опасностей.

Движущиеся машины и механизмы, подвижные части оборудования, передвигающиеся изделия,

разрушающиеся конструкции способствуют возникновению механических травм (ушибов, переломов, ран, увечий и т.д.), запыленности и загазованности воздуха рабочей зоны, повышенных уровней шума, статического электричества, напряжения зрительных анализаторов, статических перегрузок, монотонности труда и т.д. Все опасности в комплексе усиливают воздействие на организм человека в процессе труда.

Запыленность, загазованность воздуха рабочей зоны. Вредными являются вещества, которые при контакте с организмом человека могут вызвать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами, как в процессе работы, так и отдалённые сроки жизни настоящего и последующих поколений (ГОСТ 12.1.007-76 «ССБТ. Вредные вещества, классификация и общие требования безопасности»). В санитарно-гигиенической практике принято разделять вредные вещества на химические вещества и производственную пыль.

Действие вредных химических веществ на организм человека обусловлено их физико-химическими свойствами. Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 группа химически опасных и вредных производственных факторов по характеру воздействия на организм человека подразделяется на следующие подгруппы:

обще токсические; раздражающие; сенсибилизирующие; канцерогенные; мутагенные; влияющие на репродуктивную функцию.

По степени воздействия на организм человека все вредные вещества подразделяются на четыре класса (ГОСТ 12.1.007-76).

1 класс – вещества чрезвычайно опасные (ртуть, свинец).

2 класс – вещества высоко опасные (оксиды азота, бензол, йод, марганец, медь, сероводород).

3 класс – вещества умеренно опасные (ацетон, ксилол, сернистый ангидрид, метиловый спирт).

4 класс – вещества малоопасные (аммиак, бензин, скипидар).

Производственная пыль является очень распространённым опасным и вредным производственным фактором. Пыль может оказывать на организм человека фиброгенное, раздражающее и токсическое действие. Поражающие действия пыли во многом определены её дисперсностью (размером частиц пыли). Наибольшей фиброгенной активностью обладают аэрозоли с размером частиц до 5мкм.

Степень опасности пыли зависит также от формы частиц, их твердости, волокнистости, электрозаряженности. Вредность производственной пыли обуславливает её способность вызывать профессиональные заболевания легких (пневмокониозы), пылевые бронхиты, пневмонии, астматические риниты, бронхиальную астму. Аэрозоли металлов, пыль ядохимикатов может привести к хроническим и острым отравлениям.

Параметры микроклимата. Трудовая деятельность человека всегда протекает в определенных метеорологических условиях, которые определяются сочетаниями температуры воздуха, скорости его движения и относительной влажности, барометрическим давлением и тепловым излучениям от нагретых поверхностей. Эти показатели в совокупности (за исключением барометрического давления) принято называть микроклиматом производственного помещения. При благоприятных сочетаниях параметров микроклимата человек испытывает состояние теплового комфорта, что является важным условием производительности труда и предупреждением заболеваний.

Параметры микроклимата могут изменяться в очень широких пределах, в то время как необходимым условием жизнедеятельности человека является сохранения постоянства температуры тела. При отклонении метеорологических параметров от оптимальных в организме человека для поддержания постоянства температуры тела начинают происходить процессы, направленные на регулирование теплопродукции и теплоотдачи. Эта способность организма человека сохранять постоянство температуры тела получила название терморегуляции.

При температуре воздуха более чем 30^{O}C и значительном тепловом излучении от нагретых поверхностей наступает нарушение терморегуляции организма, что может привести к перегреву. При этом наблюдается нарастающая слабость, головная боль, шум в ушах, искажение восприятия (окраска всего в красный или зелёный цвет), тошнота, рвота, повышается температура тела. Дыхание и пульс учащаются, артериальное давление вначале возрастает, затем падает. В тяжелых случаях наступает тепловой удар, возможна судорожная болезнь, характеризующаяся слабостью, головной болью, резкими судорогами, преимущественно в коленях.

Длительное и сильное воздействие низких температур может вызвать различные неблагоприятные изменения в организме человека. Местное и общее охлаждение организма является причиной таких заболеваний, как миозиты, невриты, радикулиты, простудные заболевания.

Физиологически оптимальной является влажность воздуха 40-60%. Повышенная относительная влажность воздуха (более 75-85%) в сочетании с низкими температурами оказывает значительное охлаждающее действие, а в сочетании с высокими – способствует перегреванию организма. Относительная влажность менее 25% приводит к высыханию слизистых оболочек и снижении защитной деятельности мерцательного эпителия верхних дыхательных путей.

Человек начинает ощущать движение воздуха при его скорости 0,1 м/с. Большая скорость воздуха в сочетании с низкими температурами ведет к охлаждению организма.

Тепловое воздействие облучения на организм человека зависит от длины волны, интенсивности потока

излучения, величины облучаемого участка тела, длительности облучения, угла падения лучей, виды одежды человека. Наибольшей проникающей способностью обладают красные лучи, которые плохо задерживаются кожей и глубоко проникают в биологические ткани, вызывая повышение их температуры.

Ионизирующие излучения. Биологическое действие радиации на живой организм начинается на клеточном уровне. Ионизирующее излучение вызывает поломку хромосом, что приводит к изменению генного аппарата и образованию дочерних клеток, неодинаковых с исходными, что ведёт к мутациям, которые могут проявляться на последующих поколениях. При ионизирующих излучениях происходит локальное повреждение кожи (лучевой ожог), возникает катаракта глаз (потемнение хрусталика), повреждение половых органов (кратковременная или постоянная стерилизация). Воздействие ионизирующего излучения может привести к лучевой болезни, представляющей собой комплекс стойких изменений в центральной нервной системе, крови, кроветворных органах, кровеносных сосудах, железах внутренней секреции.

Электромагнитные поля. Электромагнитное поле (ЭМП) обладает определенной энергией и распространяется в виде электромагнитных волн. Основными параметрами электромагнитных колебаний являются: длина волны, частота колебаний и скорость распространения.

Основной характеристикой постоянного магнитного (магнитостатического) поля (ПМП) является напряженность магнитного поля, определяемая по силе, действующей в поле на проводник с током, единицей является ампер на метр (А/м).

Основной характеристикой постоянного электрического (электростатического) поля (ЭСП) является его напряженность, определяемая по силе, действующей в поле на электрический заряд, выражается в вольтах на метр (В/м).

Переменное электромагнитное поле представляет собой совокупность магнитного и электрического полей и распространяется в пространстве в виде электромагнитных волн. Область распространения электромагнитных волн от источника излучения условно разделяют на три зоны: ближнюю (зону индукции), промежуточную (зону интерференции) и дальнюю (волновую или зону излучения). Дальняя зона начинается с расстояния от излучателя, равного примерно 6 длинам волн. Между ними располагается промежуточная зона.

Степень воздействия электромагнитных излучений на организм человека зависит от диапазона частот. Интенсивности воздействия соответствующего фактора, продолжительности облучения, характера излучения (непрерывное или модулированное), режима облучения, размеров облучаемой поверхности тела и индивидуальных особенностей организма.

Длительное воздействие электрического поля (ЭП) низкой частоты вызывает функциональные нарушения центральной нервной и сердечно-сосудистой систем человека, а также некоторые изменения в составе крови, особенно выраженные при высокой напряженности ЭП.

Биологическое действие электромагнитных полей (ЭМП) более высоких частот связывают в основном с их тепловым и аритмическим эффектом. Тепловое действие может привести к повышению температуры тела и местному избирательному нагреву тканей, органов, клеток вследствие перехода электромагнитной энергии в тепловую. Биологическая активность ЭМП увеличивается с возрастанием частоты колебаний и является наибольшей в области СВЧ. Облучение ЭМП большой интенсивности может привести к разрушительным изменениям в тканях и органах. Тяжелые поражения возникают только в аварийных случаях и встречаются крайне редко. Длительное хроническое воздействие ЭМП небольшой интенсивности (не вызывающих теплового эффекта) приводит к различным нервным и сердечно-сосудистым расстройствам (головной боли, утомляемости, нарушению сна, боли в области сердца и т.п.). Возможны нарушения со стороны эндокринной системы и изменение состава крови. На ранних стадиях нарушения в состоянии здоровья носят обратимый характер.

В зависимости от диапазона частот в основу гигиенического нормирования электромагнитных излучений положены разные принципы. Критерием безопасности для человека, находящегося в электрическом поле промышленной частоты, принята напряженность этого поля.

Лазерное излучение. Основной особенностью лазерного излучения является его острая направленность (малая расходимость пучка излучения). Воздействие лазерного излучения на организм человека носит сложный характер:

термическое вызывает ожог, некроз тканей человека, нагрев, плазмо- и парообразование тканей, и, как следствие, их механическое разрушение.

нетермическое действие вызывает облучение организма электромагнитной энергии, облучение глаз человека, возможность поражения электрическим током, запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны, повышение уровней шума и вибрации при работе лазера.

Ультрафиолетовое излучение. Длительное воздействие УФИ на человека может привести к серьезным положениям глаз и кожи. Острые поражения обычно проявляются в виде кератитов (воспаленная роговица) и помутнение хрусталика. Длительное воздействие УФИ на кожу человека может привести к раку кожи.

Производственный шум. Многочисленными исследованиями установлено, что шум является общебиологическим раздражителем и в определенных условиях может влиять на все органы и системы

организма человека. Наиболее полно изучено влияние шума на слуховой орган человека. Интенсивный шум при ежедневном воздействии приводит к возникновению профессионального заболевания – тугоухости, основным симптомом которого является постепенная потеря слуха на оба уха, первоначально лежащая в области высоких частот (4000 Гц), с последующим распространением на более низкие частоты, определяющие способность воспринимать речь.

При очень большом звуком давлении может произойти разрыв барабанной перепонки. Наиболее неблагоприятными для органа слуха является высокочастотный шум (1000...4000 Гц).

Кроме непосредственного воздействия на орган слуха шум влияет на различные отделы головного мозга, изменяя нормальные процессы высшей нервной деятельности. Это так называемое неспецифическое воздействие шума может возникнуть даже раньше, чем изменения в органе слуха. характерными являются жалобы на повышенную утомляемость, общую слабость, раздражительность, апатию, ослабление памяти, потливость и т.п.

Многочисленными исследованиями установлено, что шум является биологическим раздражителем. Интенсивный шум при ежедневном воздействии приводит к возникновению профессионального заболевания – тугоухости, при очень большом звуковом давлении может произойти разрыв барабанной перепонки. Шум влияет на различные отделы головного мозга, изменяя нормальные процессы высшей нервной деятельности. Это воздействие может возникнуть раньше, чем изменение в органе слуха. Исследованиями последних лет установлено, что под влиянием шума наступают изменения в органе зрения человека и вестибулярном аппарате, нарушаются функции желудочно-кишечного тракта, повышается внутричерепное давление. Шум, особенно прерывистый, импульсный, ухудшает точность выполнения рабочих операций, затрудняет прием и восприятие информации.

Производственная вибрация. В производственных условиях длительное воздействие вибрации приводит к нарушениям деятельности нервной системы, сердечно-сосудистой системы, вестибулярного аппарата, нарушению обмена веществ и, в конечном счете, – к «вибрационной болезни».

При работе с ручными машинами, вибрация которых наиболее интенсивна в высокочастотной области спектра (выше 125 Гц), возникают сосудистые растройства, спазм периферических сосудов. Локальная вибрация, имеющая широкий частотный спектр, часто с наличием узоров (клепка, бурение, срубка) вызывает различную степень сосудистых, нервно-мышечных, костно-суставных и других нарушений.

Ультразвук. Наиболее опасным является контактное воздействие ультразвука, которое возникает при удержании инструмента во время пайки, лужения. Воздействие ультразвука может привести к поражению периферической нервной и сосудистой систем человека в местах контакта (вегетативные полиневриты, мышечная слабость пальцев, кистей и предплечья).

Инфразвук. Инфразвук оказывает неблагоприятное воздействие весь организм человека, в том числе и на орган слуха, понижая слуховую чувствительность на всех частотах. Инфразвуковые колебания воспринимаются как физическая нагрузка: возникает утомление, головная боль, головокружение, вестибулярные нарушения, снижается острота зрения и слуха, нарушается периферическое кровообращение, появляется чувство страха. Особенно неблагоприятные последствия вызывают инфразвуковые колебания с частотой 2…15 Гц в связи с возникновением резонансных явлений в организме человека, причем наиболее опасна частота 7 Гц, т.к. колебания с такой частотой совпадают с альфа-ритмом биотоков мозга.

Повышенные уровни напряжения в электрической цепи. Электрические установки, с которыми приходится иметь дело работающим на производстве, представляет для человека большую потенциальную опасность, которая усугубляется тем, что органы чувств человека не могут на расстоянии обнаружить наличие электрического напряжения на оборудовании. Проходя через тело человека, электрический ток оказывает сложное воздействие, являющееся совокупностью термического (нагрев тканей и биологических сред), электролитического (разложение крови и плазмы) и биологического (раздражение и возбуждение нервных волокон) воздействий. Наиболее сложным является биологическое действие, свойственное только живым организмам.

Алгоритм выполнения практического задания

1. Изучить теоретический материал и нормативно-правовую базу.
2. Согласно профилю специальности обучающегося выбрать произвольно три варианта наименования рабочих мест из предложенных.
3. В соответствии с ГОСТ 12.0.003 — 2015 провести идентификацию опасных и вредных производственных факторов, которые могут возникнуть при выполнении технологических операций (видов работ) на выбранных для анализа рабочих местах.
4. Выявить оборудование (материалы, инструменты и т.п.), которые являются непосредственными источниками идентифицированных факторов.
5. По результатам проведенного анализа на каждое рабочее место выбранных профессий заполняются столбцы таблицы с указанием идентифицированных производственных факторов и оборудования (материалов, изделий, инструментов), при работе с которыми они встречаются.
6. Оформить отчет о практической работе в соответствии с требованиями к оформлению практических работ и защитить ее у преподавателя.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №10

«Расчет теплообмена человека с окружающей средой»

На протяжении всей своей жизни человек пребывает в постоянном тепловом взаимодействии с окружающей средой. Организм человека в процессе эволюции научился приспосабливаться к постоянно изменяющимся тепловым условиям, при повышенной температуре воздуха происходит увеличение теплоотдачи, при низких температурах теплоотдача резко уменьшается.

Человек может переносить колебания температур воздуха в весьма широких пределах: от – 50 °С и ниже до 100 °С и выше. При этом внутренняя температура органов человека может изменяться в довольно узких пределах: от 25 до 43-45 °С, выход за границы этих пределов оканчивается смертью. Организм человека приспосабливается к столь широкому диапазону колебаний температур окружающей среды посредством регулирования теплопродукции и теплоотдачи человеческого организма, которое называется терморегуляцией.

Терморегуляция организма – способность организма поддерживать постоянной температуру при изменении параметров микроклимата и при выполнении различной по тяжести работы.

Теплообмен между человеком и окружающей средой осуществляется следующими способами: **излучением**, **теплопроводностью**, **конвекцией и тепломассообменом**.

Излучение тепла – это перенос тепла от человеческого тела к окружающим предметам за счет электромагнитного излучения. Это основной путь отдачи тепла в производственных условиях. Излучением отдают тепло все тела, имеющие температуру выше абсолютного нуля (- 273°С). Человек отдаёт тепло, когда температура окружающих его предметов ниже температуры наружных слоёв одежды или открытой кожи.

Теплопроводность – отдача тепла предметам (имеющим температуру ниже, чем человеческое тело), непосредственно соприкасающихся с телом человека.

Конвекция – передача тепла через воздушную среду, осуществляется за счет омывания воздухом человеческого тела. При высокой подвижности воздуха теплоотдача увеличивается в несколько раз.

Тепломассообмен – потеря тепла за счет испарения воды с поверхности кожи и слизистой оболочки верхних дыхательных путей человеком и за счет нагрева вдыхаемого воздуха.

В условиях искусственного микроклимата (пример, горячие цеха) большое значение имеет отдача тепла организмом, т.к. перегрев организма может привести не только к снижению качества и производительности труда, но и к ухудшению здоровья рабочего.

Под влиянием высокой температуры изменяется химический состав крови, в которой уменьшается содержание хлоридов и углекислоты и т.д. Это может привести человека к потере сознания (судорожная болезнь и тепловой удар), а при длительном воздействии повышенных температур – к смерти. Поэтому при создании искусственного микроклимата на рабочих местах одним из важнейших вопросов остается обеспечение нормального теплообмена человека с окружающей средой за счет использования различных организационно-технических мероприятий.

Нормальное тепловое самочувствие имеет место, когда тепловыделение человека полностью воспринимается окружающей средой и когда имеет место тепловой баланс. В этом случае температура внутренних органов остается постоянной. Если теплопродукция организма не может быть полностью передана окружающей среде, то происходит рост температуры внутренних органов, и такое тепловое самочувствие характеризуется понятием **жарко.**

Теплоизоляция человека, находящегося в состоянии покоя (отдых, сидя или лежа), от окружающей среды приведет к повышению температуры внутренних органов уже через 1 ч на 1,2 °С. Теплоизоляция человека, производящего работу средней тяжести, вызовет повышение температуры уже на 5 °С и вплотную приблизится к максимально допустимой.

В случае, когда окружающая среда воспринимает больше теплоты, чем ее воспроизводит человек, происходит переохлаждение организма. Такое тепловое самочувствие характеризуется понятием **холодно.**

Тепло образуется вследствие окислительных процессов, из которых две трети приходится на окислительные процессы в мышцах.

Увеличение теплоотдачи всегда связано с увеличением кровенаполнения периферических кожных сосудов. Об этом свидетельствует покраснение кожных покровов при воздействии на человека повышенной температуры или инфракрасного излучения. Кровенаполнение поверхностных сосудов ведет к повышению температуры кожных покровов, что способствует более интенсивной отдаче тепла в окружающее пространство конвекцией и излучением. Приток крови к кожным покровам активизирует деятельность расположенных в подкожной клетчатке потовых желез, что ведет к увеличению потовыделения и, следовательно, к более интенсивному охлаждению организма.

Теплообмен между человеком и окружающей средой осуществляется конвекцией $Q_К$, теплопроводностью $Q_Т$, излучением на окружающие поверхности $Q_{ИЗ}$ и в процессе тепломассообмена, при испарении влаги, выводимой на поверхность кожи потовыми железами $Q_{ИС}$, и при дыхании $Q_В$: $Q_{ТП} = Q_К+Q_Т+Q_{ИЗ}+Q_{ТМ}$ *(1)*

Конвективный теплообмен определяется законом Ньютона: $Q_К = \alpha_к F_Э (t_{пов} – t_{ос})$ *(2)*

где $\alpha_к$ – коэффициент теплоотдачи конвекцией; при нормальных параметрах микроклимата $\alpha_к$ = 4,06 Вт/(м^2 ·°С); $F_э$ – эффективная поверхность тела человека (размер эффективной поверхности тела зависит от положения его в пространстве и составляет приблизительно 50...80 % геометрической внешней поверхности тела человека); $t_{пов}$ – температура поверхности тела человека (для практических расчетов зимой – около 27,7 °С, летом – около 31,5°С); $t_{ос}$ – температура воздуха, омывающего тело человека.

Передачу теплоты теплопроводностью можно описать уравнением Фурье, Вт: $Q_Т = (\lambda_о / \delta_о) F_э (t_{пов} – t_{ос})$ (3)

где λ_0 – коэффициент теплопроводности тканей одежды человека, Вт/ (м·°С); δ_0 – толщина одежды человека, м.

Теплопроводность тканей человека мала, поэтому основную роль в процессе транспортирования теплоты играет конвективная передача с потоком крови.

Лучистый поток при теплообмене излучением тем больше, чем ниже температура окружающих человека поверхностей. Он может быть определен с помощью обобщенного закона Стефана-Больцмана, Вт

$$Q_{ИЗ} = C_{пр} \varepsilon F_1 \psi_{1-2} [(T_1/100)^4 – (T_2/100)^4] \quad (4)$$

где $C_{пр}$ – приведенный коэффициент излучения, Вт/(м^2 · К^4); ε – степень черноты окружающих предметов; F_1 – площадь поверхности, излучающей лучистый поток, м^2; ψ_{1-2} – коэффициент облучаемости, зависящий от расположения и размеров поверхностей F_1 и F_2 и показывающий долю лучистого потока, приходящегося на поверхность F_2 от всего потока, излучаемого поверхностью F_1; T_1 – средняя температура поверхности тела и одежды человека; T_2 – средняя температура окружающих поверхностей, К.

Для практических расчетов в диапазоне температур окружающих человека предметов 10-60 °С приведенный коэффициент излучения $C_{пр} \approx 4,9$ Вт/ (м^2·К^4). Коэффициент облучаемости ψ_{1-2} обычно принимают равным 1,0.

Количество теплоты, передаваемое человеком окружающей среде при испарении влаги, выводимой на поверхность потовыми железами, Вт $Q_{ИС} = G_П r$, (5)

где $G_П$ – масса выделяемой и испаряющейся влаги, 1 кг/с; r – скрытая теплота испарения выделяющейся влаги, Дж/кг.

На величину потовыделения, кроме температурных факторов влияет и категория работ, выполняемых человеком. В зависимости от степени тяжести работ увеличивается и количество влаги, выделяемой человеком. Данные о потовыделении в зависимости от температуры воздуха и физической нагрузки человека приведены в табл. 1.

Таблица 1. Количество влаги, выделяемой с поверхности кожи и из легких человека, г/мин

Характеристика выполняемой работы (по Н.К. Витте)	Температура воздуха, °С				
	16	18	28	35	45
Покой, J = 100* Вт	0,6	0,74	1,69	3,25	6,2
Легкая, J =200 Вт	1,8	2,4	3,0	5,2	8,8
Средней тяжести, J = 350 Вт	2,6	3,0	5,0	7,0	11,3
Тяжелая, J = 490 Вт	4,9	6,7	8,9	11,4	18,6
Очень тяжелая, J = 695 Вт	6,4	10,4	11,0	16,0	21,0

Примечание: J – интенсивность труда, Вт

В процессе дыхания воздух окружающей среды, попадая в легочный аппарат человека, нагревается и одновременно насыщается водяными парами. В технических расчетах можно принимать (с запасом), что выдыхаемый воздух имеет температуру 37 °С и полностью насыщен. $Q_В = V_{лв} \rho_{вд} C_р (t_{выд} – t_{вд})$, (6)

где $V_{ЛВ}$ – объем воздуха, вдыхаемого человеком в единицу времени, «легочная вентиляция», м^3/с; $\rho_{ВД}$ – плотность вдыхаемого влажного воздуха, кг/м^3; $C_р$ – удельная теплоемкость выдыхаемого воздуха, Дж/(кг · °С); $t_{ВЫД}$ – температура выдыхаемого воз- духа, °С; $t_{ВД}$ – температура вдыхаемого воздуха, °С.

Практическая часть

Задача 1. Рассчитать, пользуясь формулой (2), потерю теплоты человеком путем конвективного теплообмена. Данные для расчета: коэффициент теплоотдачи конвекцией принять для нормальных параметрах микроклимата ($\alpha_к$ = 4,06 Вт/(м^2 · °С)). Температуру поверхности тела человека зимой принять равной $t_{пов}$ = 27,7 °С.

Задача 2. Рассчитать, пользуясь формулой (3), потерю теплоты человеком путем теплопроводности. Данные по температурам тела и воздуха, а также площади тела человека принять по условиям задачи 1.

Задача 3. Рассчитать, пользуясь формулой (4), потерю теплоты человеком путем излучения. Для практических расчетов принять приведенный коэффициент излучения $C_{пр} \approx 4,9$ Вт/ (м^2 К^4), степень черноты окружающих предметов ε = 0,6; площадь поверхности, излучающей лучистый поток (F_1), принять равной площади тела (задача 1), м^2. Коэффициент облучаемости принять равным ψ_{1-2} = 1. Среднюю

температуру поверхности тела и одежды человека (T_1) принять из задачи 1, К; среднюю температура окружающих поверхностей (T_2) принять также из задачи 1.

Задача 4. Рассчитать, пользуясь формулой (5), потерю теплоты человеком за счет испарения влаги с поверхности кожи. Массу выделяемой и испаряющейся влаги принять из таблицы 1. Скрытую теплоту испарения выделяющейся влаги принять равной r = 2260 кДж/кг (для воды).

Задача 5.Рассчитать, пользуясь формулой (6), потерю теплоты человеком за счет нагрева вдыхаемого воздуха. Объем воздуха, вдыхаемого человеком в единицу времени, принять равным $V_{лв}$ = 0,004 м^3/с (как для тяжелой работы). Плотность вдыхаемого воздуха принять равной $\rho_{вд}$ = 1,2 кг/м^3; удельную теплоемкость выдыхаемого воздуха принять C_p = 1,2 Дж/(кг · °С); температуру выдыхаемого воздуха и принять равной $t_{выд}$ = 37 °С.

Задача 6. Рассчитать суммарные тепловые потери человеком по результатам полученных данных решений задач 1 – 5.

Данные для расчетов по вариантам принять из следующей таблицы.

№ варианта	Задача 1		Задача 2		Задача 4		Задача 5
	$t_{ос}$	$F_э$	λ_0	δ_0	$t_{ос}$	Кат. работ	$t_{вд}$
1	-20	1,8	0,04	0,005	18	тяжелая	-20
2	- 30	1,5	0,038	0,001	16	легкая	-30
3	- 15	1,6	0,045	0,003	28	Ср. тяжести	-15
4	- 25	1,7	0,05	0,005	35	Оч. тяжелая	-25
5	- 35	1,8	0,06	0,005	45	тяжелая	-35
6	- 40	1,9	0,1	0,01	16	легкая	-40
7	- 45	1,6	0,038	0,008	18	Ср. тяжести	-45
8	- 50	1,8	0,05	0,005	28	Оч. тяжелая	-50
9	- 30	1,8	0,08	0,01	35	тяжелая	-30
10	- 15	1,7	0,038	0,003	45	легкая	-15
11	- 25	1,6	0,02	0,01	16	Ср. тяжести	-25
12	- 35	1,7	0,02	0,009	18	Оч. тяжелая	-35

Контрольные вопросы:

1. Какие колебания температур воздуха может переносить человек?
2. За счет чего организм человека приспосабливается к столь широкому диапазону колебаний температур окружающей среды?
3. Как осуществляется теплообмен между человеком и окружающей средой?
4. К чему может привести влиянием высокой температуры микроклимата?
5. Чем отличается теплоизоляция человека, находящегося в состоянии покоя, от теплоизоляции человека, производящего работу средней тяжести?
6. С чем связано увеличение теплоотдачи человеческого организма? Что при этом происходит в организме?
7. Какие параметры влияют на величину потовыделения?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №11

«Оценка шумового воздействия от промышленных объектов»

Санитарные правила СанПиН.2.1/2.1.1.1200-03 устанавливают гигиенические требования к размеру санитарно-защитных зон в зависимости от санитарной классификации предприятий, сооружений и иных объектов, требования к их организации и благоустройству, основания к пересмотру этих размеров.

Предприятия, их отдельные здания и сооружения с технологическими процессами, являющиеся источниками выделения в окружающую среду вредных веществ, а также источниками шума, вибрации, инфразвука, электромагнитных волн радиочастот, статического электричества, необходимо отделять от жилой застройки санитарно-защитными зонами.

Санитарно-защитная зона (СЗЗ) является обязательным элементом любого промышленного предприятия и других объектов, которые могут быть источниками химического, биологического или физического воздействия на окружающую среду и здоровье человека.

Размер санитарно-защитной зоны до границы жилой застройки устанавливается:

а) для предприятий с технологическими процессами, являющимися источниками загрязнения атмосферного воздуха вредными и неприятно пахнущими веществами, - непосредственно от источников загрязнения атмосферы сосредоточенными (через трубы, шахты) или рассредоточенными выбросами (через фонари зданий и др.), а также от мест загрузки сырья или открытых складов;

б) для тепловых электрических станций, производственных и отопительных котельных - от дымовых труб.

Общий порядок определения СЗЗ по шуму включает:

анализ планировочной структуры предприятия (группы предприятий) и их функционального назначения;

определение шумовых характеристик предприятий (объектов);

построение локальных СЗЗ по шуму от каждого предприятия (объекта);

построение общей СЗЗ по шуму группы предприятий зоны путем акустического сложения СЗЗ смежных предприятий (объектов);

определение влияния других городских источников внешнего шума и корректировка СЗЗ с учетом вредного воздействия всего комплекса техногенных факторов.

Источниками шума на территории промышленного предприятия служат выходящие в атмосферу отверстия крупных и мелких аэрогазодинамических установок, всасывающие и выхлопные отверстия компрессорных станций, шахты и решетки, расположенных в здании вентиляционных установок, воздуховоды, по которым распространяются газовоздушные потоки, вынесенные из здания вентиляционные установки, а также любые шумящие механизмы и установки, расположенные на территории промышленных площадок.

Меры борьбы с шумом следует предусматривать на стадии проектирования генеральных планов промышленных предприятий и планировок помещений в отдельных зданиях.

При проектировании промышленных комплексов не следует размещать объекты, требующие защиты от шума (лабораторно-конструкторские корпуса, вычислительные центры административных и тому подобных зданий), в непосредственной близости от шумных помещений (испытательных боксов авиационных двигателей, газотурбинных установок, компрессорных станций и т.п.). Наиболее шумные объекты рекомендуется компоновать в отдельные комплексы.

При планировании помещений внутри зданий нужно предусматривать максимально возможное удаление тихих и малошумных помещений от помещений с интенсивными источниками шума.

Для уменьшения шума, излучаемого промышленным оборудованием в окружающую атмосферу, рекомендуется:

а) применение таких материалов и конструкций при проектировании кровли, наружных стен, фонарей, остекления (окон), ворот и дверей, которые могут обеспечить требуемую изоляцию воздушного шума, использование специальных ворот и дверей с требуемой изоляцией воздушного шума, уплотнение по периметру притворов ворот, дверей и окон;

б) звукоизоляция технологических коммуникаций, проходящих через внешние ограждающие конструкции здания;

в) устройство специальных звукоизолированных боксов и звукоизолирующих кожухов при размещении шумящего оборудования на территориях промышленных площадок;

г) применение экранов, препятствующих распространению звука в атмосфере от оборудования, размещенного на территории промышленной площадки;

д) устройство глушителей шума в газодинамических трактах, излучающих шум в атмосферу (газотурбинных и реактивных установок, компрессоров, вентиляторов и тому подобных установок);

е) звукоизоляционная облицовка каналов, излучающих шум в атмосферу.

Шум от компрессорных станций проникает в окружающую среду через отверстия всасывающих и выхлопных воздуховодов. Следует отметить, что компрессорные станции это крупнейший источник шума на промышленных предприятиях. Шум передвижных компрессорных станций (ППС), работающих недалеко от жилых зданий и имеющих значительное количество шумовых источников, принято характеризовать не уровнем звуковой мощности, а уровнем звука на определенном расстоянии (1 -7 м) от станций.

Полосы зеленых насаждений часто используют на придорожных территориях, вокруг промышленных предприятий для снижения шума от технологического оборудования и транспортных средств. Правильно выполненная шумовая зеленая полоса состоит из деревьев высотой 5-8 м, посаженных таким образом, чтобы их кроны образовывали достаточно замкнутое пространство, а также из кустов, полностью закрывающие промежутки между кронами деревьев.

Методика расчета

Задача данного практического занятия – определить уровень звука в расчётной точке (площадка в жилой застройке, от источника шума – базы автотранспорта).

Предполагается, что основным источником шума на рассматриваемой территории будет работа двигателей автотранспорта при прогреве, въезде и выезде с территории стоянки и из гаража.

Допустимый уровень звукового давления на территориях, непосредственно прилегающих к жилым домам, согласно СНиП П-12-77 "Защита от шума" равен 45 дБА в ночное время и 55 дБА в дневное время (с 7 до 23 часов).

Уровень звука в расчётной точке, *дБА,* $L_{рт} = L_{и.ш.} - DL_{рас} - DL_{воз} - DL_{зел} - DL_{э} - DL_{зд}$, *(2.1)*

где $L_{и.ш.}$ – уровень звука от источника шума (автотранспорта);
$DL_{рас}$ – снижение уровня звука из-за его рассеивания в пространстве; *дБА*;
$DL_{воз}$ – снижение уровня звука из-за его затухания в воздухе, *дБА*,
$DL_{зел}$ – снижение уровня звука зелёными насаждениями, *дБА*;
$DL_{э}$– снижение уровня звука экраном (зданием), *дБА*;
В формуле влияние травяного покрытия и ветра на снижение уровня звука не учитывается.
Снижение уровня звука от его рассеивания в пространстве $DL_{рас} = 10 \lg (r_{п} / r_{о})$, (2.2.)
где $r_{п}$ – кратчайшее расстояние от источника шума до расчётной точки, *м;*
$r_{о}$– кратчайшее расстояние между точкой, в которой определяется звуковая характеристика источника шума, и источники шума; $r_{о}=7,5$ *м.*
Снижение уровня звука из-за его затухания в воздухе $DL_{воз} = (a_{воз} r_{п})/100$, (2.3.)
где $a_{воз}$ – коэффициент затухания звука в воздухе; $a_{воз} = 0,5$ *дБА/м.*
Снижение уровня звука зелёными насаждениями $DL_{воз} = a_{зел} \cdot B$, (2.4.)
где $a_{зел}$ – постоянная затухания шума; $a_{зел} = 0,1$ *дБА*; *B* – ширина полосы зелёных насаждений;*B = 10м*.
Снижение уровня звука экраном (зданием) $DL_{воз}$ зависит от разности длин путей звукового луча *d, м.*
Таблица 2.1. Зависимость снижение уровня звука экраном (зданием) от разности звукового луча.

d	1	2	5	10	15	20	30	50	60
DLвоз	14	16,2	18,4	21,2	22,4	22,5	23,1	23,7	24,2

Расстоянием от источника шума и от расчётной точки до поверхности земли можно пренебречь.
Снижение шума за экраном (зданием) происходит в результате образования звуковой тени в расчётной точке и огибания экрана звуковым лучом.
Снижение шума зданием (преградой) обусловлено отражением звуковой энергии от верхней части здания: $DL_{воз\ зд} = K \cdot W$, (2.5)
где *K* – коэффициент, *дБА/м*; *K = 0,8…0,9*; *W* – толщина (ширина) здания, *м*.
Порядок выполнения задания
3.1. Выберите вариант (см. табл. 2.3.).
3.2. Ознакомьтесь с методикой расчёта.
3.3.В соответствии с данными варианта определите снижение уровня звука в расчётной точке и, зная уровень звука от автотранспорта (источник шума), по формуле (2.1.) найдите уровень звука в жилой застройке.
3.4. Определите уровень звука в жилой застройке, сделайте вывод о соответствии расчётных данных допустимым нормам.
Таблица 2.3. Варианты заданий

Вариант	$r_{п}$, м	δ,м	W, м	$L_{и.ш}$, дБа
1	**2**	**3**	**4**	**5**
1	70	5	10	70
2	80	10	10	70
3	85	15	12	70
4	90	20	12	70
5	100	30	14	70
6	105	50	14	75
7	110	60	16	75
8	115	5	16	75
9	125	10	18	75
10	135	15	18	75
11	60	20	10	80
12	65	30	10	80
13	75	50	12	80
14	80	60	12	80
15	100	5	14	80
16	95	10	14	85
17	105	15	16	85
18	110	20	16	85
19	115	30	18	85
20	120	50	18	85
21	65	60	10	90
22	70	5	10	90
23	80	10	12	90
24	85	15	12	90
25	95	20	14	90

Контрольные вопросы

1. Какие санитарные правила устанавливают гигиенические требования к размеру санитарно-защитных зон?
2. Почему необходимо предусматривать санитарно-защитные зоны на пром предприятиях?
3. Что включает в себя общий порядок определения СЗЗ по шуму?
4. Что является источниками шума на территории промышленного предприятия?
5. Как не нужно размещать объекты при проектировании промышленных комплексов?
6. Что рекомендуется предусматривать для уменьшения шума, излучаемого промышленным оборудованием в окружающую атмосферу?
7. Как шум от компрессорных станций проникает в окружающую среду?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №12

«Расчет общего освещения производственных помещений»

Нерациональное освещение на рабочем месте в цехе, лаборатории, офисе приводит к повышенной утомляемости, снижению работоспособности, перенапряжению органов зрения и снижению его остроты.

По конструктивному исполнению искусственное освещение может быть двух систем: *общее*– осуществляемое расположением светильников на потолке помещения; *комбинированное*– совокупность общего освещения и местных светильников, расположенных непосредственно на рабочих местах. Применение одного местного освещения внутри зданий не допускается.

В качестве источников света в настоящее время применяются электрические лампы накаливания и газоразрядные лампы.

Лампы накаливания относятся к источникам света теплового излучения. Они удобны в эксплуатации, легко монтируются, дешевы, работают в широком диапазоне температур окружающей среды, но обладают низкой световой отдачей *10-20лм/Вт*, сравнительно небольшим сроком службы до*2500ч*; их спектральный состав сильно отличается от естественного света, нарушается правильная светопередача.

Газоразрядные лампы – это приборы, в которых излучение света возникает в результате электрического разряда в атмосфере паров металлов (ртуть, натрий), галогенов (йод, фтор) и инертных газов, а также явления люминесценции. Наиболее широкое применение для целей освещения помещений и открытых площадок получили люминесцентные; ксеноновые лампы в форме светящихся трубок, а также лампы ДРЛ (дуговые, ртутные, люминесцентные) и натриевые, по форме напоминающие вытянутые лампы накаливания.

Основные преимущества газоразрядных ламп: высокая светоотдача (ДРЛ – до *65лм/Вт*, люминесцентные – до*90лм/Вт*, ксеноновые и натриевые – до*110-200лм/Вт*); большой срок службы*5000-20000ч*, близкий к естественному, солнечному спектру вид излучения. К недостаткам газоразрядных ламп следует отнести наличие вредных для биосферы и человека паров ртути и натрия при их разгерметизации, радиопомехи; невозможность быстрого вторичного включения лампы при кратковременном отключении питающего напряжения.

Основным существенным недостатком всех газоразрядных ламп является пульсация светового потока, т.е. непостоянство во времени, излучение света, вызванное переменным током в питающей сети и малой инерционностью процессов, сопровождающих работу этих ламп.

Электропромышленность изготавливает люминесцентные лампы, отличающиеся цветностью излучения светового потока: белого света (ЛБ), холодно-белого света (ЛХБ), тепло-белого света (ЛТБ), дневного света (ЛД). Для высококачественной цветопередачи выпускают лампы с маркировкой Ц: ЛДЦ, ЛТБЦ, ЛХБЦ или ЛЕЦ. Их применяют тогда, когда при искусственном освещении требуется точное различение цветов и оттенков.

Для оценки искусственного освещения в соответствии с действующими строительными нормами и правилами (СНиП) предусмотрены светотехнические параметры количественного и качественного характера.

К количественным параметрам относится освещенность *Е* в люксах (*лк*) на рабочем месте, которая легко рассчитывается или измеряется с помощью люксметра.

К качественным параметрам относится коэффициент пульсации *КП* в %, измеряемый с помощью прибора пульсометра. Эти параметры для действующих осветительных установок должны соответствовать значениям, указанным в нормах.

Принято раздельное нормирование параметров освещения в зависимости от применяемых источников света и системы освещения. Величина параметров устанавливается согласно характеру зрительной работы, который зависит от размеров объектов различения, характеристики фона и контраста объекта с фоном.

Объект различения в *мм*– размер наименьшего элемента, который необходимо увидеть в процессе работы (точка на экране ПЭВМ, самая тонкая линия на чертеже или приборной шкале и т.п.).

Фон – поверхность, на которой рассматривается объект различения, характеризуется коэффициентом отражения - *К*. При *К* менее *0,2* фон считается темным, от *0,2* до *0,4* – средним и более *0,4* – светлым.

Контраст объекта с фоном– характеризует соотношение яркости рассматриваемого объекта и фона. При слабом различении объекта на фоне контраст считается малым, объект заметен на фоне – средним; четко

различается на фоне – большим.

При выборе нормируемой освещенности размер объекта различения регламентирует выбор зрительного разряда от *1*до*7*в таблице норм (в данной лабораторной работе применяем разряды от*1*до*3*), которая содержит минимально допустимые значения освещенности на рабочих местах при использовании газоразрядных ламп.

При проектировании осветительных установок стремятся обеспечить требования норм при минимальных затратах электроэнергии с сохранением равномерного распределения яркостей в поле зрения, исключающих слепящее действие самих ламп. Для этого применяют светильники с рассеивающими экранами, матовыми стеклами, что приводит к частичной потере световой энергии (на *10–15%).*

По конструкции различают светильники прямого света, концентрирующие световой поток в нижнюю полусферу с помощью белого или зеркального отражателя; рассеянного света (при равномерном распределении света в пространстве) и отраженного света (световой поток направлен в верхнюю полусферу).

Светлая окраска потолка, стен, мебели, оборудования способствует увеличению освещенности на рабочих местах за счет лучшего отражения и созданию более равномерного распределения яркостей в поле зрения.

Рациональное освещение должно быть спроектировано в соответствии с нормами, приведенными в СНиП 23-05-95, а также рекомендациями, изложенными в литературе.

Задачей светотехнического расчета является определение светотехнических параметров осветительной остановки, необходимых для обеспечения нормируемых характеристик освещения. Обеспечение нормируемой освещенности осуществляется путем выбора количества источников света, необходимых для создания требуемого уровня освещенности.

2. Методика расчета

Определяют разряд и подразряд зрительной работы, а также нормируемую величину минимальной освещенности на рабочем месте для газоразрядных - люминесцентных ламп (ЛЛ), которые приняты во всех вариантах в качестве источника света, с помощью таблицы 4.1, учитывая заданные по варианту характеристики зрительной работы (наименьший размер объекта различения, характеристика фона и контраст объекта различения с фоном).

Для обеспечения работоспособности ЛЛ располагают в светильниках с металлической экранирующей решеткой и непрозрачными боковинами, с отраженным и рассеянным светораспределением.

Число светильников с ЛЛ определяют по формуле: $N = S/ M L$ (4.1)

где N – количество светильников; S – площадь помещения, м^2 ; M – расстояние между параллельными рядами, м ;

L – расстояние между центрами светильников, м.

Для достижения равномерной горизонтальной освещенности светильники с ЛЛ рекомендуется располагать сплошными рядами параллельными стенам с окнами или длинным сторонам помещения. Расстояние между центрами светильников в ряду, с учетом рекомендаций, определяют по следующей формуле: $l_{св} \leq L \leq H_p$, *(4.2)*

где H_p – высота подвеса светильника с ЛЛ, м(в расчетах $H_p = H$; H – высота помещения в м);$l_{св}$ – длина светильника с ЛЛ, м

(в расчетах для определения $l_{св}$ используем максимальную длину ЛЛ – 1515 мм, которую увеличиваем на 20 %, поэтому $l_{св} = 1{,}2 \cdot 1515 = 1818$ мм $\approx 1{,}8$ м).

Таблица 4.1 – Нормы проектирования искусственного освещения (фрагмент)

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения,мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Освещенность, лк	
						комбинированное	общее
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	а	Малый	Темный	5000	1500
			б	Малый	Средний	4000	1250
				Средний	Темный	4000	1250
			в	Малый	Светлый	2500	750
				Средний	Средний	2500	750
				Большой	Темный	2500	750
			г	Средний	Светлый	1500	400

				Большой	Светлый	1500	400
				Большой	Средний	1500	400
очень высокой точности	0.15 - 0.3	II	а	Малый	Темный	4000	1250
			б	Малый	Средний	3000	750
				Средний	Темный	3000	750
			в	Малый	Светлый	2000	500
				Средний	Средний	2000	500
				Большой	Темный	2000	500
			г	Средний	Светлый	1000	300
				Большой	Светлый	1000	300
				Большой	Средний	1000	300
Высокой точности	0.3 - 0.5	III	а	Малый	Темный	2000	500
			б	Малый	Средний	1000	300
				Средний	Темный	1000	300
			в	Малый	Светлый	750	300
				Средний	Средний	750	300
				Большой	Темный	750	300
			г	Средний	Светлый	400	200
				Большой	Светлый	400	200
				Большой	Средний	400	200

Подставим $l_{св}$ в формулу (4.1) и получим: $1{,}8 \le L \le H_p$, (4.3)

В соответствии с рекомендациями, расстояние между параллельными рядами определяют по формуле:

$M \ge 0{,}6 \cdot H_p$, (4.4)

Оптимальное значение M= 2 ... 3 м.

Для равномерного распределения светильников необходимо определить количество светильников в одном ряду и количество рядов по формулам: m = A / L, (4.5)

где m – количество светильников в одном ряду; A – длина помещения, м.

k = N / m, (4.6)

где k – количество рядов.

После этого уточняем число светильников с ЛЛ по формуле: $N' = m \cdot k$, (4.7)

Для расчета общего освещения используют метод коэффициента использования светового потока, учитывающий световой поток, отраженный от потолка и стен.

Световой поток светильника с ЛЛ определяют по формуле:

$$\Phi_{л.расч} = \frac{E_н \cdot S \cdot Z \cdot K}{N' \cdot \eta} \qquad (4.8)$$

где $\Phi_{л.расч}$ – расчетный световой поток, лм;

$E_н$ – нормированная минимальная освещенность, лк;

Z – коэффициент минимальной освещенности, равный отношению $E_{ср} / E_{мин}$, значения для ЛЛ – Z = 1,1;

K – коэффициент запаса;

η – коэффициент использования светового потока ламп, (η зависит от КПД и кривой распределения силы света светильника, коэффициента отражения потока $\rho_п$ и $\rho_с$, высоты подвеса светильников над рабочей поверхностью $H_р$ и показателя помещения i).Значение коэффициента использования светового потока определяют по таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Значения коэффициента использования светового потока

Показатель помещения	1	2	3	4	5
Коэффициент использования светового потока	0,28 – 0,46	0,34 – 0,57	0,37 – 0,62	0,39 – 0,65	0,40 – 0,66

Показатель помещения определяют по формуле: $$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)} \quad (4.9)$$

где *i* – показатель помещения; *A* и *B* – соответственно длина и ширина помещения, м;

H_p – высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, м.

Значения коэффициента запаса зависят от характеристики помещения: для помещений с большим выделением пыли – *K*= 2, со средним –*K*= 1,8 , с малым –*K*= 1,5.

По полученному значению светового потока, с помощью таблицы 4.3, подбирают лампы, учитывая, что в светильнике с ЛЛ может быть 2 или 4 лампы. В этом случае световой поток группы ЛЛ необходимо уменьшить в два или четыре раза соответственно.

Таблица 4.3 – Характеристики люминесцентных ламп

Тип и мощность, Вт	Длина, мм	Световой поток, лм	Тип и мощность, Вт	Длина, мм	Световой поток, лм
ЛДЦ 20	604	820	ЛД 40	1214	2340
ЛД 20	604	920	ЛХБ 40	1214	3000
ЛХБ 20	604	935	ЛБ 40	1214	3120
ЛБ 20	604	1180	ЛДЦ 65	1515	3050
ЛДЦ 30	909	1450	ЛДЦ 80	1515	3740
ЛД 30	909	1640	ЛД 65	1515	3570
ЛХБ 30	909	1720	ЛД 80	1515	4070
ЛБ 30	909	2100	ЛБ 80	1515	5220

Световой поток выбранной лампы должен соответствовать соотношению:

$$\Phi_{л.расч} = (0{,}9 \ldots 1{,}2) \cdot \Phi_{л.табл}, \quad (4.10)$$

где $\Phi_{л.расч}$ – расчетный световой поток, лм; $\Phi_{л.табл}$ – световой поток , определенный по таблице 4.3, лм.

Если соотношение по формуле (4.6) не выполняется, то количество светильников уточняется по формуле:

$$N_1 = \frac{\Phi_{л.расч}}{\Phi_{л.табл}} \cdot N' \quad (4.11)$$

Мощность, потребляемая осветительной установкой, определяется по формуле: $P = p \cdot N' \cdot n$ (4.12)

где *p* – потребляемая мощность, Вт;*n* – количество ламп в светильнике.

Если количество светильников уточняется по формуле (4.11), то для определения количества светильников используется формула (4.13): $P = p \cdot N_1 \cdot n$ (4.13)

Варианты практических заданий по теме: «Расчет общего освещения»

№	Производственное помещение	Габариты помещения, м			Н размер объекта различения, мм	Контраст объекта различения с фоном	арактеристи ка фона	Характеристика помещения по условиям среды
		длина А	ширина В	высота Н				
01	Вычислительный центр	60	30	5	0,35	большой	светлый	небольшая запыленность
02	Дисплейный класс	35	20	5	0,35	малый	средний	небольшая запыленность
03	Участок шлифовальных станков	40	18	6	0,27	большой	светлый	небольшая запыленность, высокая влажность
0	Участок	50	24	6	0,29	средний	светлый	небольшая

4	полировальных станков							запыленность, высокая влажность
05	Механический цех; металлорежущие станки	90	24	6	0,28	средний	светлый	небольшая запыленность
06	Участок станков с ЧПУ	60	24	5	0,31	средний	светлый	небольшая запыленность
07	Участок автомати-ческих линий	80	36	5	0,34	большой	светлый	небольшая запыленность
08	Участок сборки	50	18	6	0,25	большой	светлый	небольшая запыленность
09	Участок сварки	60	12	7	0,4	средний	темный	средняя запыленность
10	Лаборатория для металлографическ их исследований	36	12	5	0,29	средний	светлый	большая запыленность

Контрольные вопросы

1. По конструктивному исполнению искусственное освещение бывает…?
2. Лампы накаливания и газоразрядные лампы как источники света? Их преимущества и недостатки
3. Как различаются люминесцентные лампы?
4. Что относится к светотехническим параметрам количественного и качественного характера?
5. Что является задачей светотехнического расчета?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №13

Расчет естественного освещения

Естественное освещение обеспечивается солнечными лучами и рассеянным светом небосвода. Оно биологически наиболее ценно, к нему максимально приспособлен глаз человека.

На величину естественного освещения оказывает влияние инсоляционный режим, который зависит от ориентации помещения по сторонам света. Под инсоляцией понимают освещение здания солнечными лучами и попадание прямых солнечных лучей через светопроемы в помещение. Инсоляционный режим оценивается продолжительностью инсоляции в течение суток, процентом инсолируемой площади помещения и количеством радиационного тепла, поступающего через проемы в помещение. Различают три типа инсоляционного режима: максимальный, умеренный и минимальный.

Для оценки естественного освещения в помещениях используют следующие показатели: световой коэффициент (СК); коэффициент заглубления; угол падения световых лучей; угол отверстия; коэффициент естественной освещенности (КЕО).

Световой коэффициент представляет собой отношение остекленной поверхности окон к площади пола. СК выражается дробью, числитель которой – единица, а знаменатель – частное от деления площади помещения на площадь поверхности стекол. В жилых комнатах этот коэффициент составляет не менее 1:8-1:10. Недостатком светового коэффициента является то, что он не учитывает вероятность затенения окон противостоящими зданиями, деревьями, форму окон, чистоту стекол, удаленность рабочих мест от окон.

Коэффициент заглубления – это отношение расстояния от пола до верхнего края окна к расстоянию до противоположной стены (глубина комнаты). Этот показатель должен быть не менее 1/1,5 – 1/2.

Угол падения характеризует угол, под которым падают из окна световые лучи на данную горизонтальную поверхность в помещении. Угол падения на рабочем месте должен быть не менее 27°. По мере удаления рабочего места от окна угол падения будет уменьшаться и, следовательно, освещенность станет хуже. Угол падения зависит также от высоты окна. Чем выше окно, тем угол падения больше.

Угол отверстия характеризует величину участка небосвода, свет от которого падает на рабочее место и непосредственно освещает рабочую поверхность. Угол отверстия не должен быть менее 5°. Чем больше участок неба, видимый из окна, тем больше угол отверстия, тем лучше освещение.

Основным нормативным показателем степени достаточности естественного освещения служит *коэффициент естественной освещенности (КЕО)* - отношение горизонтальной естественной освещенности в наиболее удаленной от окон точке помещения к единовременной освещенности под открытым небосводом на том же горизонтальном уровне в условиях рассеянного света, выраженное в процентах.

Практическое задание. Рассчитать площадь световых проемов в цехе для обеспечения нормированного значения коэффициента естественного освещения (КЕО). Для расчета естественного освещения принять боковое расположение световых проемов. Исходные данные для расчета принять по варианту (табл. 1).

Таблица 1. Варианты исходных данных

№	Параметры для расчета

вари анта	Размеры цеха, м			Высота от уровня условной рабочей поверхности до верха окна, м	Разряд зри-тельной работы	Населенный пункт нахождения цеха	Ориен-тация окон
	длина	ширин а	высо та				
1	24	12,3	3,6	2,5	IVа	Москва	С
2	12	6,3	3,7	2,4	IIIв	Пенза	СВ
3	12	6,3	3,8	2,3	IIIб	Хабаровск	З
4	24	12,5	3,9	2,7	IVв	Амурская обл.	В
5	18	12,3	4,0	2,6	Vг	Дагестан	СЗ
6	24	12,2	4,1	2,8	IVб	Мурманск	Ю
7	24	12,3	4,2	2,7	IIIг	Красноярск	ЮЗ
8	12	6,5	4,3	2,2	IIIв	Самара	Ю
9	12	6,3	4,4	2,1	IVг	Кемеровская обл.	С
10	36	12,3	4,5	2,9	VIа	Липецк	З
11	18	6,3	5,0	2,3	VIIб	Чеченская Респ.	СЗ
12	6	5,4	5,1	2,0	IIIв	Калмыцкая Респ.	СЗ
13	24	5,4	5,2	2,2	Vб	Приморский край	Ю
14	12	6,3	5,3	2,3	IVв	Респ. Бурятия	ЮВ
15	6	4,8	5,4	2,1	IVг	Оренбург	СВ
16	6	5,0	5,5	2,0	IIIб	Брянск	В
17	36	12,3	6,0	2,8	VIб	С-Петербург	З
18	24	5,4	6,1	2,6	VIIа	Пермь	ЮВ
19	12	6,3	6,2	2,3	Vв	Рязань	З
20	18	12,3	6,3	2,5	IIIг	Магадан	СВ

Контрольные вопросы:

1. Чем обеспечивается естественное освещение?
2. Что такое инсоляция? Какие существуют типы инсоляционных режимов?
3. Что представляет собой световой коэффициент?
4. Что такое коэффициент заглубления?
5. Что характеризуют угол падения, угол отверстия? Их величины.
6. Что такое КЕО?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №14

«Анализ производственного травматизма»

Анализ производственного травматизма является одним из инструментов управления охраной труда. Критериями состояния охраны труда являются:

1. Показатель частоты травматизма Кч . Характеризует число несчастных случаев, приходящихся на 1000 работающих за определенный период времени (обычно за год)

$$\mathbf{К_ч = 1000Т/С}$$

2. Показатель тяжести травматизма Кт. Характеризует среднюю длительность нетрудоспособности, приходящуюся на один несчастный случай

$$К_т = Д/Т$$

3. Показатель нетрудоспособности Кн. Комплексно учитывает частоту и тяжесть травм

$$К_н = К_ч К_т = 1000Д/С$$

4. Показатель частоты несчастных случаев с летальным исходом Кл. Характеризует уровень принудительной смертности на производстве, приходящийся на 1000 работающих

$$К_л = 1000N_л/С$$

В указанных формулах **Т**-численность травмированных людей, **С**-среднесписочное число работающих, **Д**-суммарное число дней нетрудоспособности по всем несчастным случаям, **Nл**-число летальных исходов в результате несчастных случаев на производстве.

Задача №1. Два механических цеха машиностроительного предприятия сравнить по критериям состояния охраны труда и сделать вывод. Предложить мероприятия по снижению значений критерий состояния охраны труда. Назначить ответственность работодателю за нарушение требований по безопасности труда. Ответить на поставленные вопросы

Цех №1. Количество работающих: январь-апрель – по 810 человек, май-808 человек, июнь-август-по 812 человек, сентябрь-816 человек, октябрь-800 человек, ноябрь-декабрь - по 810 человек. За 12 рабочих месяцев в цехе было травмировано 20 человек. Из них два смертельных случая в октябре по вине работодателя. Количество дней нетрудоспособности по месяцам: январь-15, февраль-3, март-14, апрель- 5, май-24, июнь-9, июль-6, август- 18, сентябрь-10, октябрь-6, ноябрь-декабрь-по14 дней.

Цех №2 Количество работающих: январь-апрель – по 1100 человек, май-июнь-август-по 1090 человек, сентябрь-1082 человека, октябрь-ноябрь-декабрь - по 1090 человек. За 12 рабочих месяцев в цехе было травмировано 15 человек. Из них два смертельных случая в апреле. В сентябре один несчастный случай без смертельного исхода произошел по вине работодателя. Количество дней нетрудоспособности по месяцам: январь-20, февраль-3, март-10, апрель- 7, май-20, июнь-9, июль-6, август- 10, сентябрь-18, октябрь-6, ноябрь-декабрь-по12 дней.

Задача №2. Два механических цеха машиностроительного предприятия сравнить по критериям состояния охраны труда и сделать вывод. Предложить мероприятия по снижению значений критерий

состояния охраны труда. Назначить ответственность работодателю за нарушение требований по безопасности труда. Ответить на поставленные вопросы

Цех №1. Количество работающих: январь-март – по 600 человек, апрель-май- по608 человек, июнь-июль -по 602 человек, август-сентябрь- по 616 человек, октябрь-600 человек, ноябрь-декабрь - по

610 человек. За 12 рабочих месяцев в цехе было травмировано 25 человек. Из них три смертельных случая в ноябре по вине работодателя. Количество дней нетрудоспособности по месяцам: январь-13, февраль-6, март-14, апрель- 5, май-14, июнь-19, июль-6, август- 8, сентябрь-10, октябрь-6, ноябрь-декабрь-по16 дней.

Цех №2 Количество работающих: январь-апрель – по 580 человек, май-июнь-август-по 570 человек, сентябрь-572 человека, октябрь-ноябрь-декабрь - по 570 человек. За 12 рабочих месяцев в цехе было травмировано 15 человек. Из них два смертельных случая в апреле. В октябре один несчастный случай без смертельного исхода произошел по вине работодателя. Количество дней нетрудоспособности по месяцам: январь-18, февраль-5, март-10, апрель- 9, май-15, июнь-9, июль-6, август- 12, сентябрь-16, октябрь-5, ноябрь-декабрь-по12 дней.

Порядок выполнения работы

1. Заполнить таблицу, изучив теорию

Таблица 1- Критерии состояния охраны труда

Номер цеха	Т, чел.	С, чел.	Д, дн.	Nл, шт.
№1				
№2				

$C=(C_1+C_2+\ldots+C_{12})/12$ $Д=(Д_1+Д_2+\ldots+Д_{12})/12$

Примечание. Полученное значение округлить до целого значения в большую сторону

2. Определить критерии состояния охраны труда для цеха №1 и цеха №2
3. Сравнить критерии состояния охраны труда, сделать вывод.
4. Предложить мероприятия по снижению значений критерий состояния охраны труда
5. Заполнить таблицу (поставить галочку в клетке), изучив теорию

Таблица 2- Вид ответственности работодателя

Номер цеха	Ответственность работодателя			
	Дисциплинарная	Административная	Материальная	Уголовная
№1				
№2				

6.Ответить на вопросы:

В каком случае возникает материальная ответственность?

В чем выражается дисциплинарная ответственность?

Кто имеет право привлекать к административной ответственности?

В каком случае возникает уголовная ответственность?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №15

«Расчет звукоизолированной кабины»

Наиболее простое и эффективное средство защиты от шума технологического оборудования в производственных помещениях - устройство звукоизолирующих кабин, полностью отгораживающих работающих от шумных агрегатов. Наиболее часто звукоизолирующие кабины применяют для расположения в них пультов дистанционного управления или рабочих мест в шумных цехах. Звукоизолирующие кабины широко применяют в химической, металлургической, машиностроительной и других отраслях промышленности, а также в машинных залах электростанций и в компрессорных станциях. При применении звукоизолирующих кабин следует учитывать СП 51.13330.2011 (9.22-9.24).

Преимущество применения звукоизолирующих кабин - возможность обеспечения практически любого требуемого снижения шума на рабочих местах.

Кроме этого, кабины могут быть сборными, изготовленными из стали, дюралюминия, пластика, фанеры и других листовых материалов на специальных предприятиях-изготовителях и собираться на месте установки в цехе.

Внутренний объем кабины должен составлять не менее 15 $м^3$ на одного человека. Высота кабины (внутри) – не менее 2,5 м. Кабина должна быть оборудована системой вентиляции или кондиционирования воздуха с необходимыми глушителями шума. Внутренние поверхности кабины должны быть на 50–70 % облицованы звукопоглощающими материалами.

Кабины должны обеспечивать удобное расположение рабочих мест и необходимый обзор цеха. Для этого они могут быть приподняты над полом или установлены на антресолях, с наклонным остеклением.

Звукоизолирующие кабины следует устанавливать на резиновых виброизоляторах, не допуская передачи вибраций на ограждающие конструкции кабин. Узлы крепления ограждающих элементов к каркасу кабины и друг к другу должны гарантировать плотность, герметичность и простоту монтажа этих элементов и всех соединений. Для пропускания технологических коммуникаций из цеха в кабину следует проектировать специальные звукоизолированные проемы, отверстия или коллекторы, обеспечивающие требуемую звукоизоляции ограждений, через которые приходят эти коммуникации.

Оконные проемы следует делать минимальными и заполнять толстыми зеркальными стеклами или

пластинами, например из плексигласа (органическое стекло). По периметру окон должны быть предусмотрены герметичные резиновые прокладки.

При применении двойного остекления между стеклами должна быть сделана звукопоглощающая облицовка по периметру окон.

Конструкцией дверей должна быть обеспечена легкость и простота их закрывания и открывания, плотность и герметичность притворов по всему ее периметру. При высокой требуемой звукоизоляции двери следует выполнять двойными.

Отопление и вентиляция кабины могут быть индивидуальными или от общей цеховой сети, но в обоих случаях необходимо предусматривать устройство глушителей шума со стороны выхода и входа воздуха. При установке в кабине местного вентилятора необходимо предусматривать не только устройство глушителя, но и виброизоляцию вентилятора от ограждающих конструкций кабины, а при необходимости - и кожух, изолирующий вентилятор.

Изнутри кабина, как правило, должна быть облицована звукопоглощающими конструкциями, изготовленными из материалов с максимальными коэффициентами звукопоглощения в октавных полосах 250-2000 Гц.

Указания к расчету

Одним из наиболее эффективных вариантов борьбы с шумом является изоляция работающих от источника шума. Это возможно в тех случаях, когда пульты управления могут быть удалены от оборудования и заключены в звукоизолирующую кабину со смотровым стеклом, с пультом управления и средствами автоматики.

Требуемую звукоизолирующую способность кабины определяют по формуле:

$$R_{тр\,каб} = L + 10 \cdot \lg \frac{S}{B_k} - L_{доп} \qquad (1)$$

Где L – уровни шума в расчетной точке до установки кабины, дБ;

S – площадь ограждений, через которые шум проникает из шумного помещения (суммарная площадь ограждающих поверхностей кабины, за исключением пола), м^2: $S = a \cdot b + 2b \cdot h + 2a \cdot h$

где a – длина кабины, м; b – ширина кабины, м; h – высота кабины, м

B_k – постоянная помещения кабины (м2), определяется по формуле: $B = B_{1000} \cdot \mu$

Где B_{1000} – постоянная помещения в м^2 на среднегеометрической частоте 1000 Гц, определяемая по табл. 1, в зависимости от объема V в м^3 и типа помещения;

μ - частотный множитель, определяемый по табл. 2.

$L_{доп}$ – допустимые значения уровней звукового давления в кабине в соответствии с требованием ГОСТ 12.1.003-83.

Реальную конструкцию ограждения кабины выбирают таким образом, чтобы ее звукоизолирующая способность $R_{каб}$ в каждой октавной полосе была выше требуемой, то есть $R_{каб} \geq R_{тр}$.

Уровень шума в кабине определяется из выражения: $L_{каб} = L - R_{каб}$

Где L – уровень шума в расчетной точке до установки кабины, дБ;

R – звукоизолирующая способность конструкции кабины, дБ.

Пример

Подобрать конструкцию звукоизолирующей кабины наблюдения и дистанционного управления в производственном помещении, обеспечивающую внутри нее выполнение нормативных требований ГОСТ 12.1.003-83. Уровни шума в производственном помещении в октавных полосах частот приведены в 1-ой строке табл. 4. Размеры кабины принимаем 5,2 × 3 × 2,5 м. V = 39м^3.

Для заданного объема кабины по табл. 1 и 2 находим значения постоянной помещения в каждой октавной полосе частот и записываем во 2-ой строке табл. 4. По формуле (1) рассчитываем требуемую звукоизолирующую способность кабины (7-ая строка табл. 4). Из табл. 3 выбираем строительный материал для кабины (8-ая строка табл. 4). Сравнение строк 7 и 8 табл. 4 показывает выполнение нормативных требований $R_{каб} \geq R_{тр}$.

После чего считаем уровень шума в кабине и делаем вывод.

Таблица 1. Постоянная помещения B_{1000} , м2, на среднегеометрической частоте 1000 Гц

Тип помещения	Описание и назначение помещения	B_{1000}, м^2
1	С небольшим количеством людей (металлообрабатывающие цехи, генераторные, щитовые, электромеханические мастерские, вентиляционные помещения, залы буммашин)	V / 20
2	С жесткой мебелью и большим количеством людей или с небольшим количеством людей и мягкой мебелью (кабинеты, лаборатории, здравпункты, комнаты мастеров и начальников цехов, цехи вспомогательного оборудования)	V / 10
3	С большим количеством людей и мягкой мебелью (рабочие комнаты заводоуправлений, конструкторские и лабораторно-конструкторские залы,	V / 6

	вычислительные центры и т.п.)	
4	Помещения со звукопоглощающей облицовкой потолка и части стен	V / 1,5

Таблица 2. Частный множитель

Объем помещения, V, м^3	при среднегеометрических частотах октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
V < 200,0	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5
V = 200 ÷ 1000	0,65	0,62	0,64	0,75	1	1,5	2,4	4,2
V > 1000	0,5	0,5	0,55	0,7	1	1,6	3	6

Таблица 3. Звукоизолирующая способность стен и перегородок акустических конструкций, дБ

№ п/п	Материал конструкции	Толщина	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	Кирпичная кладка	1 кирпич	36	41	44	51	58	64	65	65
2	Кирпичная кладка	2 кирпича	45	45	52	59	65	70	70	70
3	Железобетонная плита	50 мм	28	34	35	35	41	48	55	55
4	Железобетонная плита	100 мм	34	40	40	44	50	55	60	70
5	Железобетонная плита	400 мм	45	48	55	61	68	70	70	70
6	Железобетонная плита	800 мм	48	55	61	68	70	70	70	70
7	Гипсобетонная плита	80 мм	20	28	33	37	39	44	44	42
8	Шлакобетонная панель	250 мм	20	30	45	52	59	64	64	62
9	Стекло	7 мм	-	22	22	29	34	28	39	-
10	Стеклопластик	3 мм	9	13	17	21	25	29	31	32
11	Стеклопластик	5 мм	12	16	20	24	28	31	31	34
12	Стеклопластик	10 мм	17	21	25	28	31	31	34	38
13	Двойной остекленный витраж	Стекло7мм; просл100мм об.толщ:114мм	-	29	37	41	50	45	54	-

Контрольные вопросы:

1. Что располагают с звукоизолирующих кабинах?
2. На каких отраслях промышленности применяют звукоизолирующие кабины?
3. Из каких материалов изготавливают звукоизолирующие кабины?
4. Какие внутренние размеры должны быть в кабине? Чем она должна быть оборудована?
5. На чём следует устанавливать звукоизолирующие кабины?
6. Требования к конструкциям внутри кабины?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №16

«Расследование несчастного случая на производстве и оформление документации»

Для разработки мероприятий по профилактике травматизма, своевременного и правильного выявления причин несчастных случаев на производстве необходимы их своевременные расследования и учет.

Порядок расследования несчастных случаев на производстве *(далее несчастных случаев)* установлен в статьях 227-231 Трудового кодекса РФ в редакции, вступившей в силу с 6 октября 2006 года, и в «Положении об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и

организациях», утвержденном постановлением Минтруда РФ от 24 октября 2002 года № 73.

Этот порядок обязателен для всех организаций и лиц, занимающихся предпринимательской деятельностью.

В соответствии с этим положением расследуются и подлежат учету все несчастные случаи на производстве, повлекшие за собой необходимость перевода работника на другую работу, временную или стойкую утрату трудоспособности либо его смерть, если они произошли:

- в течение рабочего времени на территории организации или вне ее (включая установленные перерывы), а также во время, необходимое для приведения в порядок орудий труда, одежды, рабочего места и т.д. перед началом работы или по окончании работы, а также при выполнении работ в сверхурочное время, выходные или праздничные дни;
- при следовании к месту работы или с работы на предоставленном работодателем транспорте либо на личном транспорте при наличии договора о его использовании в производственных целях;
- при следовании к месту командировки и обратно;
- при следовании на транспортном средстве в качестве сменщика во время междусменного отдыха (водитель сменщик на автотранспортном средстве, механик рефрижераторной секции, проводник в поезде и т.д.);
- при работе вахтово-экспедиционным методом во время междусменного отдыха, а также при нахождении на судне в свободное от вахты и судовых работ время;
- при привлечении работника в установленном порядке к участию в ликвидации последствий катастрофы, аварии и других чрезвычайных происшествий техногенного и природного характера;
- при осуществлении не входящих в трудовые обязанности работника действий, но совершаемых в интересах работодателя или направленных на предотвращение аварии или несчастного случая.

Несчастный случай на производстве является страховым случаем, если он произошел с работником, подлежащим обязательному социальному страхованию от несчастных случаев. Поэтому работодатель обязан в течение суток сообщить о несчастном случае в исполнительный орган социального страхования (по месту регистрации в качестве страхователя).

Для расследования несчастного случая на производстве в организации работодатель незамедлительно создает комиссию в составе не менее 3 человек.

В составе комиссии включаются специалист по охране труда, представители работодателя, профсоюзного или иного уполномоченного работниками представительного органа. Комиссию возглавляет работодатель или уполномоченное им лицо. Состав комиссии утверждается приказом работодателя. Руководитель, непосредственно отвечающий за безопасность труда на участке, где произошел несчастный случай, в состав комиссии не включается.

Каждый работник имеет право на личное участие в расследовании происшедшего с ним несчастного случая.

Для расследования тяжелого группового несчастного случая, несчастного случая на производстве со смертельным исходом в комиссию в комиссию кроме вышеуказанных лиц включается государственный инспектор по охране труда, представители органа исполнительной власти субъекта РФ или органа местного самоуправления (по согласованию), представитель территориального объединения профсоюзов. Работодатель образует комиссию и утверждает ее состав, возглавляет комиссию государственный инспектор по охране труда.

По требованию пострадавшего, а в случае его смерти, по требованию его родственников в расследовании несчастного случая может принимать участие его доверенное лицо. Если доверенное лицо не участвует в расследовании, работодатель или председатель комиссии обязаны по требованию доверенного лица ознакомить его с материалами расследования.

Порядок расследования несчастных случаев

Расследование обстоятельств и причин несчастного случая на производстве (который не является групповым и не относится к категории тяжелых или со смертельным исходом) проводится комиссией в течение 3 дней.

Расследование группового несчастного случая на производстве или тяжелого несчастного случая на производстве со смертельным исходом проводится комиссией в течение 15 дней.

Несчастный случай на производстве, о котором не было своевременно сообщено работодателю или в результате которого нетрудоспособность наступила не сразу, расследуется комиссией по заявлению пострадавшего или его доверенного лица в течение месяца со дня поступления указанного заявления.

В каждом случае расследования комиссия выявляет и опрашивает очевидцев происшествия несчастного случая, лиц, допустивших нарушения нормативных требований по охране труда, получает необходимую информацию от работодателя и по возможности объяснения пострадавшего.

На основании собранных данных и материалов комиссия устанавливает обстоятельства и причины несчастного случая, определяет, был ли пострадавший в момент несчастного случая связан с производственной деятельностью организации или индивидуального предпринимателя и объяснялось ли его нахождение в месте происшествия исполнением им трудовых обязанностей. На основе этих данных комиссия квалифицирует несчастный случай, как несчастный случай на производстве или несчастный случай, не

связанный с производством, определяет лиц, допустивших нарушения требований безопасности и охраны труда, законодательных и иных нормативных правовых актов, и меры по устранению причин и предупреждению несчастных случаев на производстве.

Порядок оформления акта по форме Н-1

По каждому случаю на производстве, вызвавшему необходимость перевода работника в соответствии с медицинским заключением на другую работу, потерю трудоспособности работником на срок не менее одного дня либо его смерть, оформляется акт о несчастном случае на производстве по форме Н-1.

При групповом несчастном случае на производстве акт по форме Н-1 составляется на каждого пострадавшего отдельно.

Акт по форме Н-1 подписывается членами комиссии, утверждается работодателем и заверяется печатью.

Работодатель в 3-дневный срок после утверждения акта по форме Н-1 обязан выдать один экземпляр указанного акта пострадавшему, а при несчастном случае на производстве со смертельным исходом родственникам погибшего либо его доверенному лицу.

Экземпляр акта вместе с материалами расследования несчастного случая на производстве хранится в течение 45 лет в организации по основному месту работы или учебы пострадавшего на момент несчастного случая на производстве.

Задание:

1 Рассмотреть функции комиссии по расследованию и оформлению несчастного случая.

2 Рассмотреть обязанности руководителя производственного подразделения, где произошел несчастный случай.

3 Оформить документацию: объяснительные записки от пострадавшего, свидетелей и руководителя производственного участка; оформить акт по форме Н-1.

Варианты заданий даны в Приложении 1.

Контрольные вопросы

1 Что такое травма, профзаболевание?

2 Перечислите виды инструктажей.

3 Кто ведет расследование несчастного случая на производстве?

4 Опишите порядок расследования несчастных случаев.

5 Что должно быть указано в акте формы Н-1?

6 Какие несчастные случаи расследуются и подлежат учету?

7В течение, какого времени комиссия должна составлять акт по форме Н-1?

8 Кто не может быть включен в состав комиссии по расследованию несчастного случая?

9 Какие несчастные случаи считаются производственными?

10 Назовите время и периодичность проведения инструктажей.

11 Какие существуют виды ответственности должностных лиц за нарушение требований по безопасности труда?

12 В чем состоит экономический ущерб от производственного травматизма?

13 В каких случаях проводится внеплановый инструктаж?

14 Каков порядок регистрации инструктажей?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №17

«Расчёт потребного воздухообмена при общеобменной вентиляции»

Воздухообмен - это непосредственно процесс замещения воздушного объема во внутренних пространствах того или иного здания. Воздухообмен один из количественных параметров, характеризующих работу системы вентиляции воздуха в закрытых помещениях. Правильная организация воздухообмена в производственных и жилых помещениях - одна из главных целей проектирования и создания современных систем вентиляции и кондиционирования воздуха.

Расчет кратности воздухообмена осуществляется на основе необходимого притока воздуха, достаточного для ассимиляции излишней влаги и тепловой энергии, содержащихся в атмосфере помещения. Для точного расчета необходимых воздухопритоков существуют рекомендованные государственными органами нормы воздухообмена.

Для качественной оценки эффективности воздухообмена принимают понятие *кратности воздухообмена К* – отношение объёма воздуха, поступающего в помещение в единицу времени L ($м^3/ч$), к свободному объёму вентилируемого помещения V_c ($м^3$). При правильной организации вентиляции кратность воздухообмена должна быть значительно больше единицы.

Кратность воздухообмена с точки зрения измеряемого показателя - это величина, значение которой показывает, сколько раз в течение шестидесяти минут воздух в помещении полностью заменяется на новый. Нормы расчета кратности воздухообмена в системах вентиляции напрямую зависят от предназначения каждого конкретного помещения. Так, кратность воздухообмена в цеху на горячем производстве будет значительно отличаться от этого показателя в научной лаборатории.

Вентиляцией называется организованный регулируемый воздухообмен, обеспечивающий удаление из помещения загрязнённого воздуха и подачу на его место свежего. В зависимости от способа движения воздуха вентиляция может быть естественная и механическая.

Естественная – вентиляция, перемещение воздушных масс в которой осуществляется благодаря возникающей разности давлений снаружи и внутри здания.

Механическая– вентиляция, с помощью которой воздух подаётся в производственное помещение или удаляется из него по системе вентиляционных каналов за счёт работы вентилятора. Она позволяет поддерживать в рабочих помещениях постоянную температуру и влажность.

В зависимости от требований производства и санитарно-гигиенических правил приточный воздух можно нагреть, охладить, увлажнить, а удаляемый из помещений воздух очистить от пыли и газа. Обычно объём воздуха $L_{пр}$, подаваемого в помещение при общеобменной вентиляции, равен объёму воздуха $L_в$, удаляемого из помещения.

Существенное влияние на параметры воздушной среды в рабочей зоне оказывают правильная организация и устройство приточных и вытяжных систем.

Методика расчёта потребного воздухообмена при общеобменной вентиляции.

При общеобменной вентиляции потребный воздухообмен определяется из условий отвода избыточного тепла, удаления избыточной влаги, удаления ядовитых и вредных газов, а также пыли.

При нормальном микроклимате и отсутствии вредных выделений количество воздуха при общеобменной вентиляции принимают в зависимости от объёма помещения, приходящегося на одного работающего. Отсутствием вредных выделений считается такое их количеств в технологическом оборудовании, при одновременном выделении которых в воздухе помещения концентрация вредных веществ не превысит предельно допустимую.

Если в производственном помещении объём воздуха на каждого работающего составляет Vпр i< 20м^3, то расход воздуха Li должен быть не менее 30м^3 на каждого работающего. Если Vпр i= 20 …40м^3, то Li≥ 20м^3/ ч. В помещениях с Vпр i > 40м^3 и при наличии естественной вентиляции воздухообмен не рассчитывают. При отсутствии естественной вентиляции расход воздуха на одного работающего должен быть не менее 60м^3/ ч.

1. Необходимый воздухообмен для всего производственного помещения в целом: $L_{пп} = n \cdot L_1$; (1)

где n – число работающих в данном помещении.

В данной практической работе рассчитаем потребную кратность воздухообмена для случаев отвода избыточного тепла и удаления вредных газов.

2. Необходимый воздухообмен для отвода избыточного тепла. $$L_1 = \frac{Q}{(t_{ух} - t_{пр}) \cdot \rho \cdot c} \ , \qquad (2)$$

где L_1– воздухообмен, необходимый для отвода избыточного тепла (м^3/ ч);

Q – избыточное количество тепла, (кДж / ч);

с – теплоёмкость воздуха, (Дж / (кг $\cdot^0$ С), с = 1кДж/кг·К;

ρ – плотность воздуха, (кг / м^3); $\rho = 353/273+t_{пр}$, (3)

где $t_{пр}$– температура приточного воздуха, (^{0}С); Она зависит от географического расположения завода. Принимается равной 22,3^{0}С.

$t_{ух}$ – температура воздуха, уходящего из помещения, принимается равной температуре воздуха в рабочей зоне, (^{0}С), которая принимается на 3–5 ^{0}С выше расчётной температуры наружного воздуха.

Избыточное количество тепла, подлежащего удалению из производственного помещения, определяется по тепловому балансу:

$Q=\Sigma Q_{пр} - \Sigma Q_{расх}$; (4)

Где $\Sigma Q_{пр}$ – тепло, поступающее в помещение от различных источников, (кДж/ч);

$\Sigma Q_{расх}$ – тепло, расходуемое стенами здания и уходящие с нагретыми материалами, (кДж/ч), рассчитывается согласно методики, изложенной в СниП 2.04.05 – 86.

Так как перепад температур воздуха внутри здания и снаружи в тёплый период года небольшой (3–5 ^{0}C), то при расчёте воздухообмена по избытку тепловыделений, потери тепла через конструкции зданий можно не учитывать.

Для упрощения расчётов в данной практической работе избыточное количество тепла определяется только с учётом тепловыделений электрооборудования и работающего персонала.

Таким образом: $Q = \Sigma Q_{пр}$; (5) $\Sigma Q_{пр} = Q_{э.о.} + Q_р$; (6)

Где $Q_{э.о.}$ – тепло, выделяемое при работе оборудования с приводом от электродвигателей, (кДж / ч);

$Q_р$ – тепло, выделяемое работающим персоналом, (кДж / ч).

$$Q_{эо} = 3528 \cdot \beta \cdot N \ , \qquad (7)$$

где β – коэффициент, учитывающий загрузку оборудования, одновременность его работы, режим работы. Принимается равным 0,25 … 0,35; N – общая установочная мощность электродвигателей, (кВт);

$Q_р$ – определяется по формуле: $Q_р = n \cdot q_р$ (8)

где n – число работающего персонала, (чел);

$q_р$ – тепло, выделяемое одним человеком, (кДж / ч); 300 кДж / ч – при лёгкой работе; 400 кДж /ч – при работе ср. тяжести;

500 кДж / ч – при тяжёлой работе.

3. Необходимый воздухообмен для поддержания концентрации вредных веществ в заданных пределах.

При работе вентиляции, когда существует равенство масс приточного и удаляемого воздуха можно принять, что вредные вещества не накапливаются в производственном помещении. Следовательно, концентрация вредных веществ в удаляемом из помещения воздухе $q_{уд}$ не должна превышать ПДК.

Расход приточного воздуха, м^{3}ч, необходимый для поддержания концентрации вредных веществ в заданных пределах рассчитывается по формуле: $L_2 = G / (q_{уд} - q_{пр})$, (9)

где *G*– количество выделяемых вредных веществ, мг/ч, $q_{уд}$ – концентрация вредных веществ в удаляемом воздухе, которая не должна превышать предельно допустимую, мг/м^3, т.е. $q_{уд} \le q_{пдк}$; $q_{пр}$– концентрация вредных веществ в приточном воздухе, мг/м^3. Концентрация вредных веществ в приточном воздухе не должна превышать 30% ПДК, т.е. $q_{пр} \le 0{,}3 q_{уд.}$

4. Определение потребной кратности воздухообмена.

Величина, показывающая во сколько раз потребный воздухообмен больше объёма воздуха, находящегося в производственном помещении (определяющая кратность смены воздуха), называется потребной кратностью воздухообмена. Она вычисляется по формуле: $K = L / V_с$; (10)

где К – потребная кратность воздухообмена, 1/час;

L – потребный воздухообмен, (м^3/ч).

Определяется сравнением величин L1 и L_2 и выбором наибольшей из них;

$V_с$ – внутренний свободный объём помещения, (м^3).

Он определяется, как разность между объёмом помещения и объёмом, занимаемым производственным оборудованием. Если свободный объём помещения определить невозможно, то его допускается принимать условно равным 80% геометрического объёма помещения.

Кратность воздухообмена производственных помещений обычно составляет от 1 до 10 (большие значения для помещений со значительными выделениями теплоты, вредных веществ или небольших по объему). Для цехов литейных, кузнечно-прессовых, термических, сварочных производств кратность воздухообмена составляет 5-10, для цехов машиностроения и приборостроения – 1-3.

ЗКонтрольные вопросы:

1. Что такое воздухообмен?
2. Что такое кратность воздухообмена?
3. Что такое кратность воздухообмена с точки зрения измеряемого показателя?
4. Что такое вентиляция? Какой она может быть?
6. Как определяется потребный воздухообмен при общеобменной вентиляции?
7. Каким должен быть расход воздуха на одного работающего?

Практическая работа № 18
«Оформление наряда-допуска к работам на электрифицированном участках»

Задание: Произвести оформление наряда-допуска к работам на электрифицированном участке по вариантам. Студент выбирает в соответствии с номером положения фамилии в учебном журнале вариант своей работы: 1 вариант - нечетный номер, 2 вариант – четный. 1 вариант - заполните бланк наряда-допуска ясно, конкретно и четко, в соответствии с порядком заполнения (Приложение 2). Опираясь на раздел I "Наряд", II"Допуск". Исправления текста не допускаются; 2 вариант - заполните журнал учета выдачи нарядов-допусков на производство работ повышенной опасности или совмещенных работ (Приложение 3). Письменно ответить на контрольные вопросы и сделать вывод о проделанной работе.

Порядок оформления и выдачи нарядов-допусков

1. Наряд-допуск выдается на срок, необходимый для выполнения заданного объема работ.

В случае невыполнения работы в указанное в наряде-допуске время или изменения условий производства работ работы прекращаются, наряд-допуск закрывается, возобновление работ разрешается только после выдачи нового наряда-допуска.

2. На каждую бригаду (звено), участвующую в производстве работ повышенной опасности, наряд-допуск должен оформляться в 2 экземплярах (один находится у лица, выдавшего наряд-допуск, другой выдается ответственному руководителю работ).

Бланк наряда-допуска должен быть заполнен ясно, конкретно и четко, в соответствии с порядком заполнения (Приложение 2). Исправления текста не допускаются.

3.При выполнении работ на территории действующего предприятия лицо, выдающее наряд-допуск от организации, учитывая имеющиеся или могущие возникнуть опасности (постоянно и потенциально опасные производственные факторы), а также в соответствии с определенными актом-допуском мероприятиями, выписывает наряд-допуск в 3 экземплярах (третий экземпляр выдается ответственному лицу действующего предприятия), согласовав меры безопасности и порядок производства работ с ответственным лицом действующего предприятия (цеха, участка).

4. Для выполнения работ в охранной зоне линии электропередачи, связи, других инженерных коммуникаций организация обязана подать заявку предприятию, эксплуатирующему эти сооружения, с указанием вида, характера, места, времени начала и окончания работ, а также список ответственных руководителей, ответственных исполнителей работ и лиц, имеющих право выдачи нарядов-допусков, с указанием фамилий, инициалов, должностей и групп по электробезопасности и получить письменное разрешение на право производства работ.

5. Наряд-допуск на производство работ в охранной зоне воздушной линии электропередачи, связи, других инженерных коммуникаций должен быть утвержден руководителем (главным инженером, техническим директором) организации и подписан лицом, ответственным за эксплуатацию линии со стороны владельца.

В подразделениях, выполняющих указанные работы и расположенных на расстоянии более 50 км от своих организаций, наряд-допуск утверждает руководитель подразделения или другой ответственный руководитель (специалист), прошедший соответствующее обучение и уполномоченный на это приказом по организации.

6. Количество нарядов-допусков, выдаваемых одновременно одному ответственному руководителю работ, определяется лицом, выдающим наряд-допуск, исходя из физической возможности выполнения ответственным руководителем своих обязанностей.

При этом у ответственного руководителя работ не должно быть более трех незакрытых нарядов-допусков одновременно.

7. Ответственному исполнителю работ может быть выдан только один наряд-допуск.

8. По окончании смены, а также при перерывах в работе на праздничные дни и дни отдыха ответственный исполнитель работ обязан передать наряд-допуск ответственному руководителю работ на хранение.

При возобновлении работ ответственный руководитель обязан лично убедиться в том, что условия их производства не изменились, и только после этого возвратить наряд-допуск ответственному исполнителю работ. Возобновление работ без наряда-допуска запрещается.

9. Срок хранения закрытого наряда-допуска - 30 дней.

10. Выдача и возврат нарядов-допусков регистрируются в журнале учета выдачи нарядов-допусков на производство работ повышенной опасности или совмещенных работ (Приложение 3). Журнал должен быть пронумерован, прошнурован и скреплен печатью организации.

Журналы, чистые бланки и закрытые наряды-допуски должны храниться у лица, выдающего их.

Срок хранения журнала - 6 мес. с момента последней записи.

11. Ответственный руководитель работ не имеет права принимать наряд-допуск, осуществлять допуск бригады (звена) к работе если характер и условия работ, меры безопасности не отражены в наряде-допуске в требуемом объеме или не соответствуют правилам безопасности. За отказ принять наряд-допуск и осуществить допуск персонала в указанных случаях он ответственности не несет.

Ответственный исполнитель работ не имеет права получать наряд-допуск и начинать работу бригады (звена), если характер и условия работ, меры безопасности не соответствуют действующим правилам и инструкциям по безопасности труда или не отражены в наряде-допуске в требуемом объеме. За отказ получить наряд-допуск и приступить к работе он ответственности не несет.

Примечание. Наряд-допуск оформляется в двух экземплярах (1-й находится у лица, выдавшего наряд, 2-й - у ответственного руководителя работ).

При работах на территории действующего предприятия наряд-допуск оформляется в 3 экземплярах (3-й экземпляр выдается ответственному лицу действующего предприятия).

Порядок заполнения наряда-допуска (Приложение 3):

1. "Наряд"

Пункт 1. При наименовании работ следует избегать обобщенных названий и конкретно указывать вид работ, выполняемый по данному наряду-допуску. Члены бригады (звена) обязаны выполнять только указанную в наряде работу. При необходимости выполнить какие-либо дополнительные работы необходимо выписать другой наряд-допуск. Место работы указывается по конкретным, реально имеющимся на месте производства работ ориентирам. Нахождение в указанной зоне членов бригады разрешается только в присутствии ответственного исполнителя или, при его отсутствии, ответственного руководителя работ. При невозможности выполнения этого условия бригады из указанной опасной зоны должны быть выведены.

Пункт 2. Указываются материалы, инструменты, приспособления, оборудование и защитные средства, применяемые при выполнении указанных в п. 1 работ. При этом необходимо обратить особое внимание на материалы, инструменты, приспособления и оборудование, которые сами по себе могут стать источником опасности (горюче- и взрывоопасные материалы, электрифицированный, пневматический и пиротехнический инструмент, инструменты с острыми рабочими кромками, оборудование, имеющее открытые вращающиеся и движущиеся рабочие органы, и т.д.)

Пункт 3. При перечислении мероприятий, проводимых в целях безопасности работ, необходимо обратить особое внимание на мероприятия, предотвращающие воздействие на работников внешних, не связанных непосредственно с выполняемой работой опасностей, из-за которых данная работа отнесена к категории работ

повышенной опасности. К ним в первую очередь относятся установка защитных и сигнальных ограждений, экранов, средств сигнализации, устройство защитных покрытий и т.п. При выполнении работ на территории действующего предприятия в этот пункт необходимо внести мероприятия, указанные в акте-допуске.

Пункт 4. В особых условиях наряда-допуска указываются источники внешних опасных факторов и опасных факторов, которые могут появиться во время работы, а также их местонахождение. Здесь же указывается действующее оборудование, находящееся в зоне производства работ или вблизи нее.

Пункт 5. При указании времени начала и окончания работ необходимо учитывать, что работники могут находиться в зоне работ только в указанное время и только в присутствии ответственного исполнителя или руководителя работ.

Пункт 6. Наряд-допуск имеет право выписывать и выдавать только ответственный работник, назначенный приказом организации.

Пункт 7. Ответственный руководитель работ перед подписанием наряда-допуска должен ознакомиться с записями в наряде, имеющейся нормативной и технической документацией, оценить полноту мер по обеспечению безопасных условий работ и, при необходимости, уточнить и дополнить их.

Пункт 8. При выполнении работ на территории действующего предприятия лицо, выдающее наряд-допуск, вместе с ответственным руководителем работ согласовывает мероприятия по обеспечению безопасности труда и порядок производства работ с ответственным лицом действующего предприятия и получает его подпись. Если работа производится не на территории действующего предприятия, строка, отмеченная "*", не заполняется.

2. "Допуск"

Пункт 10. Перед началом работ ответственный руководитель работ, а при выполнении работ на территории действующего предприятия - его ответственное лицо проводит инструктаж членов бригады (звена), в котором, помимо мер безопасности по выполняемой работе, указывают меры безопасности по предотвращению травмирования от внешних опасных и вредных факторов, местонахождение источников опасности, проходы в зону производства работ и в самой зоне. Кроме того, рассказывается о порядке действия работников в аварийных и чрезвычайных ситуациях, разъясняется порядок производства работ. Рабочие знакомятся с необходимой нормативно-технической документацией, ППР, ТК. По окончании инструктажа ответственный руководитель работ опросом проводит проверку полноты усвоения материала, при необходимости поясняет некоторые мероприятия по организации и безопасному производству работ. Проведение целевого инструктажа подтверждается подписью в наряде-допуске.

Пункт 11. Фамилии и профессии рабочих, получивших инструктаж, четко, без исправлений записываются в соответствующую графу наряда-допуска. Каждый работник росписью подтверждает проведение инструктажа. Какие-либо исправления или дописки не допускаются.

Пункт 12. При выполнении работ на территории действующего предприятия ответственное лицо предприятия проверяет рабочее место, условия труда и выполнение мер безопасности, указанных в наряде-допуске, допускает рабочих на место работ и ставит свою подпись в наряде-допуске. Если работа производится не на территории действующего предприятия, строка, отмеченная звездочкой "*", не заполняется. Ответственный руководитель работ совместно с ответственным исполнителем работ проверяют состояние рабочего места, выполнение мер безопасности, устраняют выявленные недостатки и расписываются в наряде-допуске.

Пункт 13. Ответственный руководитель работ проставляет время и дату фактического начала работ и передает один экземпляр наряда-допуска ответственному исполнителю работ, другой - лицу, выдавшему наряд-допуск.

Пункт 14. По окончании работ ответственный исполнитель работ совместно с

ответственным руководителем работ (при выполнении работ на территории действующего предприятия в присутствии ответственного лица предприятия) проверяют выполнение работ, рабочее место, отсутствие посторонних предметов, материалов, инструментов и других факторов, наличие которых может создать аварийную ситуацию, проставляют время и дату фактического окончания работ и ставят свою подпись в наряде-допуске. Если работа производится не на территории действующего предприятия, строка, отмеченная "*", не заполняется. Ответственный исполнитель работ передает закрытый наряд-допуск ответственному руководителю работ. Ответственный руководитель проставляет дату закрытия наряда в журнале учета выдачи нарядов-допусков, ставит свою подпись и передает закрытый наряд-допуск лицу, ответственному за выдачу наряда-допуска.

Содержание отчета:

1. Оформить титульный лист в соответствии с СТП 1.2 – 2005.
2. В практической работе необходимо отразить следующее:

А) Название практической работы.

Б) Цель работы.

В) Задание.

Г) Выполненная работа в соответствии с заданием.

Д) Ответы на практические работы.

Е) Вывод.

Ж) Отчет необходимо оформить в папку.

Контрольные вопросы:

1.Что делается в случае невыполнения работы в указанное в наряде-допуске время или изменения условий производства работ.

2.В скольких экземплярах оформляется наряд-допуск и у кого они должны находиться перед началом работ.

3.Что обязана сделать организация перед выполнением работ в охранной зоне линии электропередачи, связи, других инженерных коммуникаций.

4.Кем должен быть утверждён наряд-допуск на производство работ в охранной зоне воздушной линии электропередачи, связи, других инженерных коммуникаций.

5.По каким причинам ответственный руководитель работ не имеет права принимать наряд-допуск, осуществлять допуск бригады (звена) к работе.

Приложение 2

ФОРМА НАРЯДА-ДОПУСКА
НА ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ ПОВЫШЕННОЙ ОПАСНОСТИ

_____

(наименование организации, предприятия)

Утверждено:
Гл. инженер _____

НАРЯД-ДОПУСК
на производство работ повышенной опасности

от "__" _____ 19__ г.

I. НАРЯД

1. Ответственному исполнителю работ _____
с бригадой в составе _____ человек произвести следующие работы:
_____
_____
(наименование работ, место проведения)
2. Для производства работ необходимы:
материалы _____;
инструменты _____;
защитные средства _____.
3. При подготовке и выполнении работ обеспечить следующие меры безопасности: _____
(перечисляются основные мероприятия и средства
_____
по обеспечению безопасности труда)
_____
_____
4. Особые условия _____
5. Начало работы в ___ ч ___ мин. _____ 19__ г.
Окончание работы в ___ ч ___ мин. _____ 19__ г.
Режим работы _____
(одно-, двух-, трехсменный)
6. Ответственным руководителем работ назначается
_____
(должность, Ф.И.О.)
7. Наряд-допуск выдал _____
(должность, Ф.И.О., подпись)
8. Наряд-допуск принял:
ответственный руководитель работ _____
(должность, Ф.И.О., подпись)
9. Мероприятия по обеспечению безопасности труда и порядок производства работ согласованы <*>: _____
(должность, Ф.И.О., подпись
_____
ответственного лица действующего предприятия (цеха, участка))

II. ДОПУСК

10. Инструктаж о мерах безопасности на рабочем месте в соответствии с инструкциями _____
_____
(наименование инструкции или краткое содержание инструктажа)
провели:
ответственный руководитель работ _____
(дата, подпись)
ответственное лицо действующего предприятия (цеха, участка) <*> __
_____
(дата, подпись)
11. Инструктаж прошли члены бригады:

Фамилия, имя, отчество	Профессия, разряд	Дата	Подпись прошедшего инструктаж

12. Рабочее место и условия труда проверены. Меры безопасности, указанные в наряде-допуске, обеспечены.
Разрешаю приступить к работам <*> _____
(должность, Ф.И.О.

_____
допускающего к работе - представителя действующего предприятия, дата и подпись)
Ответственный руководитель работ _____
(дата, подпись)
Ответственный исполнитель работ _____
(дата, подпись)
13. Работы начаты в ___ ч ___ мин. _____ 19__ г.
Ответственный руководитель работ _____
(дата, подпись)
14. Работы окончены, рабочие места проверены (материалы, инструменты, приспособления и т.п. убраны), люди выведены.
Наряд закрыт в ___ ч ___ мин. _____ 19__ г.
Ответственный исполнитель работ _____
(дата, подпись)
Ответственное лицо действующего предприятия <*> _____
(дата, подпись)

<*> Оформляется подписью только при выполнении строительно - монтажных работ на территории (в цехе, на участке) действующего предприятия.

Приложение 3

Журнал учета выдачи нарядов-допусков на производство работ повышенной опасности или совмещенных работ

Номер наряда-допуска. Дата выдачи	Наименование организации, получившей наряд-допуск, характер работ (повышенной опасности или совмещенные	Сроки выполнения работ по наряду-допуску		Фамилия, инициалы и подпись лица, выдавшего наряд-допуск	Фамилия, инициалы и подпись лица, получившего наряд-допуск	Дата закрытия наряда-допуска	Подпись ответственного руководителя работ	Примечание
		начало	окончание					

Практическая работа № 19

«Оформление проведения инструктажей»

Виды инструктажей работников по охране труда, порядок их проведения и оформления

Все виды инструктажей следует считать элементами учебы. При инструктаже особое внимание надо уделять рабочим со стажем до 1 года, а также опытным рабочим с большим стажем. Эти категории рабочих наиболее подвержены травматизму. В первом случае - из-за неопытности, во втором - из-за чрезмерной самоуверенности. Разбор несчастных случаев, проработка приказов есть также своеобразная форма обучения. По характеру и времени проведения инструктажи подразделяют на:

1) вводный;
2) первичный на рабочем месте;
3) повторный;
4) внеплановый;
5) целевой.

Вводный инструктаж и первичный на рабочем месте проводятся по утвержденным программам.

Вводный инструктаж

Вводный инструктаж по безопасности труда проводит инженер по охране труда или лицо, на которое возложены эти обязанности, со всеми вновь принимаемыми на работу не зависимо от их образования, стажа работы по данной профессии или должности, с временными работниками, командированными, учащимися и студентами, прибывшими на производственное обучение или практику, а также учащимися в учебных заведениях. О проведении вводного инструктажа делают запись в журнале регистрации вводного инструктажа с обязательной подписью инструктируемого и инструктирующего, а также в документе о приеме на работу или контрольном листе. Проведение вводного инструктажа с учащимися регистрируют в журнале учета учебной работы.

Первичный инструктаж

Первичный инструктаж по охране труда на рабочем месте до начала производственной деятельности проводит непосредственный руководитель работ по инструкциям по охране труда, разработанным для отдельных профессий или видов работ:

- со всеми работниками, вновь принятыми в организацию, и переводимыми из одного подразделения в другое;
- с работниками, выполняющими новую для них работу, командированными, временными работниками;
- со строителями, выполняющими строительно-монтажные работы на территории действующей организации;
- со студентами и учащимися, прибывшими на производственное обучение или практику перед выполнением новых видов работ, а также перед изучением каждой новой темы при проведении практических занятий в учебных лабораториях, классах, мастерских, участках.

Лица, которые не связаны с обслуживанием, испытанием, наладкой и ремонтом оборудования, использованием инструмента, хранением и применением сырья и материалов, первичный инструктаж не проходят.

Перечень профессий и должностных работников, освобожденных от первичного инструктажа на рабочем месте, утверждает руководитель организации по согласованию с профсоюзным комитетом и службой охраны труда. Все работники, в том числе выпускники профтехучилищ, после первичного инструктажа на рабочем месте должны в течение первых 2 - 14 смен (в зависимости от характера работы, квалификации работника) пройти стажировку по безопасным методам и приемам труда на рабочем месте под руководством лиц, назначенных приказом (распоряжением) по предприятию (подразделению, цеху, участку и т.п.). Ученики и практиканты прикрепляются к квалифицированным специалистам на время практики.

Повторный инструктаж

Повторный инструктаж проходят все работающие, за исключением лиц, освобожденных от первичного инструктажа на рабочем месте, не зависимо от их квалификации, образования и стажа работы не реже чем через 6 месяцев. Его проводят с целью проверки знаний правил и инструкций по охране труда, а также с целью повышения знаний индивидуально или с группой работников одной профессии, бригады по программе инструктажа на рабочем месте. По согласованию с соответствующими органами государственного надзора для некоторых категорий работников может быть установлен более продолжительный (до 1 года) срок прохождения повторного инструктажа.

Повторный инструктаж проводится по программам первичного инструктажа на рабочем месте.

Внеплановый инструктаж

Внеплановый инструктаж проводится:

• при введении в действие новых или переработанных стандартов, правил, инструкций по охране труда, а также изменений к ним;

• при изменении, технологического процесса, замене или модернизации оборудования, приспособлений и инструмента, исходного сырья, материалов и других факторов, влияющих на безопасность труда;

• при нарушении работающими и учащимися требований безопасности труда, которые могут привести или привели к травме, аварии, взрыву или пожару, отравлению;

• по требованию органов надзора;

• при перерывах в работе - для работ, к которым предъявляются дополнительные (повышенные) требования безопасности труда, более чем 30 календарных дней, а для остальных работ - более двух месяцев.

Внеплановый инструктаж проводят индивидуально или с группой работников одной профессии. Объем и содержание инструктажа определяют в каждом конкретном случае в зависимости от причин или обстоятельств, вызвавших необходимость его проведения. Внеплановый инструктаж отмечается в журнале регистрации инструктажа на рабочем месте с указанием причин его проведения.

Внеплановый инструктаж проводит непосредственно руководитель работ (преподаватель, мастер).

Целевой инструктаж

Целевой инструктаж проводится:

• при выполнении разовых работ, не связанных с прямыми обязанностями работника по специальности (погрузка, выгрузка, уборка территории, разовые работы вне предприятия, цеха и т.п.);

• при ликвидации последствий аварии, стихийных бедствий, производстве работ, на которые оформляется наряд-допуск, разрешение и другие документы.

Целевой инструктаж проводится непосредственно руководителем работ и

фиксируется в журнале инструктажей и необходимых случаях - в наряде-допуске.

Содержание отчета:

1. Оформить титульный лист в соответствии с СТП 1.2 – 2005.
2. В практической работе необходимо отразить следующее:

А) Название практической работы.

Б) Цель работы.

В) Задание.

Г) Выполненная работа в соответствии с заданием.

Д) Ответы на практические работы.

Е) Вывод.

Ж) Отчет необходимо оформить в папку.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите виды инструктажей.
2. Укажите виды построения вводного инструктажа.
3. Укажите виды построения внепланового инструктажа.
4. Укажите виды построения целевого инструктажа.

Практическая работа № 20

«Контроль запылённости воздуха в рабочей зоне»

С точки зрения чистоты воздуха, особенно в городах, окружающая нас среда не идеальна. А происходит это из-за того, что к наружным (внешним) источникам пыли добавляются еще и внутренние.

Наружные источники — это содержащиеся в атмосферном воздухе выбросы транспорта, промышленных предприятий, частицы почвы и песка, пыльца, микроорганизмы, насекомые, которые заносятся в помещения через форточки и двери потоками воздуха и людьми.

В среднем частицы пыли имеют размеры от 0,1 до 100 мкм.

В воздухе помещений преобладают пылевые частицы размером от 0,4 до 3,2 мкм, причем частицы меньше 1 мкм составляют от 85 до 99,9 % и практически постоянно находятся в воздухе, а крупные частицы размером 10-100 мкм оседают на поверхностях.

Учитывая известное вредное действие пыли в воздухе на организм, важнейшим фактором обеспечивающим нормальные условия труда является своевременное определение запылённости воздуха в рабочей зоне.

На рабочих местах концентрацию пыли измеряют в зоне дыхания. В случае невозможности такого отбора воздуха, его отбирают (определяют запылённость) путём максимального приближения к зоне дыхания воздухозаборного отверстия пылесборника, но не далее 1-1,5 м на высоте 1,5 м от пола (почвы). Если рабочее место не нестационарное, то измерение концентрации пыли проводят в точках рабочей зоны, в которых работник находится более 50% времени за смену. Зона дыхания - пространство в радиусе до 50 см от лица работающего. Длительность измерения максимально разовых концентраций должна составлять 30 мин. При уровнях запыленности более 10 ПДК допускается отбор нескольких последовательных (не менее трех) разовых проб через равные промежутки времени.

Методы определения (оценки) запылённости воздуха разделяют на две группы:

- Первая группа предполагает выделения дисперсной фазы аэрозоля (пылевых частиц) весовым методом (гравиметрическим) или счётным (кониметрическим).
- Вторая группа предполагает выделение дисперсной фазы из аэрозоля одним из принципов: фотометрический, радиоизотопный, фотоэлектрический, оптический, акустический, электроиндукционный.

При *весовом методе* определения запылённости воздуха используется электроаспиратор ЭА-30. Для отбора проб рекомендуется использовать Аспиратор А-822 или автоматический одноканальный пробоотборник АПП-6-1. Запылённость определяется в мг/м^3.

Для более тщательного исследования запылённости применяют другой метод – *счётный метод*, так как не редко в сложных производственных условиях большое значение имеет не только концентрация пыли, выраженная в мг/м^3, но и количество пылевых частиц (выражается числом пылинок в 1 см^3 воздуха), и степень их дисперсности. Такие сведения о запылённости воздуха необходимы (например, в фармацевтике, гигиенических и медицинских исследованиях) и др.

Счетный метод позволяет определить общее количество пылевых частиц в единице объема воздуха и соотношения их размеров. Для этого пыль, содержащуюся в определенном объеме воздуха, осаждают на стекло, покрытое прозрачной клейкой пленкой, под микроскопом определяют форму, количество и размеры

пылевых частиц.

Счетный метод считается вспомогательным к весовому и применяется чаще всего в гигиенических исследованиях, фармацевтике и высокоточных работах (например, при изготовлении микросхем) и др.

Фотометрический метод предполагает определение запылённости воздуха с помощью фотопылимеров – приборов, принцип действия которых основан на измерении интенсивности светового потока, проходящего через запылённый воздух, легко и быстро определяется концентрация пыли в воздухе. Этот метод сильно уступает в точности измерения весовому методу.

Радиоизотопный метод осуществляется радиометрическими приборами, принцип действия которых основан на определении степени поглощения альфа-излучения отобранной на фильтр пробы. Концентрацию пыли определяют по степени ослабления радиоактивного излучения через слой накопленной пыли (концентратомер радиоизотопный «ПРИМА» модели 01 и 03). Погрешность измерений составляет ±30%.

Фотоэлектрический метод основан на принципе измерения ослабления параллельного пучка световых лучей, проходящего через слой запылённого воздуха с помощью фотоэлемента и гальванометра.

Оптический метод основан на осаждении пылевых частиц из воздуха на фильтре и последующем определении оптической плотности осаждённого пылевого облака. Для этого используется денсиометрический переносной пылемер ДПВ-1.

Акустический метод основан на измерении параметров акустического поля при наличии частиц пыли в пространстве между источником и приёмником звука. Потери ультразвуковой энергии обусловлены влиянием взвешенных твёрдых частиц. Недостаток метода – сложность измерительной аппаратуры.

Электроиндукционный метод определения запылённости воздуха проводится анализатором пыли Пылемером ИКП-5. Принцип действия прибора основан на периодической принудительной зарядке частиц пыли в поле короткого импульсного разряда и последующем измерении тока, а также переноса заряженных частиц путём измерения наведённого ими переменного напряжения. Амплитуда напряжения пропорциональна массовой концентрации пыли (мг/м^3).

Промышленностью серийно выпускаются приборы автоматического определения концентрации пыли ИЗВ-1, ИЗВ-3 (измеритель запылённости воздуха), ПРИЗ-1 (переносной радиоизотопный измеритель запылённости), ИКП-1 (измеритель концентрации пыли), ПРИМА-01 и -03 (концентратомер радиоизотопный) и др.

Практическая часть.

Определение допустимого времени (экспозиции) работы без СИЗ в зависимости от запылённости воздуха в рабочей зоне

Задание 1. Определить экспозицию допустимого времени работы при заданных видах пыли и её концентрации.

Определение экспозиции осуществляется по номограмме (рис. 7.1), где по оси абсцисс «х» приведено искомое (допустимое) время работы в часах, а по оси ординаты «у» откладывается величина превышения ПДК пыли в процентах (х% ПДК).

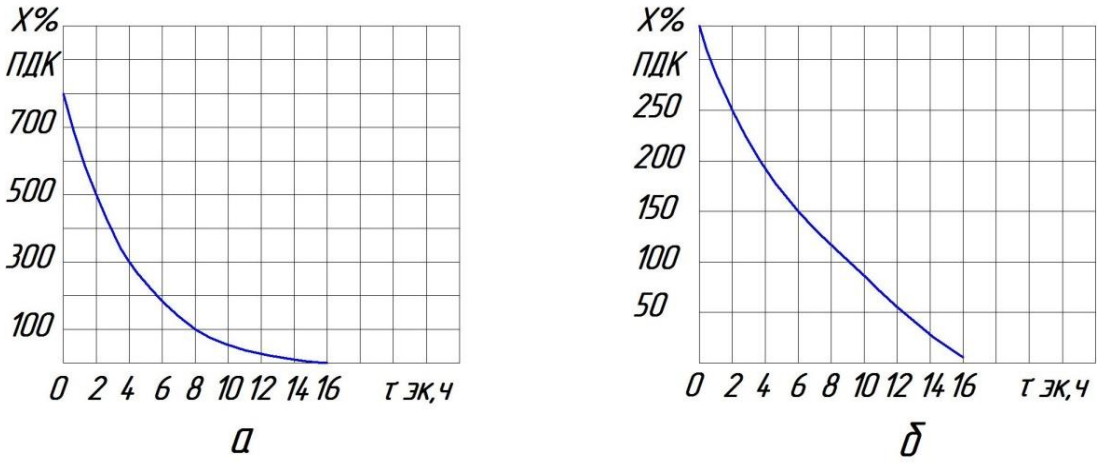


Рисунок 7.1 – Монограммы допустимой экспозиции $\tau_{эксп}$ от содержания пыли в рабочей зоне:
а-нетоксичная пыль, б-токсичная пыль

Процент превышения ПДК при известной (фактической) запылённости воздуха определяют по формуле:

$$x=\frac{C}{ПДК}*100\ ,\ \%\qquad (2)$$

где: С – известная запылённость, мг/м^3;

ПДК – предельно допустимая концентрация заданного вида пыли (выбирается из таблицы по приложению Б).

Результаты расчетов занесите в таблицу 7.1.

2 Оценка риска взрывоопасности воздуха в рабочей зоне

Задание 2. Определить взрывоопасность определённого вида и концентрации пыли.

Взрываемость определённой запылённости воздуха в мг/м^3 определяют сравнением фактического содержания пыли с нижним пределом взрываемости данной пыли (таблица в Приложении А).

При этом если фактическая концентрация взрываемости при пожароопасной пыли больше нижнего предела взрываемости, то возможен взрыв.

Результаты расчетов занесите в таблицу 7.1.

Задание 3. Определить взрывоопасность определённого вида и концентрации пыли.

Взрываемость определённой запылённости воздуха в мг/м^3 определяют сравнением фактического содержания пыли с нижним пределом взрываемости данной пыли (таблица в Приложении А).

При этом если фактическая концентрация взрываемости при пожароопасной пыли больше нижнего предела взрываемости, то возможен взрыв.

Результаты расчетов занесите в таблицу 7.1.

Таблица 7.1 Результаты расчетов решения задач

Вид пыли	Концентрация пыли мг/м^3	ПДК, мг/м^3	x	Экспозиция работы без СИЗ	Нижний предел взрываемости, мг/м^3	Вероятность взрыва
Комбикорма сухие	15					
Пыль зерновая	24					
Пыль земляная	10					
Фосфорит	12					
Сено, травяная мука	21					
Сера молотая	2					
Пыль мучная	18					
Алюминий с примесью кремния	10					

Практическая работа № 21

«Определение доз облучения от гамма-излучающих радионуклидов»

Ионизирующее излучение - излучение, воздействие которого со средой приводит к образованию ионов разных знаков. Основными источниками ионизирующего излучения являются радионуклиды - разновидности атомов с данным массовым числом и атомным номером. Массовое число нуклида указывается вверху слева от символа химического элемента, например, нуклид стронция ^{90}Sr, нуклид цезия ^{137}Cs.

Активность радионуклидов А - это число самопроизвольных случайных распадов или число испускаемых частиц ΔN в единицу времени Δt: $A = \Delta N / \Delta t$. (1.1)

Единицей активности является Бк (беккерель), 1 Бк = 1 расп/с.

Также единицей активности является Ku (кюри), 1 Ku = $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк.

Активность радионуклидов со временем уменьшается по экспоненциальному закону. Изменение активности описывается формулой $A_t = A_0 \exp(-0,693\, t / T_{1/2})$, (1.2)

где A_t - активность радионуклида по прошествии времени t;

A_0 - активность радионуклида в начальный период (t = 0); t - время;

$T_{1/2}$ - период полураспада, т.е. время в течение которого распадается половина радиоактивных атомов.

Если $t = T_{1/2}$, то $A_t = A_o / e^{0,693} = A_o / 2$.

Период полураспада у некоторых радионуклидов составляет несколько суток, а у некоторых - годы (табл. 1.1).

Таблица 1.1 – Радиобиологические свойства радионуклидов

Нуклид	Эффективная энергия Еэф	Гамма постоянная Kγ,	Период полураспада $T_{1/2}$, сут	Критический орган	Доля нуклида, попадающая в рассматриваемый орган		Период полувыведения из организма $T_{B/2}$, сут
					При заглатывании f3	При вдыхании fвд	

^{60}CO	1,5	6,75	$1,9\cdot10^{3}$	Все тело Печень	0,3 0,001	0,45 0,02	9,5 9,5
^{131}J	0,41	1,69	8	Все тело Щитовид железа	1,0 0,3	0,75 0,23	138 138
^{137}Cs	0,59	3,19	$1,1\cdot10^{4}$	Все тело	1,0	0,75	70
^{226}Ra	110	9,36	$5,9\cdot10^{5}$	Все тело	0,3	0,4	$8,1\cdot10^{3}$
^{90}Sr	1,1	2,94	$1\cdot10^{4}$	Скелет	0,3	0,12	$1,8\cdot10^{4}$
^{235}U	46	0,51	$2,6\cdot10^{11}$	Все тело Кости Почки	$1\cdot10^{4}$ $0,1\cdot10^{-5}$ $1,1\cdot10^{-5}$	0,25 0,028 0,028	100 300 15

Экспозиционная доза

Экспозиционная доза является качественной характеристикой фотонного излучения (рентгеновского и гамма-излучения), она определяется по ионизации воздуха, т.е. когда поглощенная энергия в некотором объеме воздуха равна суммарной кинетической энергии электронов и позитронов, образованных фотонным излучением в том же объеме.

Непосредственно измеряемой физической величиной при определении экспозиционной дозы γ-излучения является электрический заряд ионов одного знака, образованных в воздухе за время облучения:

$D_{эксп} = Q / m$, (1.3)

где $D_{эксп}$ - экспозиционная доза, Кл/кг;

Q - полный заряд ионов одного знака, Кл;

m - масса объема воздуха, кг.

Внесистемной единицей экспозиционной дозы является рентген (Р), 1 Р = 0,285 мКл/кг.

Поглощенная доза

Поглощенная доза характеризует изменения, происходящие в облучаемом веществе (воздухе, воде, дереве, железе и т.д.). Поглощенная доза - это энергия, передаваемая веществу массой в одну единицу:

$$D_{погл} = E / m , \quad (1.4)$$

где $D_{погл}$ - поглощенная доза, Дж/кг;

E - энергия ионизирующего излучения, поглощенная облучаемым веществом, Дж;

m - масса облучаемого вещества, кг.

В системе СИ поглощенная доза измеряется в Гр (грей): 1 Гр = 1 Дж/кг.

В практике часто используется специальная единица поглощенной дозы - рад. Один рад соответствует такой поглощенной дозе, при которой количество энергии, выделяемой одним граммом любого вещества, равно 0,01 Дж, т.е. 1рад = 0,01 Дж/кг =0,01Гр .

Поглощенная доза связана с экспозиционной дозой следующим соотношением:

$D_{погл} = D_{эксп} \cdot K_1$, (1.5)

где K_1 - коэффициент, учитывающий вид облучаемого вещества (воздух, вода и т.п.), т.е. учитывающий отношение энергии, поглощенной данным веществом, к электрическому заряду ионов, образованных в воздухе такой же массы.

При экспозиционной дозе в 1 Р энергия γ-излучения, расходуемая на ионизацию 1 г воздуха, равна 0,87 рад, т.е. для воздуха K_1 = 0,87 рад/Р = 0,87 ·0,01 Дж/кг = 0,87 ·0,01 Гр/Р .

В целом для организма человека при облучении от γ-источника коэффициент K_1 = 1 рад/Р = 0,01 Гр/Р.

Эквивалентная доза

Эквивалентная доза учитывает не только энергию, передаваемую веществу, но и те биологические эффекты, которые производит проникающая радиация в теле человека: $D_{экв} = D_{эксп} \cdot K_1 \cdot K_2$, (1.6)

где $D_{экв}$ - эквивалентная доза, Зв;

K_2 - коэффициент качества облучения.

Для рентгеновского и γ излучения коэффициенты K_1 = 1 рад/Р, K_2 = 1 бэр/рад.

Мощность дозы и доза

Мощность экспозиционной, поглощенной или эквивалентной дозы $\dot{D}$ характеризуется дозой, полученной в единицу времени, т.е. $\dot{D} = \frac{\Delta D}{\Delta t}$ (1.7)

где Δ D - приращение дозы за промежуток времени Δ t.

Мощность экспозиционной дозы $\dot{D}_{эксп}$ измеряется в системе СИ в Кл/(кг· с) ; внесистемными единицами являются Р/с, Р/ч, мР/ч, мкР/ч и др.

Мощность поглощенной дозы $\dot{D}_{погл}$ в системе СИ измеряется в Гр/с, мкГр/с, аГр/с и т.д.

Мощность эквивалентной дозы $\dot{D}_{экв}$ измеряется в системе СИ в Зв/с, мЗв/ч, мкЗв/ч; внесистемными единицами являются бэр/с, бэр/ч и т.д.

Для измерения мощности дозы применяются различные приборы, имеющие ионизационные камеры, камеры с люминесцирующим веществом, химические системы и др.

По измеренным значениям мощности дозы можно определить годовую эквивалентную дозу облучения (если мощность дозы не меняется во времени):

$$D_{экв\,год} = \dot{D}_{экв} \cdot t, \qquad (1.8)$$

где t - время воздействия ионизирующего излучения.

Для измерения дозы ионизирующего излучения применяются приборы - дозиметры. Сравнительная простота измерения ионизации воздуха привела к тому, что большинство дозиметрических приборов фиксируют экспозиционную дозу.

Условия безопасной работы с радиоактивными веществами регламентированы Нормами радиационной безопасности НРБ-76/87 и Основными санитарными правилами работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений ОСП-72/87.

Радиационному воздействию могут подвергаться не только лица, непосредственно работающие с радиоактивными веществами, но и население, поэтому нормами НРБ-76/87 установлены предельно допустимые уровни облучения в зависимости от категории облученных лиц и группы критических органов.

ПДД для категории А (профессиональные работники, постоянно или временно работающие непосредственно с источниками ионизирующих излучения) составляет 5 Р/год.

Определение доз облучения от точечных источников гамма-излучения

Величина мощности экспозиционной дозы от точечного источника прямо пропорциональна активности радионуклида и обратно пропорциональна квадрату расстояния до него. Кроме этого, разные радионуклиды при одинаковой активности создают разную величину экспозиционной дозы, что учитывается гамма-постоянной:

$$\dot{D}_{эксп} = \frac{K_\gamma \cdot A}{R^2}, \qquad (1.9)$$

где $\dot{D}_{эксп}$ - мощность экспозиционной дозы, Р/ч;

K_γ - гамма-постоянная радионуклида, Р·см ^{2} / (ч ·мКu) табл. 1.1;

A - активность радионуклида, мКu;

R - расстояние от точечного радионуклида до места измерения, см.

Мощность дозы, а следовательно и доза, уменьшаются с увеличением квадрата расстояния (по зависимости 1.9), поэтому требуемое расстояние $R_{пдд}$ (м) можно вычислить по отношению

$$R_{пдд} = \sqrt{\frac{\dot{D}_{экв} \cdot R^2}{ПДД}}, \qquad (1.10)$$

Определение уровня риска от облучения

Уровень риска это вероятность неожиданных последствий какого либо действия за определенный период времени. При ионизирующем облучении количественной мерой уровня риска является вероятность заболевания или гибели человека. Воздействие ионизирующего излучения на человека, в этом случае, принимается беспороговым, т.е. чем больше доза облучения, тем выше риск заболевания.

Для персонала, работающего с источниками ионизирующих излучений (категории А), при дозе облучения равной предельно допустимой (5 бэр/год) значение уровня риска принято равным $r_a = 8{,}25 \cdot 10^{-4}$ (чел ·год) $^{-1}$. Это значит, что в течение года восемь человек из 10 000 заболеют.

Уровень риска $r = 1 \cdot 10^{-3}...1 \cdot 10^{-2}$ (чел · год)$^{-1}$ считается высоким, а $r > 1 \cdot 10^{-2}$ - исключительно высоким.

Безопасным уровнем риска для работников атомной промышленности считается $r_{а.без} = 1 \cdot 10^{-4}$ (чел · год) $^{-1}$, для населения (категории Б) $r_{б.без} = 1 \cdot 10^{-5}$ (чел · год) $^{-1}$.

При облучении всего организма человека уровень риска рассчитывается по формуле:

$$r = 1{,}65 \cdot 10^{-2} \cdot D_{экв\,год}, \qquad (1.11)$$

где r - уровень риска от облучения человека, (чел · год) $^{-1}$;

$D_{экв\,год}$ - годовая эквивалентная доза облучения всего человека, Зв/год;

$1{,}65 \cdot 10^{-2}$ - уровень риска при облучении всего тела человека и получении эквивалентной дозы 1 Зв/год.

Определение доз внутреннего облучения от гамма-излучающих радионуклидов

Радиоактивные вещества могут поступать в организм человека при вдыхании воздуха, загрязненного

радиоактивными веществами, через желудочно-кишечный тракт, а также через кожу. Из-за большого объема легочной вентиляции (20 м^3/сут) и более высокого коэффициента усвоения наиболее опасен первый путь. Количество радионуклидов, поступающих из желудочно-кишечного тракта в кровь, зависит от его вида, например, цирконий Zr и ниобий Nb практически не поступают в кровь (коэффициент резорбции составляет доли процента), висмут Bi - 1%, барий Ba - 5%, кобальт Co и стронций Sr - до 30%, водород и щелочно-земельные вещества - 100%.

Поступления в кровь через неповрежденную кожу в 200-300 раз меньше, чем через желудочно-кишечный тракт. Исключение составляет изотоп водорода - тритий, легко проникающий в кровь через кожу.

По характеру распределения в организме радиоактивные вещества условно разделяются на три группы: равномерно распределяющиеся в организме, отлагающиеся преимущественно в скелете и концентрирующиеся в печени (см. таблицу 1.1). Особое место занимает радиоактивный йод, который селективно отлагается в щитовидной железе.

Мощность дозы, получаемая человеком при внутреннем облучении в общем виде определяется выражением

$$\dot{D}_{экв.вн} = 2{,}7 \cdot 10^{-11} \cdot A_{уд} \cdot K_{\gamma} \cdot \rho \cdot g \cdot K_1 \cdot K_2, \qquad (2.1)$$

где $\dot{D}_{экв.вн}$ - мощность эквивалентной дозы в рассматриваемом органе или ткани при внутреннем облучении человека, Зв/ч;

$A_{уд}$ - удельная активность радионуклида в рассматриваемом органе человека, Бк/кг;

K_{γ} - гамма-постоянная радионуклида, Р ·см ^{2}/(ч ·мКu) табл. 1.1;;

ρ - плотность ткани, (ρ = 1 г/см ^{3});

g - геометрический фактор, см;

K_1 - коэффициент перевода единицы экспозиционной дозы в единицу поглощенной дозы, (K_1 = 0,01 Гр/Р);

K_2 - коэффициент качества облучения, (K_2 = 1 Зв/Гр).

Удельная активность радионуклида $A_{уд}$, Бк/кг рассчитывается по формуле $A_{уд} = \frac{A \cdot f}{m}$,

(2.2)

где А - активность единичного поступления радионуклида в организм человека, Бк; A=mr· Ai (2.3)

mr – масса радионуклида (кг); Ai – активность радионуклида (Ku/кг)

f - коэффициент метаболизма, доля нуклида, попадающая в рассматриваемый орган (см. таблицу 1.1);

m - масса всего тела человека (если радионуклид распространяется по всему телу) или масса органа человека, куда поступает радионуклид, кг.

Годовую дозу внутреннего облучения следует определять с учетом эффективного периода полувыведения нуклидов из организма

$$T_{эф} = \frac{T_{1/2} \cdot T_{B/2}}{T_{1/2} + T_{B/2}}, \qquad (2.4)$$

где $T_{эф}$ - эффективный период полувыведения, сут;

$T_{1/2}$ - период полураспада изотопа, сут;

$T_{B/2}$ - период полувыведения из организма, т.е. время, в течение которого из организма выводится половина имеющегося радиоактивного вещества, сут .

$$D_{экв.вн} = \dot{D}_{экв.вн} \cdot 365 \cdot 24 \quad \text{при } T_{эф} \geq 365 \text{ сут}, \qquad (2.5)$$

$$D_{экв.вн} = \dot{D}_{экв.вн} \cdot T_{эф} \cdot 24 \quad \text{при } T_{эф} < 365 \text{ сут}, \qquad (2.6)$$

где $D_{экв.вн}$ - эквивалентная годовая доза внутреннего облучения, Зв/год;.

$\dot{D}_{экв.вн}$ - мощность эквивалентной дозы внутреннего облучения, Зв/ч;

365· 24 - количество часов облучения в год, ч/год.

ПДД годовой эквивалентной дозы внутреннего облучения составляет 0,05 Зв/год

Практическая часть.

При решение задач обратите внимание на единицы измерения исходных данных.

Задание 1. Оценить опасность облучения оператора гамма-излучением от точечного источника, находящегося на расстоянии R от рабочего места. Вид и активность радионуклида, а также расстояние R выбрать из таблицы 1.2. по варианту. Время работы оператора 36 ч в неделю (1700 ч в год).

Таблица1.2 – Варианты заданий

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вид радионуклида	^{60}Co	^{90}Sr	^{131}J	^{137}Cs	^{236}U	^{60}Co	^{90}Sr	^{131}J	^{137}Cs	^{236}U
Активность А,	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20

мКu										
Расстояние R, м	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8

Указания к решению задачи

1. Рассчитайте активность единичного поступления радионуклида в организм человека (перевести в беккерель);
2. Рассчитайте удельную активность радионуклида;
3. Рассчитайте мощность дозы, получаемая человеком при внутреннем облучении;
4. Определите эффективного периода полувыведения нуклидов из организма;
5. Определите годовую эквивалентную дозу внутреннего облучения, Зв/год
6. Сравните полученное значение годовой эквивалентной дозы внутреннего облучения с ПДД , и сделайте вывод: во сколько раз доза выше или ниже ПДД.

Контрольные вопросы

1. Что такое ионизирующее излучение?
2. Что представляют собой радионуклиды?
3. Что такое активность радионуклидов? Единицы измерения.
4. Что такое период полураспада? Чему он может быть равен?
5. Что такое экспозиционная доза, как она определяется?
6. Что характеризует поглощенная доза?
7. Какие параметры учитывает эквивалентная доза?
8. Какие приборы применяются для измерения дозы ионизирующего излучения?
9. Чему равна величина мощности экспозиционной дозы от точечного источника?
10. Как определяется уровень риска при ионизирующем излучении? Что является количественной мерой уровня риска?
11. Как радиоактивные вещества могут поступать в организм человека? Какой путь наиболее опасен?
12. На какие группы разделяются радиоактивные вещества по характеру распределения в организме?

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа по дисциплине «Производственная санитария и гигиена труда» выполняется по варианту, номер которого определяется в соответствии с цифрой учебного шифра и состоит из решения одной задачи.

Оценить соответствуют ли параметры микроклимата на рабочем месте требованиям СанПиН 2.2.4.548-96, если фактические параметры соответственно равны: температура рабочей зоны – $t_{рз}$,°С; относительная влажность – *w*, %; скорость движения воздуха – *V*, м/с; энергозатраты на выполнение работ – *Эз*, Вт; температура наружного воздуха – $t_{н}$.,°С; продолжительность пребывания на рабочем месте *T,* в часах. Предложить мероприятия по обеспечению здоровых и безопасных условий труда. Варианты исходных данных для выполнения задачи даны в табл. 1.

Таблица 1. Варианты исходных данных

Вариант	Рабочее место	$t_{рз}$, ^{0}С	w, %;	V, м/с	Эз, Вт	$t_{н}$., ^{0}С	Т, ч
1	Шлифование стен	22	75	0,1	245	-2	4,5
2	Малярные работы	24	65	0,2	230	+10	8
3	Внутренние отделочные работы	19	62	0,3	193	-12	7
4	Оператор каменно - дробильной установки	18	74	0,4	215	+6	5
5	Водитель КамАЗа	23	56	0,5	234	+2	3,5
6	Водитель землеройно-транспортной машины	26	73	0,1	198	+18	4
7	Газосварщик	26	58	0,2	270	-7	2,5 непрерывно
8	Оператор экскаватора	28	50	0,3	200	-25	1,5 непрерывно
9	Насосная станция 1-го подъема	26	68	0,4	180	-11	5
10	Хлораторная воды	18	72	0,5	176	+20	5,5
11	Монтажник	27	60	0,1	249	-22	7,5
12	Насосная станция 2-го подъема	20	66	0,2	179	-15	2 с перерывами
13	Электрик	25	74	0,3	238	+15	6,5
14	Учетчик камеральных работ	30	68	0,4	145	-28	8
15	Крановщик	25	72	0,5	256	+16	4,5 с перерывами
16	Внутренние электросварочные работы	20	67	0,1	190	+25	2 непрерывно
17	Шофер ремонтно-строительной машины	24	69	0,2	175	-17	4
18	Внутренние отделочные работы на лесах	22	71	0,3	282	+30	3 с перерывами
19	Штукатур	28	75	0,4	230	-29	2 непрерывно
20	Рабочий по приготовлению мастики	21	50	0,5	225	+1	6 с перерывами

Указания к выполнению:

1. Определить категорию тяжести работ.

Определить оптимальные и допустимые параметры микроклимата.

2. Сделать выводы и дать рекомендации по нормализации параметров.
3. Ответ оформить с пояснениями, расчетами, заключением и рекомендациями.

3 Методические указания для выполнения курсовой работы

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Выполнение курсовой работы ведется в соответствии с утвержденным графиком и завершается не позднее, чем за три недели до начала экзаменационной сессии.

Общий объем работы – 20-35 страниц машинописного текста, включая рисунки, схемы, список литературы т.п.

Формой отчетности является защита курсовой работы в специально отведенное для этого время.

При оценке работы учитывается общая подготовленность студента, его самостоятельность и инициатива при выполнении работы, умение доложить полученные результаты и дать обоснованное заключение.

2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа должна включать в себя: 1) титульный лист; 2) содержание; 3) введение; 4) основная часть с расчетом; 5) заключение; 6) список использованной литературы; 7) приложения (если есть).

Содержание включает наименования всех разделов, подразделов и пунктов с указанием номеров страниц, на которых размещается начало материала раздела (подраздела, пунктов).

Номера подразделов в содержании должны быть смещены вправо относительно номеров разделов.

Наименование разделов необходимо писать с прописной буквы. Содержание включает все заголовки, имеющиеся в курсовой работе.

Если в тексте курсовой работы употребляются малораспространенные сокращения, новые символы, обозначения, то их перечень необходимо представить в виде списка на отдельном листе после содержания.

Во введении обосновывается актуальность изучаемой темы, приводятся цель, задачи и используемые методы.

Основная часть курсовой работы посвящена подробному исследованию заданной студенту темы и сопровождается схемами, таблицами, расчетами, предложениями по улучшению условий труда. В основной части необходимо отразить правовые и нормативные документы применительно к заданию, сделать аналитический обзор литературы по теме задания.

В заключении формулируются основные выводы по проработанной теме, ее значение в обеспечении безопасных условий труда.

Список использованной литературы должен содержать пронумерованный перечень источников, использованных в курсовой работе в алфавитном порядке.

В приложения включаются вспомогательные материалы (схемы, таблицы)

Ниже приведен план курсовой работы.

Тема работы: «Гигиеническая оценка электромагнитных излучений»

1 Введение
2 Общая характеристика электромагнитных полей и волн.
2.1. Электрические поля
2.2. Магнитные поля
3 Источники электромагнитных полей
4 Воздействие электромагнитных полей на организм человека.
5 Гигиеническое нормирование электромагнитных полей.
6 Средства коллективной защиты от электромагнитных полей.
7 Средства индивидуальной защиты от электромагнитных полей.
8 Расчетная часть
9 Заключение
10 Список использованной литературы

3. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа выполняется на листах бумаги формата А4. Текст печатается через один интервал на одной стороне листа. По четырем сторонам листа формата А4 должны быть оставлены поля.

Размеры полей на листах бумаги: левое – 30 мм, правое – не менее 10 мм, верхнее – 15 мм, нижнее – 15 мм.

Абзацы в тексте начинаются отступом в 15 мм. Текст основной части работы делится на разделы, подразделы, при необходимости на пункты. Страницы курсовой работы нумеруют арабскими цифрами.

Титульный лист включают в общую нумерацию работы. На титульном листе номер не ставят. На последующих листах его проставляют в правом верхнем углу.

Разделы должны иметь порядковую нумерацию в пределах всей работы и обозначаются арабскими цифрами без точки в конце. Иллюстрации (кроме таблиц) обозначают словом «Рисунок», нумеруют последовательно арабскими цифрами в пределах каждого раздела.

Номер иллюстрации помещают перед ее заголовком. Если в работе содержится лишь одна иллюстрация, то ее тоже нумеруют и обозначают: «Рисунок 1».

Таблицы нумеруют последовательно арабскими цифрами в пределах раздела. В правом верхнем углу перед ее заголовком помещается надпись «Таблица» с указанием номера таблицы. Номер должен состоять из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой, например, «Таблица 1.2» (вторая таблица первого раздела).

Ссылки в тексте на литературные источники приводятся указанием порядкового номера по списку источников, выделяемого квадратными скобками.

Ссылки на иллюстрации даются порядковым номером иллюстрации, например: рисунок 1.2. Ссылки на формулы и уравнения указываются их порядковым номером в скобках. На все таблицы должны быть ссылки в тексте. При этом слово «Таблица» в тексте пишется с ее названием, если таблица не имеет номера; и сокращенно, если имеется номер, например: «.... в таблице 1.3».

Изложение текста

Сокращение слов в тексте не допускается, за исключением общепринятых в русском языке по ГОСТ 7.12.

Сокращать наименование единиц физических величин разрешается только после численного значения величин и в заголовках граф, наименованиях строк таблиц, а также в пояснениях обозначений величин к формулам.

Расчеты выполняются согласно варианту задания

Задание 1. При обслуживании распределительной станции напряжением 500 кВ обслуживающий персонал подвергается воздействию электромагнитного поля промышленной частоты. Значения напряженности ЭМП в зонах А, Б и В (соответственно E_A , $E_Б$ и $E_В$) приведены таблице. Время нахождения людей в этих зонах t_A, $t_Б$ и $t_В$ также приведены в таблице. Требуется рассчитать допустимое время нахождения людей в этих зонах (T_A, $T_Б$, $T_В$), определить возможность выполнения одним человеком последовательно нескольких работ в зонах А, Б и В в течение времени t_A, $t_Б$ и $t_В$.

Таблица 3.1 Значения напряженности электрического поля в зонах А, Б и В и время нахождения людей в этих зонах

Наименование параметров	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
E_A, кВ/м	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$E_Б$ кВ/м	0,5	1	1	2	2	3	3	4	4	5
$E_В$ кВ/м	25	22	20	151	5	10	15	20	22	25
t_A, ч	0,5	1	1,5	2	2,5	3	2,5	2	1,5	1
$t_Б$, ч	2	3	4	1	1	2	3	1	1	2
$t_В$, ч	0,1	0,2	0,3	0,5	1	2	1	0,5	0,1	0,2

Задание 2. Определить напряженность электрического поля от высоковольтной линии электропередачи и допустимое время пребывания в ЭП. Сравнить с нормативным значением. Сделать вывод. Исходные данные для расчета приведены в таблице. Число проводов в фазе принять равным 3.

Номер варианта	Фазное напряжение U, кВ	Расстояние между фазными проводами r, м	Радиус провода $r_{пр}$, м	Расстояние между проводами одной фазы $\alpha_р$, м	Расстояние от провода до человека r, м
1	500	10	12	0,4	10
2	330	6	6	0,2	8
3	750	12	16	0,5	15
4	500	8	14	0,3	12
5	330	6	8	0,3	10
6	750	15	16	0,6	10
7	500	10	10	0,3	8
8	500	12	12	0,5	6
9	750	16	12	0,5	13
0	330	8	8	0,2	5

Задание 3. Выполните расчет эффективности экранирования электромагнитного излучения. Исходные данные для расчета приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2

Вариант 1	*E*=50 В/м, *H*=10 А/м, *ППЭ*=12 Вт/м^2; E_0=70 В/м, H_0=20А/м; $ППЭ_0$=34Вт/м^2.	Вариант 6	*E*=60 В/м, *H*=18 А/м, *ППЭ*=17 Вт/м^2; E_0=87 В/м, H_0=29А/м; $ППЭ_0$=41Вт/м^2.
Вариант 2	*E*=55 В/м, *H*=11 А/м, *ППЭ*=14 Вт/м^2; E_0=80 В/м, H_0=25А/м;	Вариант 7	*E*=65 В/м, *H*=17 А/м, *ППЭ*=21 Вт/м^2; E_0=93 В/м, H_0=31А/м;

	ППЭ$_0$=40Вт/м^2.		*ППЭ*$_0$=43Вт/м^2.
Вариант 3	*Е*=60 В/м, *Н*=14 А/м, *ППЭ*=12 Вт/м^2; *Е*$_0$=83 В/м, *Н*$_0$=28А/м; *ППЭ*$_0$=34Вт/м^2.	Вариант 8	*Е=67* В/м, *Н*=9 А/м, *ППЭ*=24 Вт/м^2; *Е*$_0$=102 В/м, *Н*$_0$=19А/м; *ППЭ*$_0$=50Вт/м^2.
Вариант 4	*Е*=59 В/м, *Н*=17 А/м, *ППЭ*=15 Вт/м^2; *Е*$_0$=85 В/м, *Н*$_0$=22А/м; *ППЭ*$_0$=45Вт/м^2.	Вариант 9	*Е*=65 В/м, *Н*=12 А/м, *ППЭ*=21 Вт/м^2; *Е*$_0$=91 В/м, *Н*$_0$=27А/м; *ППЭ*$_0$=55Вт/м^2.
Вариант 5	*Е*=57 В/м, *Н*=15 А/м, *ППЭ*=20 Вт/м^2; *Е*$_0$=75 В/м, *Н*$_0$=30А/м; *ППЭ*$_0$=37Вт/м^2.	Вариант 10	*Е*=63 В/м, *Н*=11 А/м, *ППЭ*=19 Вт/м^2; *Е*$_0$=89 В/м, *Н*$_0$=29А/м; *ППЭ*$_0$=52Вт/м^2.

4 Методические указания для выполнения самостоятельной работы студентов

Ознакомиться с теоретической частью и ответить на контрольные вопросы.

Вопросы и задания составлены в соответствии разделами и темами рабочей программы учебной дисциплины «Производственная санитария и гигиена труда» для удобства при самостоятельной подготовке студентов к учебным занятиям.

Теоретическая часть

1 Введение в дисциплину. Человек и производственная среда.

Цель изучения дисциплины «Производственная санитария и гигиена труда» – идентификация и оценка уровней воздействия вредных производственных факторов, а также обоснование необходимости применения технических средств и методов защиты работающих для сохранения здоровья и работоспособности.

Производственная санитария (от лат. sanitos – здоровье) – это система организационных, санитарно–гигиенических мероприятий, технических средств и методов, предотвращающих или уменьшающих воздействие на работающих вредных производственных факторов до значений, не превышающих допустимые (ГОСТ 12.0.002–14* «ССБТ. Термины и определения»).

Санитария - применение на практике (внедрение) мероприятий, разработанных гигиеной, которые направлены на улучшение здоровья населения, оздоровление окружающей среды и продление жизни человека.

Научной основой производственной санитарии является гигиена труда (от греч. hygyieinos – здоровый). Таким образом, санитария и гигиена происходят от одного и того же слова – здоровье. Здоровье – это состояние полного физического, духовного и социального благополучия, а не только отсутствие болезней или физических недостатков (определение ВОЗ).

Гигиена труда – дисциплина, изучающая трудовую деятельность работающих и производственную среду с точки зрения их возможного влияния на организм работающих и разрабатывающая меры, направленные на оздоровление условий труда и предупреждение производственно обусловленных и профессиональных заболеваний.

Предметом исследования гигиены труда являются санитарно-гигиенические условия труда. Основной задачей гигиены труда является предупреждение воздействия неблагоприятных факторов на здоровье и трудоспособность работников.

Гигиена труда использует различные методы исследования:

- экспериментальные, методы санитарного, лабораторного обследования и физико-химические методы для исследования условий труда на производстве и оценки эффективности оздоровительных мероприятий;
- физиологические методы(наблюдения) для исследования изменений в организме под влиянием условий труда;
- статистические методы для изучения заболеваемости и травматизма работающих.

Гигиена труда изучает: формы и методы организации труда и отдыха; состояние организма в процессе трудовой деятельности, характер и особенности рабочих движений, положений тела при работе; инструменты и орудия труда, применяемое сырье, технологию процессов, техническое оборудование; готовые и промежуточные продукты, отходы производства с точки зрения их воздействия на работающих и окружающее население; физические, химические и биологические факторы производственной среды и физиологические изменения у работающих под влиянием этих факторов и трудовых процессов. Наряду с практическими мероприятиями по оздоровлению условий труда гигиена труда разрабатывает и научные основы для регламентирования санитарных условий труда на производстве.

Гигиена труда устанавливает гигиенические нормативы, которые служат нормативной

базой для производственной санитарии.
Производственная санитария тесно связана со специальными технологическими дисциплинами и организацией производства, а также с медицинскими основами охраны труда (охраной труда, физиологией, психологией труда, эргономикой, безопасностью жизнедеятельности и др.).
Охрана труда – это система обеспечения безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия и средства.
Безопасность жизнедеятельности – это наука о комфортном и безопасном взаимодействии человека и окружающей среды.
Эргономика — научная дисциплина, комплексно изучающая закономерности взаимодействия человека с техническими средствами. Т.е. наука, изучающая функциональные возможности человека в трудовых процессах с точки зрения анатомии, антропологии, физиологии, психологии и гигиены в целях создания орудий и условий труда, а также технологических процессов и производственного оборудования, наиболее соответствующих требованиям человеческого организма.
Совместимость человека с машиной определяется его антропометрической, сенсомоторной, энергетической (биомеханической) и психофизиологической совместимостью.
Антропометрическая совместимость предполагает учет размеров тела человека, возможность обзора внешнего пространства, положения (позы) оператора в процессе работы.
Сенсомоторная совместимость предполагает учет скорости двигательных (моторных) операций человека и его сенсорных реакций на различные виды раздражителей (световые, звуковые и др.) при выборе скорости работы машины и подачи сигналов.
Энергетическая (биомеханическая) совместимость предполагает учет силовых возможностей человека при определении усилий, прилагаемых к органам управления.
Психофизиологическая совместимость должна учитывать реакцию человека на цвет, цветовую гамму, частотный диапазон подаваемых сигналов, форму и другие эстетические параметры машины.
Физиология труда – раздел медицины, изучающий функционирование человеческого организма во время трудовой деятельности (утомляемость, работоспособность, установление оптимальных режимов труда).

2 История развития гигиены труда и ПС

Гигиена труда, как самостоятельная научная дисциплина, сформировалась в начале XX столетия, хотя истоки её формирования относятся к периодам истории Древней Греции и Рима. Так, Гиппократ (460–377 гг. до н. э.) писал о болезнях рудокопов, Гален (ок. 200–130 гг. до н. э.) – о поражённых пылью свинца, Плиний Старший (I в. до н. э.) – об отравлениях ртутью и серой.
В XVI в. швейцарский врач и химик Парацельс (1493– 1541) и немецкий врач, геолог и металлург Георгий Агрикола (1494–1555) описали заболевания горняков под названием «Чахотка горняков, каменотёсов, литейщиков». В труде Парацельса «О чахотке и других заболеваниях горнорабочих» показана клиника заболевания, которое сопровождалось лихорадкой, одышкой, кашлем. Ему принадлежит изречение, которое можно рассматривать как идею принципа нормирования, а именно: «Всё есть яд, и всё есть лекарство. Только одна доза делает вещество ядом или лекарством».
Период Средних веков (конец V—XIV вв.) характеризуется полным упадком личной и общественной гигиены. Постоянные войны и низкий культурный и материальный уровень населения служили благоприятной почвой для развития эпидемий.

Вспышки оспы, холеры, тифов, массовое распространение проказы, кожных, венерических и глазных болезней были характерным явлением для того времени. Пандемия чумы в XIV в., известная под названием «черной смерти», унесла около 25 млн. человек. Однако многие средневековые врачи высказывали ценные мысли в отношении гигиены.

Признанным основоположником профессиональной патологии является итальянский врач, профессор медицины, ректор Падуанского университета Бернардино Рамаццини (1633–1714). В 1700 г. им была издана книга «О болезнях ремесленников (рассуждения)», в которой были описаны болезни шахтёров, позолотчиков, химиков, кузнецов и других ремесленников (более 50 профессий) и представлены в систематизированном виде вопросы гигиены труда в разнообразных профессиях.

Тема охраны труда рабочих в России нашла своё отражение в трудах М.В. Ломоносова, А.Н. Никитина, Д.П. Никольского и др. В трактате «Первые основания металлургии, или рудных дел» (1763) М.В. Ломоносов указывал на необходимость создания безопасных условий труда «горных людей» путём укрепления горных выработок, вентиляции шахт, удаления подземных вод. В трактате были освещены также вопросы организации труда и отдыха «горных людей» и сформулированы принципы профилактики заболеваний.

Автор первой книги по гигиене труда «Болезни рабочих с указанием предохранительных мер» А.Н. Никитин (1793–1858), описавший условия труда 120 рабочих профессий, признается основоположником гигиены труда в России.

Важное место в развитии гигиены труда занимает один из основоположников отечественной гигиены А.П. Доброславин (1842–1889). Его рассуждения о необходимости изучения всех факторов трудового процесса, которые могут оказать влияние на здоровье и работоспособность человека, в полной мере соответствуют научным представлениям сегодняшнего дня. Он описал условия труда на табачных фабриках, в шахтах, кессонах, клинику пневмокониозов различной этиологии, отравлений свинцом и сероводородом.

Под руководством первого профессора гигиены Московского Императорского университета Ф.Ф. Эрисмана (1842–1915) в конце XIX столетия группа земских санитарных врачей (Дементьев Е.М., Погожев А.В. и др.) осуществляет санитарное обследование предприятий Московской губернии, в результате которого публикуется многотомный труд под его редакцией. Книга Ф.Ф. Эрисмана «Профессиональная гигиена, или гигиена умственного и физического труда» (1877) по праву считается первым в России оригинальным изданием по гигиене труда.

В развитие гигиены труда внес существенный вклад Г.В. Хлопин (1863–1929). Под его руководством выполнены крупные экспериментальные работы по действию промышленных ядов на организм, физиологии труда (энерготраты), гигиене труда и профессиональной патологии в химической и горнорудной промышленностях.

В послевоенной России вопросы гигиены труда получают своё дальнейшее развитие. Уже на 4–й день после взятия большевиками власти был принят декрет о восьмичасовом рабочем дне и ежегодных отпусках. В 1918 г. утверждается первый «Кодекс законов о труде». В 1919 г. формируется Государственная промышленно–санитарная инспекция. По инициативе крупнейших ученых и организаторов здравоохранения создаются научно–исследовательские учреждения по охране и гигиене труда: в 1923 г. в Москве – Институт по изучению профессиональных заболеваний (Обух В.А.), ныне НИИ медицины труда РАМН,

в этом же году в Харькове – Украинский институт рабочей медицины, в 1924 г. в Петрограде – Институт по изучению профессиональных болезней, в 1925 г. – Государственный научный институт охраны труда (Левицкий В.А., Каплун С.И.).

В 1933 г. правительством и ЦИК было принято постановление «Об организации государственной санитарной инспекции» с после – дующим развертыванием сети комплексных санитарно–эпидемиологических учреждений – санитарно–эпидемиологических станций (СЭС).

В развитии промышленной токсикологии важное место занимают работы Н.С. Правдина и Н.В. Лазарева.
Н.С. Правдин (1882–1954) – основатель школы промышленных токсикологов в СССР. Им впервые была разработана программа обоснования предельно допустимых концентраций (ПДК) химических веществ в воздухе промышленных предприятий. Его работы посвящены изучению механизмов действия промышленных ядов, он указывал на необходимость изучения комбинированного действия химических веществ, им впервые дана классификация промышленных ядов.
Н.В. Лазарев (1895–1974) показал значение физико– химических свойств веществ в их токсичности, степени потенциальной опасности промышленных ядов. Он первый в СССР при определении токсичности новых химических веществ предложил использовать расчетные методы. Его справочник «Вредные вещества в промышленности» многократно переиздавался на протяжении 30 лет.
Проблемам производственного микроклимата были посвящены исследования Г.Х. Шахбазяна, М.Е. Маршака, А.Е. Малышевой и др. Были проведены глубокие исследования по изучению механизмов перегревания и охлаждения в нагревающем и охлаждающем микроклиматах, разработка теплозащитных технических мероприятий, средств индивидуальной защиты (СИЗ). В последние годы научные исследования по уточнению отдельных положений в научной концепции теплообмена работающего осуществляются под руководством Р.Ф. Афанасьевой (НИИ медицины труда РАМН).
А.А. Летавет (1893–1984) – основоположник промышленной радиационной гигиены. Под его руководством проведено первое изучение условий труда при работе с радиоактивными веществами, разработаны первые санитарные правила и нормативы в этой области. А.А. Летавет – руководитель с 1948 по 1971 гг. НИИ гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР. По существу, многие годы он руководил программой научных исследований в СССР в области гигиены труда. Он соавтор первого руководства по гигиене труда, соавтор учебника (1946), основатель журнала «Гигиена труда и профзаболевания», главным редактором которого он был более 25 лет (ныне журнал «Медицина труда и промышленная экология»).
3 Классификация опасных и вредных производственных факторов

Вредный производственный фактор - производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях может привести к заболеванию, снижению работоспособности и/или отрицательному влиянию на здоровье потомства.
Опасные производственные факторы (ОПФ) – фактор среды и трудового процесса, который может быть причиной острого заболевания или внезапного резкого ухудшения здоровья, смерти..
В зависимости от экспозиции вредный фактор может стать опасным и привести к травме. Экспозиция – количественная характеристика интенсивности и продолжительности действия вредного фактора. Например: шум с уровнем более в 75 дБ приводит к неврите слухового нерва, шум с уровнем воздействия 130–150 дБ приводит к разрыву барабанных перепонок.
Рассмотрим в качестве примера воздействие на работающего расплавленного металла. Если человек попадает под его непосредственное воздействие, возникает термический ожог – это приводит к тяжелой травме. В этом случае мы имеем дело с опасным производственным фактором (по определению). Если же человек, постоянно работая с расплавленным металлом, находится под действием лучистой теплоты, излучаемой этим источником, то под влиянием облучения в организме происходят биохимические сдвиги, наступает нарушение деятельности сердечно-сосудистой и нервной систем. Кроме того, действие инфракрасных лучей вредно влияет на органы зрения – приводит к помутнению хрусталика. Таким образом, во втором случае воздействие расплавленного металла на организм работающего является вредным производственным фактором.

Вредные производственные факторы по воздействию на организм работающего человека подразделяют на:
- факторы, приводящие к хроническим заболеваниям, в том числе усугубляющие уже имеющиеся заболевания, за счет длительного относительно низкоинтенсивного воздействия;
- Факторы, приводящие к острым заболеваниям (отравлениям, поражениям) или травмам за счет кратковременного (одиночного и/или практически мгновенного) относительно высокоинтенсивного воздействия.

Опасные производственные факторы по воздействию на организм работающего человека подразделяют на: - Факторы, приводящие к смертельным травмам (летальному исходу, смерти);
- Факторы, приводящие к несмертельным травмам.

Опасные и вредные факторы в зависимости от характера воздействия подразделяются на:
- активные - проявляющиеся благодаря заключенной в них энергии (ионизирующие излучения, вибрация и т.п.);
- активно-пассивные - проявляющиеся благодаря энергии, заключенной в самом человеке (примером могут служить опасности скользких поверхностей, работы на высоте, острых углов и плохо обработанных поверхностей оборудования и т.п.).
- пассивные - проявляющиеся опосредствованно, как например, усталостное разрушение материалов, образование накипи в сосудах и трубах, коррозия и т.п.

Активные факторы могут, таким образом быть классифицированы по виду связанной с ними энергии. ГОСТ 12.0.003-2015. «Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» является основным документом с точки зрения рассмотрения вредных производственных факторов. (введен взамен ГОСТ 12.0.003-74)

Согласно этому ГОСТ ОПиВПФ делятся:

1. По характеру происхождения

1. факторы, порождаемые физическими свойствами и характеристиками состояния материальных объектов производственной среды; Физические факторы – аэрозоли (пыли), шум, инфразвук, ультразвук; вибрация; электромагнитные излучения (лазерное и ультрафиолетовое), ионизирующие излучения, параметры микроклимата, параметры световой среды, невесомость, действия силы тяжести (падения с высоты) .
2. факторы, порождаемые химическими и физико-химическими свойствами используемых или находящихся в рабочей зоне веществ и материалов;
   Химические факторы – химические вещества, смеси, в том числе некоторые вещества биологической природы (антибиотики, витамины, гормоны, ферменты, белковые препараты), полученные химическим синтезом и (или) для контроля содержания которых используют методы химического анализа;
3. факторы, порождаемые биологическими свойствами микроорганизмов, находящихся в биообъектах и (или) загрязняющих материальные объекты производственной среды;
   Биологические факторы – микроорганизмы– продуценты, живые клетки и споры, содержащиеся в бактериальных препаратах, патогенные микроорганизмы – возбудители инфекционных заболеваний.
4. факторы, порождаемые поведенческими реакциями и защитными механизмами живых существ (укусы, ужаливания, выброс ядовитых или иных защитных веществ и т.п.);
5. факторы, порождаемые социально-экономическими и организационно-управленческими условиями осуществления трудовой деятельности (плохая организация работ, низкая культура безопасности и т.п.);
6. факторы, порождаемые психическими и физиологическими свойствами и

особенностями человеческого организма и личности работающего Психофизиологические ОиВПФ : физические перегрузки (статические, связанные с рабочей позой и динамические - масса подним. груза, стереотипность операций) и нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение и перенапряжение анализаторов слуха, зрения). Особ лич(плохое самочувствие работника, нахождение работника в состоянии алкогольного, наркотического опьянения, потеря концентрации внимания работниками и т.п.).

2. По характеру изменения во времени (постоянные, переменные, импульсные)
3. По характеру действия во времени (постоянно или периодически действующие)
4. По характеру действия в пространстве (локализованные в источнике, распространяющиеся вместе с движением воздуха, через производственную среду и т.п)
5. По характеру пространственного распределения (пространственно распределенные; взвешенные или растворенные в воздухе, жидкости).
6. По непосредственности воздействия (непосредственно и опосредовательно воздействующие)
7. По характеру взаимного действия при многофакторном воздействии на организм человека (независимо, суммарно действующие, действие как противоположности и как система)
8. По характеру обнаружения организмом человека (обнаруживаемые и не обнаруживаемые органами чувств человека)

4 Санитарное законодательство

Правовые основы производственной санитарии

Санитарное законодательство – совокупность законов, регулирующих отношения в области охраны здоровья людей от неблагоприятного или опасного влияния факторов среды обитания. Применительно к производственным условиям оно является частью законодательства об охране труда и направлено на сохранение здоровья и защиту работающих от вредных производственных факторов.

Правовую основу производственной санитарии составляют законы, подзаконные и нормативно–правовые акты.

Наибольшей юридической силой обладают законы: Конституция РФ; Трудовой кодекс РФ; ФЗ «О санитарно–эпидемиологическом благополучии населения»; ФЗ «О обязательном социальном страховании от НС на производстве и профессиональных заболеваний»; «об охране здоровья граждан»

Права и обязанности работников и работодателей в области охраны и гигиены труда.

Права и обязанности работников. Как права, так и обязанности работников в отношении безопасности и гигиены труда исчерпывающе определены в ТК РФ (ст. 21, 214, 219, 220)

Важнейшими из этих прав являются: 1) получать достоверную информацию о состоянии условий на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья и о принятых мерах по защите работника от производственных вредностей и опасностей. В случае отказа работодателя предоставить работнику информацию о состоянии охраны труда на рабочем месте работник вправе обратиться в органы государственного надзора с просьбой об инспектировании его рабочего места и принять личное участие в такой проверке; 2) отказаться от выполнения работ в случае возникновения непосредственных опасностей для жизни и здоровья, предупредив о прекращении работы непосредственного руководителя; 3) отказаться от выполнения вредных или опасных работ, если они не предусмотрены трудовым договором.

К обязанностям работников в области охраны труда относятся:

1) соблюдать требования охраны труда; 2) правильно применять средства индивидуальной и коллективной защиты, т.е. одежду и обувь, маски, очки, респираторы;

3) проходить обучение безопасным методам и приемам выполнения работы, проверку знаний требований охраны труда; 4) немедленно сообщать своим непосредственным или вышестоящим руководителям о любом несчастном случае на производстве и признаках профессионального заболевания, а также о ситуации, которая создает угрозу жизни и здоровью людей. Эта обязанность зафиксирована в ст. 21 ТК РФ как одна из основных обязанностей работника; 5) проходить обязательные медицинские осмотры.

Обязанности и права работодателей. Во-первых, установлено общее требование ко всем работодателям. Они обязаны внедрять современные средства безопасности, предупреждающие производственный травматизм, и обеспечивать санитарно-гигиенические условия, предотвращающие возникновение профессиональных заболеваний. Во-вторых, в различных статьях ТК РФ (ст. 212 и др.) и в других нормативных актах содержится требование обеспечить работникам здоровые и безопасные условия труда. Это требование детализируется в виде конкретных обязанностей работодателей в различных сферах деятельности, в отношении различных аспектов трудовых отношений. Таких обязанностей зафиксировано около 20.

Тема охраны и гигиены труда изложена в конвенций МОТ, посвященных вопросам охраны труда, в 2010-2013 г.г.: Конвенции МОТ № 187 «Об основах, содействующих безопасности и гигиене труда», Конвенции МОТ № 174 «О предотвращении крупных производственных аварий», Конвенции МОТ № 176 «О безопасности и гигиене труда на шахтах».

Федеральным законодательством установлены права, обязанности и ответственность гражданина в отношении санитарно-эпидемиологического благополучия страны.

Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ (редакция от 3 августа 2018 года N 342-ФЗ) направлен на обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения как одного из основных условия реализации конституционных прав граждан на охрану здоровья и благоприятную окружающую среду, в том числе и производственную среду. В статье 25 закона указывается, что «условия труда, рабочее место и трудовой процесс не должны оказывать вредное воздействие на человека».

Санитарно-эпидемиологическое благополучие населения – состояние здоровья населения, среды обитания человека, при котором отсутствует вредное воздействие факторов среды обитания на человека, и обеспечиваются благоприятные условия его жизнедеятельности (статья 1).

В соответствии с Федеральным законом о «Санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» каждый гражданин, имея право на благоприятную среду обитания и возмещения вреда своему здоровью, правомочен получать от властных структур информацию о состоянии среды обитания, осуществлять общественный контроль за ее санитарным состоянием, вносить предложения по улучшению среды обитания. Такими же правами обладают индивидуальные предприниматели и юридические лица.

Каждый гражданин обязан заботиться о здоровье, гигиеническом воспитании и обучении своих детей, соблюдать требования санитарно-эпидемиологического законодательства и не осуществлять действия, его нарушающие. За данные нарушения установлена дисциплинарная, административная и уголовная ответственность.

Среда обитания человека - совокупность объектов, явлений и факторов окружающей (природной и искусственной) среды, определяющая условия жизнедеятельности человека;

Санитарно-эпидемиологическое благополучие населения обеспечивается посредством:

профилактики заболеваний в соответствии с санитарно-эпидемиологической обстановкой и прогнозом ее изменения;

государственного санитарно-эпидемиологического нормирования, надзора,

мониторинга;

сертификация продукции, работ и услуг, представляющих потенциальную опасность для человека;

лицензирования видов деятельности, представляющих потенциальную опасность для человека;

государственной регистрации потенциально опасных для человека химических и биологических веществ, радиоактивных веществ, отходов производства, а также впервые ввозимых на территорию РФ отдельных видов продукции;

мер по своевременному информированию населения о возникновении инфекционных заболеваний и отравлений;

мер по привлечению к ответственности за нарушение законодательства Российской Федерации в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

"Санитарные правила, нормы и гигиенические нормативы, в соответствии с законом РФ "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения", - нормативные акты, устанавливающие критерии безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды его обитания и требования к обеспечению благоприятных условий его жизнедеятельности.

Санитарные нормы подразделяются:

- по степени влияния: на предельно-допустимые и оптимальные нормы;

- по срокам действия: на условно-постоянные и временные нормы;

- по сфере применения: на общегосударственные и местные нормы;

- по обязательности применения: на обязательные (законодательные), т. е. носящие силу закона, и рекомендуемые, которые не имеют законодательной силы, а носят справочный характер. На основе рекомендуемых норм могут разрабатываться различные инструкции, предписания, постановления и другие документы.

Санитарные нормы разрабатываются в централизованном порядке институтами гигиены труда Министерства здравоохранения РФ, специализированными институтами охраны труда, а также институтами Госстроя.

Санитарные нормы и правила регламентируют предельно допустимые значения отдельных неблагоприятных производственных факторов, таких, как шум, вибрация, запыленность, загазованность, и устанавливают обязательные требования, по архитектурно-планировочным решениям исходя из функционального назначения объекта проектирования и безопасной организации работ.

- ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» от 24 июля1998 г. № 125-ФЗ (с изменениями на 17.03.2018г) устанавливает в Российской Федерации правовые, экономические и организационные основы обязательного социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний. Закон регулирует взаимоотношения пострадавших на производстве (застрахованных), работодателей (страхователей) и посредника между ними – страховщика (Фонда социального страхования РФ) по вопросам возмещения вреда, причиненного жизни и здоровью работника при исполнении им трудовых обязанностей.

Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектах» от 21 июля 1997 г. №т116-ФЗ (новая редакция от 29.07.2018 г.) определяет правовые, экономические и социальные основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов и направлен на предупреждение аварий и обеспечение готовности организаций, эксплуатирующих опасные производственные объекты, к локализации и ликвидации последствий указанных аварий.

Федеральный закон «О радиационной безопасности населения» от 9 января 1996 г. № 3-ФЗ определяет правовые основы обеспечения радиационной безопасности населения и работающих с источниками ионизирующих излучений в целях охраны здоровья

Важным звеном санитарного законодательства являются закон РФ «об охране здоровья граждан» от 22 июля 1993 г № 5487-1. Под нею подразумевается совокупность мер политического, экономического, правового, социального, культурного, научного, медицинского санитарно-гигиенического и противоэпидемиологического характера, направленных на сохранение и укрепление физического и психического здоровья каждого человека, поддержание его долголетней активной жизни, предоставление ему медицинской помощи в случае утраты здоровья.В целях охраны здоровья граждан, предупреждения инфекционных и профессиональных заболеваний работники отдельных профессий, перечень которых утверждается Правительством Российской Федерации, проходят обязательные при поступлении и периодические медицинские осмотры. Согласно статье 21 этого закона, работодатели несут ответственность за выделение средств на проведение обязательных и периодических медицинских осмотров.

Рассматривая санитарное законодательство, нельзя оставить без внимания Федеральный закон «О предупреждении распространения в Российской Федерации заболевания, вызываемого вирусом иммунодефицита человека (ВИЧ- инфекции)» от 30 марта 1995 г. № 38-ФЗ.

Правовое регулирование в области произ сан. осуществляется также:

- Гражданским кодексом РФ в части, касающейся вопросов возмещения морального вреда, причиненного несчастным случаем на производстве или профессиональным заболеванием
- Уголовным кодексом РФ в части, касающейся уголовной ответственности за нарушение требований охраны труда
- Кодексом РФ об административных правонарушениях в части, касающейся административной ответственности за нарушение требований охраны труда
- Налоговым кодексом РФ в части, касающейся отнесения затрат на обеспечение безопасных условий и охраны труда и на улучшение условий и охраны труда

5 Надзор и контроль за соблюдением санитарного законодательства

За соблюдением санитарного законодательства осуществляются следующие виды надзора и контроля:

- государственный;
- ведомственный;
- общественный.

Государственный надзор и контроль осуществляют специально уполномоченные на то службы и агентства, а именно:

- Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор). Положение о Федеральной службе по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 28.07.2018 № 885. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека является уполномоченным федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по контролю и надзору в сфере обеспечения санитарно- эпидемиологического благополучия населения и находится в ведении Министерства здравоохранения и социального развития РФ.
- Структура Роспотребнадзора: 1Центральный аппарат 2 Управления Роспотребнадзора по субъектам РФ 3 Центры гигиены и эпидемиологии в субъектах РФ 4 Научно-исследовательские институты 5 Противочумные учреждения 6 Санитарно-эпидемиологические службы министерств и ведомств

Основными задачами государственного санитарно- эпидемиологического надзора в России являются профилактика инфекционных и массовых неинфекционных заболеваний населения, предупреждение вредного воздействия на человека факторов среды обитания, а также гигиеническое воспитание и обучение граждан.

Организацию государственного санитарно-эпидемиологического надзора в РФ

осуществляют: руководитель Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека – главный государственный санитарный врач Российской Федерации, а также главные государственные санитарные врачи по субъектам Российской Федерации, по городам, районам и на транспорте.

Федеральная служба по надзору в сфере здравоохранения и социального развития (Росздравнадзор) осуществляет контроль за порядком осуществления медико-социальной экспертизы и установлением степени утраты профессиональной трудоспособности в результате несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

- Федеральная служба по труду и занятости (Роструд). Положение о Федеральной службе по труду и занятости утверждено постановлением Правительства Российской Федерации 30.06.2004 № 324.

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Ростехрегулирование) утверждено постановлением Правительства РФ от 17.06.2004 № 294. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии находится в ведении Министерства промышленности и энергетики РФ.

Ростехрегулирование организует: 1) экспертизу и подготовку заключений по проектам федеральных целевых программ, межгосударственных научно-технических и инновационных программ; 2) экспертизу проектов национальных стандартов; 3) обязательную метрологическую экспертизу содержащихся в проектах нормативных правовых актов РФ требований к измерениям, стандартным образцам и средствам измерений.

Агентство осуществляет: 1) руководство деятельностью Государственной службы времени, частоты и определения параметров вращения Земли, Государственной службы стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов, Государственной службы стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов; 2) создание технических комитетов по стандартизации и координацию их деятельности; 3) принятие программы разработки национальных стандартов;

Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) утверждена постановлением Правительства РФ от 30.07.2004 № 401. Руководство Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору осуществляет Правительство РФ.

Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору является: органом государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии; специально уполномоченным органом в области промышленной безопасности; органом государственного горного надзора; специально уполномоченным государственным органом в области экологической экспертизы в установленной сфере деятельности; органом государственного энергетического надзора; специально уполномоченным органом в области охраны атмосферного воздуха.

- Государственный надзор за точным и единообразным исполнением законов о труде осуществляют Генеральный прокурор РФ и подчиненные ему органы прокуратуры.

Министерства и ведомства осуществляют ведомственный контроль на подчиненных им предприятиях. К ведомственному контролю относится контроль, осуществляемый службой охраны труда предприятия.

Общественный контроль выполняют профсоюзы или уполномоченные общественные санитарные инспекторы на предприятиях.

6 Ответственность за нарушение требований ПС.

Лица, виновные в нарушении требований произв санитарии, невыполнении обязательств, предусмотренных коллективными договорами, или препятствующие деятельности представителей органов государственного надзора и контроля, а также органов общественного контроля, несут ответственность в соответствии с законодательством РФ. В зависимости от тяжести нарушений наступает дисциплинарная, административная,

материальная и уголовная и общественная ответственность.
Дисциплинарная ответственность – это ответственность работника за нарушение им трудовой дисциплины. Общий порядок дисциплинарной ответственности работников регламентируют ТК РФ (ст. 192), Типовые правила внутреннего распорядка на предприятиях.
Основанием для применения дисциплинарного взыскания является дисциплинарный проступок, под которым понимается противоправное, виновное неисполнение или ненадлежащее исполнение работником его трудовых обязанностей.
Административная ответственность – ответственность гражданина или должностного лица за совершение им (умышленно или неумышленно) действия, запрещенного правом, или за бездействие в случае, предписываемом правом, когда такое деяние (действие или бездействие) обладает меньшей степенью опасности, чем преступление; коротко – это ответственность за правонарушение, не влекущее за собой уголовной ответственности.
При административной ответственности лицо, нарушившее правовую норму, обычно не связано отношением служебного подчинения с административным органом, налагающим взыскание. Этим административная ответственность отличается от дисциплинарной ответственности.
Уголовная ответственность – ответственность лица за преступление, совершенное им умышленно (с прямым или косвенным умыслом) или по неосторожности (по легкомыслию или небрежности). Она регламентируется Уголовным кодексом Российской Федерации (УК РФ).
К лицам, совершившим преступление, могут применяться следующие наказания: штраф, лишение права занимать определенные должности или заниматься определенной деятельностью, исправительные работы, ограничение свободы, арест, лишение свободы на определенный срок.

Материальная ответственность. Она может быть двух разновидностей; предприятия В1 и работающего В2.

Согласно ТК РФ (ст. 232) сторона трудового договора (работодатель или работник) возмещает ущерб, причиненный ею другой стороне, если этот ущерб был причинен в результате виновного противоправного поведения (действия или бездействия). Каждая из сторон трудового договора обязана доказать размер причиненного ей ущерба (ст. 233).
Общественная ответственность. К нарушителю правил охраны труда могут быть применены следующие меры: объявление общественного предупреждения (1),.общественного порицания (2), передача дела на рассмотрение в товарищеский суд (3), постановка вопроса перед администрацией о переводе нарушителя на нижеоплачиваемую должность или понижение его а должности
Помимо этих видов ответственности законодательство предусматривает также ответственность предприятий и организаций за выпуск и поставку продукции не соответствующей требованиям ОТ.

7 Организация работ по ПС.
Для успешной работы по охране труда необходимо осуществление управления охраной труда - это подготовка, принятие и реализация решений по осуществлению, организационных, технических, санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.
Большая организующая роль в создании и поддержании нормальных и безопасных условий труда на предприятиях принадлежит отделу охраны труда, который находится в непосредственном подчинении главного инженера предприятия. Под контролем этого отдела должны постоянно находится гигиена труда, рациональное освещение, электробезопасность, борьба с пылью и газами, шумом и вибрацией, вентиляция, пожарная безопасность и др вопр. по об без усл труда.

На предприятиях с численностью более 50 работников создается служба охраны труда или вводится должность специалиста по охране труда, имеющего соответствующую подготовку или опыт работы в этой области.
В организациях со среднесписочной численностью работников (при отсутствии рабочих, занятых на тяжелых и с вредными и опасными условиями труда работах) до 700 человек эти функции могут выполнять отдельные специалисты по охране труда.
В организациях с большей численностью создается бюро охраны труда при штатной численности работников 3 – 5 единиц (включая начальника) или отдел – при штатной численности работников от 6 единиц.
Одной из задач отдела ОТ является проведение инструктажа и обучение рабочих безопасным методам работ.
В организациях с численностью более 10 работников работодателями создаются комитеты (комиссии) по охране труда. В их состав на паритетной основе входят представители работодателей, профессиональных союзов или иного уполномоченного работниками представительного органа.
Комитет (комиссия) по охране труда организует разработку раздела коллективного договора об охране труда, совместные действия работодателя и работников по обеспечению требований охраны труда, предупреждению производственного травматизма и профессиональных заболеваний, а также проведение проверок условий и охраны труда на рабочих местах и информирование работников о результатах указанных проверок.
Обучение по охране труда работников рабочих профессий
Работодатель обязан в 1 месяца после приема на работу организовать обучение безопасным методам и приемам выполнения работ всех поступающих на работу лиц, а также лиц, переводимых на другую работу.
Обучение по охране труда проводится при подготовке работников рабочих профессий, переподготовке и обучении их другим рабочим профессиям.
Основным документом, регламентирующими проведение инструктажей с работниками является Постановление Минтруда РФ и Минобразования РФ от 13 января 2003 г. N 1/29 (редакция от 30.11.2016 в апреле 2018г представлен новый проект редакции) "Об утверждении Порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций". В народе именуемое: «Приказ 1/29».
Еще существует совсем новый ГОСТ 12.0.004-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Организация обучения безопасности труда. Общие положения». С 01 марта 2017 года он заменил собой ГОСТ 12.0.004-90.
Различают следующие виды инструктажа рабочих: 1) вводный; 2) первичный на рабочем месте; 3) повторный инструктаж; 4) целевой (текущий) инструктаж; 5) внеплановый.
Вводный инструктаж – проводиться с целью ознакомления новичка с общими правилами и требованиями охраны труда на предприятии, правилами внутреннего распорядка (рассматривается все предприятие в целом)
Вводный инструктаж по охране труда проводится со всеми вновь принимаемыми на работу независимо от их образования, стажа работы по данной профессии или должности, с временными работниками, командированными, учащимися и студентами, прибывшими на производственное обучение или практику.
Вводный инструктаж на предприятиях проводит инженер по охране труда или лицо, на которое приказом работодателя возложены эти обязанности. Для проведения вводного инструктажа разрабатываются программа и инструкция, которые утверждаются работодателем.
О проведении вводного инструктажа делается запись в журнале регистрации вводного инструктажа с обязательной подписью инструктируемого и инструктирующего, а также в документы о приеме на работу.
От последующих инструктажей на рабочем месте освобождаются лица, не связанные с обслуживанием, испытанием, наладкой оборудования и инструментом. Составляется

Перечень профессий и должностей работников, освобожденных от инструктажей на рабочем месте, который утверждается работодателем.
Первичный инструктаж по охране труда на рабочем месте проводится до начала работы руководителем подразделения или по его поручению мастером:
- Со всеми поступающими на работу в подразделение, - С работниками организации, переведенными из другого структурного подразделения, либо работниками, которым поручается выполнение новой для них работы.
- С командированными работниками сторонних организаций, обучающимися образовательных учреждений, проходящими производственную практику.
Программа инструктажа предусматривает: Ознакомление с устройством оборудования, а также с опасными зонами оборудования и их ограждениями. Порядок подготовки к работе (проверка исправности оборудования, пусковых приборов, заземляющих устройств, инструмента, приспособлений). Порядок применения предохранительных приспособлений. Требования к спецодежде, спецобуви и другим сиз. Случаи производственного травматизма и их причины. Требования безопасности к электрооборудованию, осветительным приборам. Правила безопасности при выполнении работ совместно несколькими рабочими. Меры оказания первой помощи при несчастных случаях, личную гигиену рабочего. Ответственность рабочих за нарушение правил безопасности груда.
Повторный инструктаж по безопасным приемам и методам работы проводится со всеми рабочими независимо от их квалификации и стажа работы по данной профессии через каждые 6 месяцев. С рабочими обслуживающими оборудование повышенной опасности повторный инструктаж проводят не реже одного раза в 3 месяца.
Повторный инструктаж проводит непосредственный руководитель работ.
Целевой(текущий) инструктаж проводят:
- при выполнении разовых работ, не связанных с прямыми обязанностями по специальности (погрузка, выгрузка, уборка территории, разовые работы вне организации, цеха и участка) оформляется наряд-допуск;
- при ликвидации последствий аварий, стихийных бедствий и катастроф;
- при проведении экскурсий на предприятии.
- при организации массовых мероприятий с учащимися (экскурсии, походы, спортивные соревнования).
Инструктирование производится непосредственным руководителем работ - мастером, начальником цеха.
Внеплановый инструктаж необходим если:
при введении в действие новых или переработанных стандартов, правил, инструкций по охране труда, а также изменений к ним;
при изменении технологического процесса, замене или модернизации оборудования, приспособлений и инструмента, исходного сырья, материалов и других факторов, влияющих на безопасность труда;
при нарушении работающими требований безопасности труда, которые могут привести или привели к травме, аварии, взрыву или пожару, отравлению;
при перерывах в работе: для работ, к которым предъявляют дополнительные повышенные требования безопасности, более чем на 30 календарных дней, а для остальных работ на 60 дней.
- по требованию органов надзора; по решению работодателя.
При регистрации в личной карточке внепланового инструктажа должна указываться и причина его проведения.
О проведении всех инструктажей делаются отметки в специальном журнале или в индивидуальной карточке (с подписями инструктора и рабочего).

8 Производственный микроклимат

Производственный микроклимат – состояние воздушной среды в закрытых помещениях, характеризующийся температурой, скоростью движения воздушного потока и относительной влажностью воздуха, определённым тепловым излучением (при наличие источников лучистого тепла) и барометрическим давлением.

Температура, скорость движения возд. потока и относительная влажность воздуха, а также лучистый теплообмен определяют тепловой комфорт (дискомфорт) человека, находящегося в воздушной среде.

Спецификой производственного микроклимата является то, что хотя он формируется под влиянием климата местности (особенно при работах на открытом воздухе), но технология, производственный процесс значительно изменяют физические свойства окружающей воздушной среды, создавая своеобразные метеорологические условия на рабочих местах, что особенно проявляется в закрытых помещениях.

В таких помещениях микроклимат зависит, кроме технологии, также от имеющейся системы отопления и вентиляции. В связи с этим микроклимат может быть монотонным, когда его параметры мало изменяются в течение рабочей смены (ткацкие, швейные цеха) или, наоборот, очень динамичным (сталеплавильные, литейные цеха).

Терморегуляция осуществляется химическим и физическим путем. Химическая терморегуляция осуществляется за счет изменения уровня теплообразования, т. е. усиления или ослабления интенсивности обмена веществ в клетках организма.

Физическая терморегуляция осуществляется путем изменения интенсивности отдачи тепла.

Поддержание микроклимата на рабочих местах в пределах гигиенических норм – важнейшая задача ПС.

Микроклиматические (метеорологические) параметры, как каждое в отдельности, так и в различных сочетаниях оказывают огромное влияние на функциональную деятельность человека, его самочувствие и здоровье. Для производственных помещений в большинстве случаев характерно суммарное действие микроклиматических факторов. Такое действие может быть синергическим, когда воздействия неблагоприятных факторов усиливают друг друга, или антагонистическими, когда действие одного или нескольких факторов ослабляются или полностью уничтожаются другими.

Температура воздуха – характеризует тепловое состояние микроклимата. Измеряется в градусах Цельсия (□С) или в градусах Кельвина [К]. Температура воздуха оказывает большое влияние на самочувствие человека и производительность его труда. Она является основным фактором раздражающим нервные окончания поверхностных частей тела. От температуры зависят глубина и частота дыхания, скорость циркуляции крови, характер кроветворения, интенсивность окислительных и биохимических процессов. Высокая температура воздуха в производственных помещениях при сохранении других параметров на оптимальных и допустимых уровнях оказывает неблагоприятное влияние на сердечно–сосудистую, центральную нервную систему человека и пищеварения, вызывая нарушение их деятельности. Она вызывает быструю утомляемость организма, приводит к расслаблению тела человека, снижению внимания, а в наиболее неблагоприятных условиях – к перегреву организма (тепловой удар).

Влажность воздуха. Приняты следующие понятия при оценке влажности.

Абсолютная влажность- это содержание водяных паров в определенном объеме воздуха. ($г/м^3$)

Влажность воздуха в рабочей зоне выражают в величинах относительной влажности.

Относительная влажность – отношение абсолютной влажности к максимально возможной

при данной температуре. Измеряется в %.

Скорость движения воздуха – усреднённая скорость перемещения воздушных потоков под действием различных побуждающих сил. Измеряется в метрах в секунду (м/с). Скорость движения воздуха внутри производственных помещений вызывается естественной и механической вентиляцией, неравномерным нагревом воздушных масс, возникновением конвекционных воздушных потоков и за счёт возмущения воздушных потоков движущимися и вращающимися машинами, аппаратами, установками и людьми.

Тепловое излучение (инфракрасное излучение) – это периодические электромагнитные колебания с длиной волны 0,76– 1000 мкм (в гигиенической практике – до 30 мкм), которое испускает любое нагретое тело. Инфракрасное излучение подчиняется ряду важных физических закономерностей, установленных для абсолютно чёрного тела, а именно: это тело, полностью поглощающее все падающие на него излучения; тепловой излучатель – это излучатель, имеющий наибольшую мощность излучения при данной температуре для всех волн по сравнению с другими излучателями.

Основные производственные источники излучения – это электрические дуги, плавильные и нагревательные печи, открытое пламя, нагретый металл и др.) имеют температуру до 500 ^{0}С, а максимум излучения которых колеблется от 0,7 до 7 мкм.

Важнейшей характеристикой воздушной среды является барометрическое давление. Работа при пониженном (повышенном) барометрическом давлении меняет уровень поступления кислорода в организм и представляет опасность. Люди, работающие в условиях повышенного давления, могут получить кессонную болезнь, баротравмы ушей, воспаление синусовых полостей и лёгких или столкнуться с другими физиологическими проблемами.

Гигиеническое нормирование

В соответствии с ГОСТ 12.1.005–88* «Общие санитарно– гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» нормируемые параметры микроклимата подразделяются на оптимальные и допустимые.

Оптимальные условия микроклимата – это микроклиматические условия, которые обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8–ми часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для сохранения высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Допустимые условия микроклимата – это микроклиматические условия, которые не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья в течение рабочей смены (8 часов), но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности. Но эти изменения проходят за время отдыха, к началу следующей рабочей смены.

Профилактические мероприятия

Мероприятия по нормализации микроклиматических условий производственных помещений делят на 3 группы.

1 Строительно–технологические:

-Изменение самого технологического процесса - замена горячего способа обработки металла - холодным (штамповка), замена нагрева металла в нагревательных печах индукционным нагревом металла токами высокой частоты и др.

– замена старых и внедрение новых технологических процессов и оборудования;

– механизация и автоматизация произ процессов, дистанционное управление теплоизлучающими процессами;

– рациональное размещении оборудования в помещении;

– защита расстоянием (размещение теплоизлучающего оборудования в изолированных помещениях или на открытых площадках).

2 Санитарно–технические:

– герметизация оборудования. Плотно подогнанные дверцы, заслонки, блокировка закрытия технологических отверстий с работой оборудования — все это снижает выделение тепла от открытых источников;

теплоизоляция поверхностей оборудования – асбест, стекловолокно, войлок, пробковые материалы. Теплоизоляцию следует делать с таким расчетом, чтобы температура наружной стены оборудования не превышала 45˚С.

– экранирование источников теплового излучения;

– вентиляция, отопление и кондиционирование воздуха;

– тепловые завесы, воздушное душирование, тамбур– шлюзы.

3 Организационные:

– защита временем, рациональный режим труда и отдыха (дополнительные перерывы, сокращение длительности рабочей смены);

– помещения отдыха с оптимальными условиями комфорта (для обогрева с горячим питьем или «оазисы» с охлажденной питьевой водой);

– устройство в горячих цехах специально оборудованных комнат, кабин или мест для кратковременного отдыха, в которые подается очищенный и умеренно охлажденный воздух;

– фотарии (светолечебный кабинет, облучение ультрафиолетовыми и тепловыми лучами);

– организация рационального водно-солевого режима работающих с целью профилактики перегрева организма. Для этого к питьевой воде добавляют небольшое количество (0,2 -- 0,5%) поваренной соли и насыщают ее диоксидом углерода (сатурируют).

– средства индивидуальной защиты (СИЗ) –специальные одежда, обувь, средства защиты рук и головы.

9 НС на производстве

Несчастный случай на производстве – воздействие на работника производственного фактора при выполнении им трудовых (служебных) обязанностей или заданий работодателя, в результате которого произошли травма, внезапное ухудшение здоровья или отравление работника, которые привели его к временной или стойкой утрате трудоспособности, профессиональному заболеванию либо смерти.

Производственной травмой считается внезапное повреждение организма человека в результате НС на производстве.

Расследование и учет НС

Расследование несчастного случая на производстве – это выявление в установленном порядке причин, которые привели к несчастному случаю на производстве.

Учет несчастных случаев на производстве – это объективная документальная фиксация каждого несчастного случая на производстве.

Расследованию и учету подлежат несчастные случаи, происшедшие с работниками и другими лицами, участвующими в производственной деятельности работодателя, при исполнении ими трудовых обязанностей.

К лицам, участвующим в производственной деятельности работодателя, помимо работников, исполняющих свои обязанности по трудовому договору, в частности, относятся:

-работники и другие лица, получающие образование в соответствии с ученическим договором;

-обучающиеся, проходящие производственную практику;

-лица, страдающие психическими расстройствами, участвующие в производительном труде на лечебно-производственных предприятиях в порядке трудовой терапии в соответствии с медицинскими рекомендациями;

-лица, осужденные к лишению свободы и привлекаемые к труду;

-лица, привлекаемые в установленном порядке к выполнению общественно-полезных работ;

-члены производственных кооперативов и члены крестьянских (фермерских) хозяйств, принимающие личное трудовое участие в их деятельности.

- лица, привлеченными в установленном порядке к участию в работах по предотвращению катастрофы, аварии или иных чрезвычайных обстоятельств либо в работах по ликвидации их последствий.

Порядок расследования и учета несчастных случаев на производстве определяется ст. 227-231 ТК РФ и Положением об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях, утвержденным постановлением Минтруда России от 24 октября 2002 г. № 73.

Расследуются НС если они произошли:

- в течение рабочего времени на территории работодателя либо в ином месте выполнения работы, в том числе во время установленных перерывов, а также в течение времени, необходимого для приведения в порядок орудий производства и одежды, выполнения других предусмотренных правилами внутреннего трудового распорядка действий перед началом и после окончания работы, или при выполнении работы за пределами установленной для работника продолжительности рабочего времени, в выходные и нерабочие праздничные дни;

- при следовании к месту выполнения работы или с работы на транспортном средстве, предоставленном работодателем, либо на личном транспортном средстве в случае использования личного транспортного средства в служебных целях по распоряжению работодателя или по соглашению сторон трудового договора;

- при следовании к месту служебной командировки и обратно, во время служебных поездок на общественном или служебном транспорте, а также при следовании по распоряжению работодателя к месту выполнения работы и обратно, в том числе пешком;

- при следовании на транспортном средстве в качестве сменщика во время междусменного отдыха (водитель-сменщик на транспортном средстве, проводник или механик рефрижераторной секции в поезде);

- при работе вахтовым методом во время междусменного отдыха, а также при нахождении на судне (воздушном, морском, речном) в свободное от вахты и судовых работ время;

- при действиях, направленных на предотвращение катастрофы, аварии или несчастного случая.

Расследуются также, но в зависимости от конкретных обстоятельств могут квалифицироваться как несчастные случаи, не связанные с производством следующие НС:

- смерть вследствие общего заболевания или самоубийства, подтвержденная в установленном порядке соответственно медицинской организацией, органами следствия или судом;

- смерть или повреждение здоровья, единственной причиной которых явилось по заключению медицинской организации алкогольное, наркотическое или иное токсическое опьянение (отравление) пострадавшего, не связанное с нарушениями технологического процесса, в котором используются технические спирты, ароматические, наркотические и иные токсические вещества;

-несчастный случай, происшедший при совершении пострадавшим действий (бездействия), квалифицированных правоохранительными органами как уголовно наказуемое деяние.

Обязанности работодателя при несчастном случае

При несчастных случаях, указанных в статье 227 Тр Кодекса, работодатель обязан:

- немедленно организовать первую помощь пострадавшему и при необходимости доставку его в медицинскую организацию;

- принять неотложные меры по предотвращению развития аварийной или иной чрезвычайной ситуации и воздействия травмирующих факторов на других лиц;

- сохранить до начала расследования несчастного случая обстановку, какой она была на момент происшествия, если это не угрожает жизни других лиц и не ведет к катастрофе, аварии или возникновению иных ЧС, а в случае невозможности ее сохранения - зафиксировать сложившуюся обстановку (сделать фото, видео);

- принять необходимые меры по организации расследования несчастного случая, оформлению материалов расследования и его учет.

- немедленно проинформировать о несчастном случае органы и организации, а о тяжелом несчастном случае или несчастном случае со смертельным исходом - также родственников пострадавшего.

Ответственность работодателя за сокрытие несчастного случая на производстве

Если работодатель не сообщает о несчастном случае в вышеназванные органы в установленные сроки, это расценивается как нарушение требований трудового законодательства, а также является основанием для квалификации данного правонарушения как сокрытие несчастного случая (ст. 15.34 КоАП)*.

Сокрытие страхователем наступления страхового случая при обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и проф заб – влечет наложение административного штрафа:

на граждан в размере от 300 до 500 рублей;

на должностных лиц в размере от 500 до 1000 рублей;

на юридических лиц в размере от 5000 до 10000 рублей.

Статья 229. Порядок формирования комиссий по расследованию несчастных случаев

Для расследования легкого несчастного случая работодатель образует комиссию в составе не менее 3х человек. В состав комиссии включаются специалист по охране труда, представители работодателя, представители профсоюзной организации. Для НС с легким исходом Комиссию возглавляет работодатель.

При расследовании несчастного случая (в том числе группового), в результате которого один или несколько пострадавших получили тяжелые повреждения здоровья, либо несчастного случая (в том числе группового) со смертельным исходом в состав комиссии также включаются государственный инспектор труда, представители органа исполнительной власти субъекта Российской Федерации, представитель территориального объединения организаций профсоюзов, а при расследовании указанных несчастных случаев с застрахованными - представители исполнительного органа страховщика. Работодатель образует комиссию и утверждает ее состав во главе с государственным инспектором труда.

Несчастный случай, происшедший с лицом, направленным для выполнения работы к другому работодателю и участвовавшим в его производственной деятельности, расследуется комиссией, образованной работодателем, у которого произошел несчастный случай. В состав комиссии входит представитель работодателя, направившего это лицо.

При групповом несчастном случае с числом погибших 5 человек и более комиссию возглавляет руководитель государственной инспекции труда - главный государственный инспектор труда соответствующей государственной инспекции труда или его заместитель по охране труда.

В случае острого отравления или радиационного воздействия, превысившего установленные нормы, в состав комиссии включается также представитель территориального центра государственного санитарно-эпидемиологического надзора;

При крупных авариях с человеческими жертвами 15 и более человек расследование проводится комиссией, назначаемой Правительством России.

Статья 229.1. Сроки расследования несчастных случаев

Расследование несчастного случая (в том числе группового), в результате которого 1 или несколько пострадавших получили легкие повреждения здоровья, проводится комиссией в течение 3 дней. Расследование несчастного случая (в том числе группового), в результате которого один или несколько пострадавших получили тяжелые повреждения здоровья, либо несчастного случая со смертельным исходом проводится комиссией в течение 15 дней.

При необходимости проведения дополнительной проверки обстоятельств несчастного случая, сроки могут быть продлены председателем комиссии, но не более чем на 15 дней.

Статья 230. Порядок оформления материалов расследования несчастных случаев

Акт о нс заполняется в 3х экземплярах.

После завершения расследования акт о несчастном случае на производстве подписывается всеми лицами, проводившими расследование, утверждается работодателем и заверяется печатью.

Экземпляр указанного акта вместе с материалами расследования хранится в течение 45 лет работодателем.

Краткий план действий при обнаружении факта нс :

Отправка извещения о несчастном случае (ст. 228.1 ТК РФ; п.5 ч.1 Постановления Министерства труда и социального развития РФ от 24.10.2002 №73);

Создание комиссии по расследованию несчастного случая (ст. 229 ТК РФ);

Запрос в медицинские учреждение на получение медицинской справки 315/У «О характере полученных повреждений здоровья в результате несчастного случая на производстве и степени их тяжести» (Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 15.04.2005 № 275);

Проведение опросов пострадавшего, очевидцев, должностных лиц (ст. 229.2 ТК РФ);

Осмотр места происшествия, заполнение соответствующего протокола (ст. 229.2 ТК РФ);

Составление схемы места происшествия (ст. 229.2 ТК РФ);

Формирование акта Н-1.

10 профессиональные заболевания

Профессиональное заболевание - заболевание, развившееся в результате воздействия факторов риска, обусловленных трудовой деятельностью (определение Международной организации труда МОТ).

Профессиональное заболевание - хроническое или острое заболевание работника, являющееся результатом воздействия на него вредных производственных факторов и повлекшее временную или стойкую утрату им профессиональной трудоспособности ("Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний". Федеральный закон от 24.07.98 N 125-ФЗ).

Профессиональная заболеваемость - показатель числа вновь выявленных в течение года больных с профессиональными заболеваниями и отравлениями, рассчитанный на 100, 1 000, 10 000, 100 000 работников.

Основными причинами профессиональной заболеваемости являются:

- несовершенство технологических процессов; - конструктивные недостатки средств труда;
- несовершенство рабочих мест; - неприменение, отсутствие или несовершенство

СИЗ;
- нарушение правил техники безопасности и производственной санитарии
- профессиональный контакте инфекционным агентом; отступления от технологического процесса.

Опасность для здоровья работника производственных факторов окружающей среды различной природы (физической, химической, биологической) в комбинации с неблагоприятным характером трудовой деятельности может усугубляться ролью генетических, экологических и социальных показателей.

Профессионально обусловленная заболеваемость - заболеваемость общими (не относящимися к профессиональным) заболеваниями различной природы происхождения, имеющая тенденцию к повышению по мере увеличения стажа работы в неблагоприятных условиях труда и превышающая таковую в профессиональных группах, не подвергающихся воздействию вредных факторов.

К профессионально обусловленным заболеваниям относятся заболевания сердечно-сосудистой системы (артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца), нервно-психические заболевания типа невроза, болезни опорно-двигательного аппарата (например, пояснично-крестцовый радикулит), ряд заболеваний органов дыхания.

Расследование профессиональных заболеваний

Расследованию и учету подлежат острые и хронические профессиональные заболевания (отравления).

Профессиональное заболевание, возникшее у работника, подлежащего обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, является страховым случаем.

Порядок установления наличия профессионального заболевания

Устанавливать диагноз хронического профессионального заболевания (или интоксикации) дано право только специализированным лечебно-профилактическим учреждениям и их подразделениям (центр профпатологии, клиника и отдел профзаболеваний, выполняющие его функции), имеющим соответствующие лицензии и сертификат.

При установлении диагноза профессионального заболевания (т.е. проведения экспертизы связи заболевания с профессией) учитываются:

- сведения о профессиональном маршруте за весь период трудовой деятельности; данные санитарно-гигиенической характеристики условий труда с указанием конкретных параметров всех вредных производственных факторов и их экспозиции в соответствии с профессиональным маршрутом;
- данные предварительных (при приеме на работу) и периодических медицинских осмотров;
- сведения об обращаемости работника в учреждения здравоохранения за медицинской помощью и его болезнях, в том числе и с временной утратой трудоспособности;
- результаты комплексного клинико-функционального обследования, свидетельствующие о наличии изменений, характерных для данного профессионального заболевания.

При установлении предварительного диагноза - острое профессиональное заболевание (отравление) учреждение здравоохранения обязано в течение 1 суток направить экстренное извещение о профессиональном заболевании работника в центр государственного санитарно-эпидемиологического надзора, и сообщение работодателю по форме, установленной Минздравом России.

Центр государственного санитарно-эпидемиологического надзора, получивший экстренное извещение, в течение 1 суток со дня его получения приступает к выяснению обстоятельств и причин возникновения заболевания, по выяснении которых составляет санитарно-гигиеническую характеристику условий труда

работника и направляет ее в учреждение здравоохранения по месту жительства или по месту прикрепления работника.

Учреждение здравоохранения на основании клинических данных состояния здоровья работника и санитарно-гигиенической характеристики условий его труда устанавливает заключительный диагноз - острое профессиональное заболевание (отравление) и составляет медицинское заключение.

При установлении предварительного диагноза - хроническое профессиональное заболевание (отравление) извещение о профессиональном заболевании работника в 3-дневный срок направляется в центр государственного санитарно-эпидемиологического надзора.

Центр государственного санитарно-эпидемиологического надзора в 2-недельный срок со дня получения извещения представляет в учреждение здравоохранения санитарно-гигиеническую характеристику условий труда работника.

Учреждение здравоохранения, установившее предварительный диагноз - хроническое профессиональное заболевание (отравление), в течение 1 месяца обязано направить больного на амбулаторное или стационарное обследование в специализированное лечебно-профилактическое учреждение (центр профессиональной патологии), с представлением следующих документов:

а) выписка из медицинской карты амбулаторного и (или) стационарного больного;

б) сведения о результатах предварительного (при поступлении на работу) и периодических медицинских осмотров; в) санитарно-гигиеническая характеристика условий труда; г) копия трудовой книжки.

Центр профессиональной патологии на основании клинических данных состояния здоровья работника и представленных документов устанавливает заключительный диагноз - хроническое профессиональное заболевание (в том числе возникшее спустя длительный срок после прекращения работы в контакте с вредными веществами или производственными факторами), составляет медицинское заключение и в 3-дневный срок направляет соответствующее извещение в центр государственного санитарно-эпидемиологического надзора, работодателю, страховщику и в учреждение здравоохранения, направившее больного.

Медицинское заключение о наличии профессионального заболевания выдается работнику под расписку и направляется страховщику и в учреждение здравоохранения, направившее больного.

Ответственность за своевременное извещение о случае острого или хронического профессионального заболевания, об установлении, изменении или отмене диагноза возлагается на руководителя учреждения здравоохранения, установившего (отменившего) диагноз.

Порядок расследования обстоятельств и причин возникновения профессионального заболевания

Расследование каждого случая острого или хронического профзаболевания (отравления) проводится комиссией на основании приказа, издаваемого работодателем с момента получения извещения об установлении заключительного диагноза:

незамедлительно – при групповом заражении особо опасными инфекциями или со смертельным исходом;

в течение 24 часов – при предварительном диагнозе острого профессионального заболевания (отравлении);

в течение 10 суток – при хроническом профессиональном заболевании (отравлении).

Работодатель обязан организовать расследование обстоятельств и причин возникновения у работника профессионального заболевания. Комиссия по расследованию профессионального заболевания, возглавляется главным врачом центра государственного санитарно-эпидемиологического надзора. В состав комиссии входят представитель работодателя, специалист по охране труда, представитель учреждения здравоохранения, профсоюзного органа.

Работник имеет право на личное участие в расследовании возникшего у него профессионального заболевания. По его требованию в расследовании может принимать участие его доверенное лицо.

Для проведения расследования работодатель обязан:

а) представлять документы и материалы, в том числе архивные, характеризующие условия труда на рабочем месте;

б) проводить по требованию членов комиссии за счет собственных средств необходимые экспертизы, лабораторно-инструментальные и другие гигиенические исследования с целью оценки условий труда на рабочем месте; в) обеспечивать сохранность и учет документации по расследованию.

В процессе расследования комиссия опрашивает сослуживцев работника, лиц, допустивших нарушение государственных санитарно-эпидемиологических правил, получает необходимую информацию от работодателя и заболевшего.

На основании рассмотрения документов комиссия устанавливает обстоятельства и причины профессионального заболевания работника, определяет лиц, допустивших нарушения государственных санитарно-эпидемиологических правил, иных нормативных актов, и меры по устранению причин возникновения и предупреждению профессиональных заболеваний.

Если комиссией установлено, что грубая неосторожность застрахованного содействовала возникновению или увеличению вреда, причиненного его здоровью, то с учетом заключения профсоюзного или иного уполномоченного застрахованным представительного органа комиссия устанавливает степень вины застрахованного (в процентах).

Порядок оформления акта о случае профессионального заболевания

По результатам расследования комиссия составляет акт о случае профессионального заболевания, по форме, установленной Постановление м Правительства Российской Федерации от 5 декабря 2000 г. № 967 «Об утверждении положения о расследовании и учете профессиональных заболеваний» и который является документом, устанавливающим профессиональный характер заболевания, возникшего у работника на данном производстве.

Акт составляется в 3-дневный срок по истечении срока расследования в 5 экземплярах, предназначенных для работника, работодателя, центра государственного санитарно-эпидемиологического надзора, центра профессиональной патологии (учреждения здравоохранения) и страховщика. Акт подписывается членами комиссии, утверждается главным врачом центра государственного санитарно-эпидемиологического надзора и заверяется печатью центра.

В акте о случае профессионального заболевания подробно излагаются обстоятельства и причины профессионального заболевания, а также указываются лица, допустившие нарушения государственных санитарно-эпидемиологических правил, иных нормативных актов. В случае установления факта грубой неосторожности застрахованного, содействовавшей возникновению или увеличению вреда, причиненного его здоровью, указывается установленная комиссией степень его вины (в процентах).

Физиология труда - раздел таких медицинских дисциплин нормальная физиология и гигиена труда, изучающий измене функционального состояния организма человека под производственной деятельности и разрабатывающий чески обоснованные средства организации трудового процесса, способствующие предупреждению утомления и поддержанию высокого уровня работоспособности.

Исследования по физиологии труда проводятся в двух направлениях:

изучение общих физиологических закономерностей трудовых процессов;

изучение физиологических реакций организма при конкретных видах производственной деятельности.

Задачи физиологии труда охватывают широкий круг вопросов:

изучение физиологических закономерностей при физических, нервно-психических нагрузках и при воздействии других вредных производственных факторов (шума, вибрации, микроклимата и др.);

исследование физиологических механизмов, определяющих динамику работоспособности человека в современных производственных условиях;

разработку физиологических основ мероприятий в целях повышения работоспособности и снижения утомления.

Классификация основных видов (форм) организации трудовой деятельности. Автоматизированный труд подразделяется на комплексно-автоматизированный и собственно автоматизированный. Комплексная автоматизация труда - это такая высокая степень организации производства, при которой управление осуществляется с дистанционных щитов и пультов управления, располагающихся в изолированных помещениях или кабинах. Ее разновидностью является автономная комплексная автоматизация труда, представленная разнообразными транспортными средствами. Основной вред в данном случае наносят нервно-психические перегрузки.

Автоматизированное производство - более низкая ступень, так как в ее организации хотя и имеет место управление с пультов и щитов, но они располагаются в цехе рядом с оборудованием. Поэтому к такому вредному производственному фактору как нервно-психические перегрузки прибавляются факторы, присущие конкретному производству: химические вещества, пыль, шум и пр.

В целом же автоматизированный труд имеет несомненное гигиеническое преимущества прежде всего в том, что в несколько раз сокращается численность работников во вредных условиях труда.

Механизация труда - это более низкая, но самая частая ступень организации производства, при которой полностью или частично рабочие операции выполняют машины и механизмы. Механизация труда подразделяется на комплексно-механизированный, собственно механизированный и механизированно-ручной труд.

Комплексно-механизированный труд представляет такую организацию производственного процесса, когда основные и вспомогательные технологические процессы выполняются машинами, механизмами и другими видами оборудования. На первый план из вредных производственных факторов выходят те, которые генерирует данное производство- шум, пыль и пр.

Механизированный труд отличается от предыдущего тем, что в нем имеет место неполная механизация. Поэтому при этой распространенной форме организации производства наблюдаются физические перегрузки в сочетании с воздействием других вредных производственных факторов.

Механизированно-ручной труд (весьма распространенный) тоже относится к труду с неполной механизацией, так как при выполнении работ широко используются механизированно-ручные пневмо- и электроинструменты. Эти вредные производственные факторы аналогичны физическим перегрузкам, но выражены в боль- шей степени.

Ручной труд - это труд, который выполняется вручную с использованием исключительно

мускульной силы человека и примитивных орудий труда (лопаты, лома и др.) без применения инструментов с приводом. Главным вредным производственным фактором при ручном труде являются физические перегрузки. Другие вредные производственные факторы воздействуют на работника достаточно интенсивно, так как он находится в эпицентре их выделения (генерации) - на расстоянии вытянутой руки. Исключением надо считать ручной труд при работе на конвейерах, при котором у трудящихся возможны нервно-психические перегрузки. На производстве указанные виды труда далеко не всегда встречаются в чистом виде, а чаще в различных соотношениях.

Некоторые понятия в физиологии труда. Эффективность трудовой деятельности человека в значительной степени зависит от следующих факторов: предмет и орудия труда, организация рабочего места, условия труда, технико-организационные мероприятия. Эффективность согласования указанных факторов с возможностями человека во многом зависит от наличия определенной работоспособности.

Работоспособность - величина функциональных возможностей организма, характеризующаяся количеством и качеством работы, выполняемой за определенное время. Уровень функциональных возможностей человека зависит от условий труда, состояния здоровья, возраста, степени тренированности, мотивации к труду и. других факторов.

На уровень и динамику работоспособности существенно влияют специфические особенности каждой конкретной деятельности. Состояние работоспособности оценивается по физиологическим показателям функционального состояния центральной нервной системы, нервно-мышечного аппарата, сердечно-сосудистой, дыхательной и других систем, обеспечивающих данную конкретную деятельность.

Изменения работоспособности в течение дневной рабочей смены имеют несколько фаз или сменяющих друг друга состояний человека

Фаза врабатывания или нарастающей работоспособности. В этот период постепенно повышается подвижность функционирования систем организма, ускоряется и увеличивается объем физиологических процессов. Уровень работоспособности постепенно повышается по сравнению с исходным. Это выражается в улучшении физиологических показателей и результатов труда. В зависимости от характера труда и индивидуальных особенностей человека, этот период длится от нескольких минут до 1,5-2,5 ч.

Фаза высокой устойчивой работоспособности. Для нее характерно сочетание высоких трудовых показателей с относительной стабильностью или даже некоторым снижением напряженности физиологических функций. Ее продолжительность может быть 2-2,5 ч и более в зависимости от степени нервно-психических, физических нагрузок и в целом условий труда.

Фаза снижения работоспособности (утомление). Падение работоспособности сопровождается уменьшением функциональных возможностей основных работающих систем и органов человека. Наблюдаемое к обеденному перерыву падение работоспособности проявляется в ухудшении функций сердечно-сосудистой (изменение артериального давления, частоты пульса), нервной (увеличение времени протекания рефлексов, снижение внимания, появление лишних движений, ошибочных реакций, замедление скорости решения задач) и других систем.

Фаза восстановления работоспособности. Во время отдыха после первой половины рабочей смены она характеризуется увеличением жизненных функций организма.

Динамика работоспособности повторяется и после междусменного перерыва. При этом фаза врабатывания протекает быстрее, а фаза устойчивой работоспособности по уровню ниже и менее дли- тельная, чем до перерыва. Во второй половине смены снижение работоспособности наступает раньше и развивается быстрее в связи с наступлением более выраженного утомления. Перед самым концом работы наблюдается некоторое повышение работоспособности - так называемый конечный порыв перед наступлением отдыха.

Изменение работоспособности может быть и в течение недели, так как за выходные дни в известной мере угасают трудовые условные рефлексы. Отсюда и народное наблюдение – понедельник тяжелый день. Конец рабочей недели знаменуется накоплением утомления. Аналогично динамика изменения работоспособности, правда, не столь выраженная наблюдается и при годовом цикле работы.

Оценка профессиональной работоспособности обычно с помощью комплекса наиболее адекватных физиологических показателей с учетом вида трудовой деятельности, рабочего напряжения, степени тренированности и индивидуальных особенностей организма. При этом чаще всего состояние сердечно-сосудистой, нервно-мышечной системы.

В то же время следует помнить, что о состоянии профессиональной работоспособности можно в некоторых случаях непосредственно по динамике утомления, показателями которого в процессе труда могут являться увеличение продолжительности и вариабельности выполнения производственных операций, числа ошибок, стихийно возникающих перерывов в работе (микропауз) и т.д.

При определении МПК в качестве нагрузки применяется на месте, степ-тест (подъемы на ступеньку) или работа на велоэргометре.

Величина МПК у испытуемого устанавливается с помощью соответствующего графика (или номограммы) по увеличению частоты сердечных сокращений в ответ на увеличение нагрузки (обычно до 170 в 1 мин).

Последнее время для определения общей физической работоспособности при современных видах труда, связанных, в частности, с гипокинезией, стали использовать показатель способности к выполнению внешней механической работы PWC 170 (Physical working capacity).

Для возможности сопоставления полученную величину PWC, 7о следует разделить на массу тела обследуемого, т. е. определить способность испытуемого развивать определенную удельную мощность внешней работы, Вт/кг. В качестве ориентиров при оценке величины PWC 170 можно использовать данные для здоровых людей, которые составляют у мужчин в среднем 168 Вт; у женщин - в среднем 105 Вт. У спортсменов этот показатель в зависимости от специализации колеблется от 163 до 327 Вт.

Условный рефлекс - изменение функций организма в ответ на внешние условия. Они обладают важным свойством, а именно: работающий человек с закрепленными условными рефлексами чрезвычайно экономно расходует жизненные силы организма при выполнении работы. Условный рефлекс обозначается еще как временный и постепенно угасает без подкрепления, т. е. повторения какой-либо работы.

Примерам выработки и закрепления условного рефлекса может быть обучение работника. После его обучения правилам охраны труда ученику дают в руки молоток, и он должен забить гвоздь. Расчленение этой операции на то, как держать молоток, затем гвоздь, как ударять одним по другому - все эти навыки в виде конкретных условных рефлексов достигаются при повторении названных операций. Условные рефлексы вырабатываются и закрепляются в коре головного мозга, иначе говоря, при активном функционировании центральной нервной системы.

Для трудовой деятельности человека характерно многократное повторение в определенной последовательности различного рода операций, которые складываются из отдельных условных рефлексов в определенную функциональную систему работы коры головного мозга, названную динамическим стереотипом.

Динамический стереотип - устойчивая слаженная система рефлексов, которая образуется в результате многократного повторения условных рефлексов в определенной последовательности и через определенные промежутки времени. В дальнейшем ответ организма определяется не воздействующем раздражителем, а возникающим на его месте условным раздражителем. Механизм динамического стереотипа заключается в формировании в мозге повторяющихся нервных процессов, отражающих пространственные, временные и порядковые особенности воздействия на организм

внешних и внутренних раздражителей. Таким образом, нервные процессы программируют предстоящую деятельность мозга, чем обеспечивается точность и своевременность реакции организма на привычные раздражители производственной обстановки. Изменение условий труда приводит к ломке динамического стереотипа и замене его новым. Его переделка создает реакцию напряжения, тем большую, чем сложнее переделка и длительнее существование стереотипа. Скорость переделки стереотипа зависит также от возраста, функционального состояния центральной нервной системы, типа высшей нервной деятельности человека.

Динамический стереотип как совокупность условных рефлексов включает в себя, помимо двигательных, и вегетативные компоненты, создающие единую систему жизнеобеспечения при осуществлении рабочих движений. В трудовой деятельности динамический стереотип вырабатывается в ходе обучения рабочего производственным операциям. После многократного повторения приемов работы и их усвоения переход от одного элемента рабочей операции к другому происходит без переключения внимания и мышления на выполнение каждого элемента. По мере закрепления динамического стереотипа возникает автоматизм в действиях работников и значительная экономия энергетической мощности организма.

Утомление - это физиологический, а не патологический процесс, который характеризуется снижением функциональных возможностей организма. Оно наступает вследствие выполнения работы, которая сопровождается значительными физическими и нервно-психическими нагрузками. Итогом утомления могут стать снижение работоспособности, ухудшение количества и качества выполняемой работы, нарушение координации движений, уменьшение памяти и пр. Субъективно это состояние называется усталостью. Механизм развития утомления от разных причин в принципе одинаков как из-за тяжести, так и из-за напряженности труда. В его основе лежит наступление торможения деятельности коры головного мозга. Этот процесс справедливо рассматривается как охранительная функция организма, выработанная в процессе эволюции живого организма.

Физические нагрузки (тяжесть трудового процесса). Различают статическую и динамическую работу.

Статическая работа - процесс сокращения мышц, необходимый для поддержания тела или его частей в пространстве. В процессе труда она связана с фиксацией орудий и предметов труда в неподвижном состоянии, а также с приданием человеку рабочей позы. Статическая работа может быть выполнена одной рукой или двумя руками, с участием корпуса и ног, может выполняться в неудобной позе - с наклоном корпуса, лежа, на корточках и т.д.

При статическом усилии с точки зрения физики внешняя механическая работа отсутствует, однако в физиологическом смысле при статических усилиях работа налицо. Она характеризуется теми активными физиологическими процессами, которые протекают в нервно-мышечном аппарате и центральной нервной системе и обеспечивают поддержание напряженного состояния систем и органов человека. При статической работе повышается обмен веществ, увеличивается расход энергии, хотя и в меньшей степени, чем при динамической работе. Статическая работа более утомительна, чем динамическая, поскольку напряжение мышц длится непрерывно без пауз, не допуская их отдыха. Помимо этого, при статической работе кровообращение в работающих мышцах затруднено, происходит уменьшение в них объемного кровотока, уменьшение поступления кислорода и накопление большого количества молочной кислоты - биохимического признака утомления, пропорционально величине статического напряжения.

При длительном поддержании статического напряжения утомление мышц, сочетаясь с недостаточным кровоснабжением, может привести к развитию различных заболеваний.

Динамическая работа представляет собой наиболее распространенный вид двигательной активности человека в процессе труда.

При этом различные части двигательного аппарата могут принимать весьма различное участие в выполнении работы, и сама двигательная работа всегда в какой-то степени

сочетается со статической. Сила мышц человека достаточно большая. Например, при сгибании локтя она составляет до 40 кг, мышц рук- до 250 кг, а ахиллесово сухожилие на ноге выдерживает груз до 500 кг. Образно говоря, организм человека это не силовая, а скоростная машина. Поэтому человек быстрее и с большим качеством выполняет кратковременную силовую работу и хуже, с более частым утомлением, длительную систематическую работу. Мышечная сила, измеренная в килограммах, различна у женщин и мужчин. У первых она ниже на 20-30%, что требует разных предельно допустимых величин физических нагрузок для лиц разного пола. Мышечная сила меняется в течение жизни и начинает снижаться у лиц в возрасте 40 лет. У мужчин к 60 годам она снижается примерно на 80-85%, а у женщин к 55 годам составляет половинную величину силы муж- чин того же возраста. Тренировка увеличивает мышечную силу на одну треть.

Мышечная выносливость- способность длительное время выполнять заданную работу, также меняется в течение времени. Ее снижение более чем на 20% указывает на развитие выраженного утомления.

Динамическая и статическая работа подразделяются на общую, региональную и локальную.

Общая мышечная работа выполняется более чем двумя-тремя массами скелетной мускулатуры, в том числе ног и туловища. Такая работа характерна для тех видов профессиональной деятельности, где полностью или в значительной степени отсутствует механизация - некоторые виды сельскохозяйственных работ, труд грузчиков и др.

Региональная мышечная работа выполняется преимуществен но мускулатурой плечевого пояса и верхних конечностей. В участвуют от одной до двух третей массы скелетной. Примерам могут служить работа станочника, слесаря и другие деятельности, выполняемые обычно стоя.

Нервно-психические нагрузки (напряженность трудового процесса) - под ними подразумеваются различные виды трудовой деятельности, которые сопровождаются функций прежде всего центральной нервной системы. Ранее такой' труд назывался умственным, сейчас это определение следует считать устаревшим.

В понятие напряженности труда, вследствие его сложности, входят следующие разновидности. Прежде всего это интеллектуальные нагрузки, которые могут быть различными из-за содержания и характера выполняемой работы, восприятия сигналов (информации), сложности задания. Такие нагрузки имеют, например, профессии управленческого и творческого труда. Сенсорные нагрузки включают длительность сосредоточенного наблюдения,·плотность сигналов, число и размеры объектов одновременного наблюдения, включая оптические приборы, видеотерминалы, нагрузку на орган слуха и голосовой аппарат. Примерам профессий могут быть операторы, преподаватели. В качестве эмоциональных нагрузок могут быть степени ответственности за работу, собственную жизнь и безопасность других лиц. Самый наглядный пример профессии - водитель транспортных средств. Монотонность нагрузки оценивается по числу повторяющихся элементов заданий, временем активных и пассивных действий. В качестве примера можно привести работающих на конвейере. Наконец, при напряженном труде учитывается режим работы - длительность рабочего дня, сменность, наличие перерывов и их продолжительность. Это работа с ненормированным рабочим днем, работа в разные рабочие смены.

Указанные разновидности нервно-психических нагрузок достаточно часто встречаются одновременно. Под влиянием работы с нервно-психической составляющей состояние функций организма претерпевает фазовые изменения. В начале работы улучшаются память, внимание, запоминание, скорость выполнения "тестовых задач" и профессиональная работоспособность. Длительная нервно- психическая нагрузка оказывает угнетающее влияние на деятельность организма и особенно на функцию центральной нервной системы: ухудшаются внимание (объем, концентрация, переключение), память (кратковременная и долговременная), восприятие (появляется

большое количество ошибок).
Нервно-психические нагрузки приводят к усилению сердечно-сосудистой деятельности, системы дыхания, энергетического обмена; повышению тонуса мускулатуры, а при перегрузках возможно возникновение различных заболеваний. При экстремальных нервно-психических перегрузках может быть развитие особого состояния, называемого стрессом. При стрессе наблюдается общий адаптационный синдром или совокупность изменений, возникающих в организме при воздействии стресса.
В развитии общего адаптационного синдрома различают три последовательные стадии. Первая - стадия тревоги, во время которой происходит мобилизация защитных сил организма. Вторая стадия характеризуется восстановлением нарушенного равновесия, когда организм становится более устойчив в ответ на воздействие чрезвычайных внешних ситуаций и внутриорганизменных болезненных состояний. При невозможности организма преодолеть влияние негативных моментов наступает третья стадия - истощение. Самым тяжелым проявлением адаптационного синдрома является шок (по-английски - удар) или острое состояние, сопровождающееся резкой слабостью, бронхоспазмом, возбуждением, а потом угнетением, снижением артериального давления, а в особо тяжелых случаях - бессознательным состоянием.
Различают также местный адаптационный синдром, который развивается в виде воспаления. В принципе, адаптационный синдром следует оценивать как реакцию организма на стресс, в целом способствующую выздоровлению. Однако выход из стрессовых состояний человека должен быть под наблюдением лечащего врача во избежание ухудшения состояния здоровья пострадавшего.
Необходимо учитывать и тот факт, что при нервно-психических перегрузках организм человека склонен к инерции, к продолжению деятельности центральной нервной системы в задан- ном направлении. После ее окончания "рабочая доминанта" полностью не угасает, обусловливая более длительное утомление и даже истощение организма под влиянием нервно-психических перегрузок, больше чем при физических перегрузках.
Физиологические обоснования мер по снижению утомления и повышению работоспособности. В работу следует "Входить" постепенно. Это обеспечивает последовательное включение физиологических механизмов, определяющих высокий уровень работоспособности. Необходимо соблюдать определенный ритм работы, что способствует выработке навыков и замедляет развитие утомления. Следует придерживаться последовательности и систематичности в работе, что обеспечивает длительное сохранение рабочего динамического стереотипа. Правильное чередование описанных выше видов труда с отдыхом уменьшает степень утомления, повышает работоспособность. Высокая работоспособность сохраняется при систематических упражнениях и тренировке.
Кроме того, должны быть соблюдены требования эргономики и дизайна (оптимизация размеров и массы инструмента, рабочих движений, количества информативных сигналов и другие требования к рационализации рабочего места - удобства стула, стола, пульта и шита управления, окраски рабочего помещения, выбор оптимального ритма работы, соответствующей освещенности и т.д.).
Что касается режима работы, то наилучшей сменой для под- держания работоспособности на необходимом уровне является дневная смена с началом рабочего дня не ранее 7 ч. В любой смене обязательно необходимы перерывы для отдыха и приема пищи в середине смены длительностью не менее получаса, а также перерывы на 10-15 мин примерно за час в конце первой и второй половины смены для производственной гимнастики. Работа в ночную смену для поддержания работоспособности требует особого режима сна, отдыха и приема пищи. Целесообразнее время для сна делить на две части (дробный сон) - 4-5 ч после работы в ночную смену и 3-4 ч перед ее началом. Периодичность перехода трудящихся для работы из одной смены в другую должна быть не короче и не длиннее недели. При работах без нервно-психических перегрузок увеличивает работоспособность

использование функциональной музыки (перед началом, в середине и в конце каждой смены). Снижает утомление отдых в специальных комнатах психологической разгрузки. Отдых после рабочей недели в течение двух дней подряд более продуктивен, чем, например, в воскресенье и четверг. Наконец, совершенно необходимо поддержание благоприятных условий труда, при которых физиологические процессы в организме протекают наиболее эффективно.

12 Санитарные требования к устройству объектов предприятия

Основное условие соблюдения безопасности при проектировании предприятий, технологий и оборудования — предотвращение воздействия вредных и опасных производственных факторов на работающих, а также предупреждение негативного влияния этих факторов на окружающую среду. Это условие учтено в соответствующих разделах СНиП и СН, в которых изложены требования по проектированию генеральных планов промышленных предприятий.

В целях обеспечения безопасности и в соответствии с Федеральным законом от 30.10.99 № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» вокруг объектов и производств, являющихся источниками воздействия на среду обитания и здоровье человека, устанавливается санитарно-защитная зона. Размер санитарно-защитной зоны зависит от характера и количества выделяемых в окружающую среду загрязняющих веществ, условий эксплуатации и определен требованиями СанПиН 2.2.1/2.1.1. 1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» с изменениями №1 СанПиН 2.2.1/2.1.1. 2361-08 и №2 СанПиН 2.2.1/2.1.1. 2555-09.

Основные требования к зданиям производственного назначения изложены в СанПиН 2.2.1.13-5-2006 «Гигиенические требования к проектированию, содержанию и эксплуатации производственных предприятий» и СНиП 2.09.02-85* «Нормы проектирования. Производственные здания».

На территории объекта выделяются функциональные зоны:

1) производственная; 2) административно-хозяйственная; 3) транспортно-складская; 4) вспомогательных объектов.

На объектах, использующих вредные вещества, административно-хозяйственная и вспомогательная зоны отделяются от производственной и транспортно-складской разрывами шириной не менее ширины циркуляционных зон, возникающих от сопредельных производственных зданий.

При планировке производственных помещений нужно учитывать санитарную характеристику производственных процессов, соблюдать нормы полезной площади для работающих, а также нормативы площадей для размещения оборудования и необходимую ширину проходов, обеспечивающих безопасную работу и удобное обслуживание оборудования.

Объем производственного помещения на одного работающего должен составлять

15 $м^3$ при выполнении легкой физической работы с категорией энергозатрат 1а – 1б;

25 $м^3$ при выполнении работ средней тяжести с категорией энергозатрат IIа – IIб;

30 $м^3$ при выполнении тяжелой работы с категорией энергозатрат III.

Площадь помещений для одного работника должна составлять не менее 4,5 $м^2$.

Высоту помещений выбирают в зависимости от характера технологического процесса такой, чтобы обеспечивалось удаление избыточных количеств теплоты, влаги и газов, но не менее 3 м. В помещениях, где предполагается устройство аэрации, для создания необходимого теплового напора от теплоизлучающей поверхности высота должна быть не менее 4...6 м. Ширину пешеходных галерей принимают в пределах 0,3...1,5 м, проходов между стеллажами — не менее 1 м.

Стены и потолки зданий должны быть достаточно теплостойкие, чтобы на их внутренних поверхностях не конденсировалась влага. Поверхности ограждающих

строительных конструкций следует выполнять ровными из материалов, устойчивых к химически агрессивной среде и легко обрабатываемых при проведении влажной уборки и дезинфекции. Полы должны быть ровные, гладкие, но нескользкие, иметь низкую теплопроводность, не выделять пыли и возвышаться над уровнем прилегающей территории на величину не менее 0,15 м. Допустимая высота порогов менее 0,1 м.

В помещениях, где используется транспорт, обязательно разделяют зоны проезда транспорта и прохода людей. Постоянные рабочие места огораживают.

В местах возможного воздействия агрессивных жидкостей (кислот, щелочей и др.) и таких вредных веществ как ртуть, растворители, биологически активные вещества применяются покрытия полов, устойчивые к действию указанных веществ, не допускающие их сорбцию и хорошо поддающиеся очистке и обезвреживанию.

Оборудование, работающее с выделением пыли или шума, должно устанавливаться в отдельном помещении, изолированном от других шумо- и пыленепроницаемыми перегородками (стенами). Эти помещения должны быть оборудованы вентиляцией и местными отсосами в каждом месте выделения пыли.

Каждое производственное помещение должно иметь основной проход шириной не менее 2 м, выходящий на лестничную клетку или непосредственно наружу. Для крупных цехов ширина главного (центрального) проезда должна быть не менее 6 м. В цехе (участке) надо иметь не менее двух выходов, устроенных в местах, наиболее не целесообразных для выхода персонала. Границы проходов и проездов нужно отмечать контрастными по отношению к цвету пола полосами шириной не менее 50 мм или другими техническими средствами.

Дверные проемы для транспортировки грузов должны соответствовать габаритам применяющихся транспортных средств с грузом и обеспечивать свободные проходы по обе стороны этих габаритов шириной не менее 0,7 м..

Размещение складских помещений в одном здании с производственными помещениями не должно противоречить условиям технологического процесса, санитарным и противопожарным требованиям. Складские помещения, отнесенные к взрыво- или пожароопасным помещениям, следует располагать в отдельно стоящих одноэтажных зданиях или сооружениях, примыкающих к производственному зданию. Подвальные помещения и тоннели должны иметь не менее двух выходов, устроенных в местах, наиболее целесообразных для выхода работающих.

Помещения, в которых выделяется большое избыточное количество влаги или явного тепла (более 83,8кДж/(м3- ч), следует располагать у наружной стены здания с подветренной стороны. Ворота и технологические проемы в наружных стенах зданий, как правило, проектируют с тепловыми воздушными завесами, а входы в отапливаемые здания —с двойными тамбурами при глубине открытия каждого отделения из них не менее 1,2 м.

Большое значение для охраны труда имеет водоснабжение предприятий. Оно должно обеспечить потребность предприятия в питьевой воде, для хозяйственно-гигиенических, производственных и противопожарных целей. Различают два вида водоснабжения: централизованное и децентрализованное. При централизованном водоснабжении вода подается по трубопроводам общего пользования, а при децентрализованном –поступает из местных источников (колодцев, родников, водоемов).

Выбор источников хозяйственно-питьевого водоснабжения необходимо согласовывать с местными администрациями и местными органами санитарно-эпидемиологической службы. Качество воды должно отвечать требованиям ГОСТа на питьевую воду. Применение сырой воды для питья допускается только с разрешения органов санитарно-эпидемиологической службы.

Все предприятия согласно санитарным правилам и нормам должны иметь канализационные сооружения, предназначенные для приема, удаления и обезвреживания сточных вод, а также отведения их на определенные участки. На предприятиях, не имеющих канализации, устраивают дворовые туалеты и бетонные ямы, которые сооружают в соответствии с

правилами безопасности их эксплуатации и санитарно-гигиенических норм.
В производственных и вспомогательных помещениях освещение, отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха обеспечивают оптимальные параметры воздушной среды (производственного микроклимата), способствующие сохранению здоровья человека и повышению его трудоспособности.

Санитарные требования к вспомогательным зданиям и помещениям промышленных предприятий.

В составе каждого предприятия имеются вспомогательные помещения и устройства, которые подразделяются на пять групп: санитарно-бытовые помещения и устройства, помещения общественного питания, помещения медицинского профиля, помещения и устройства культурного обслуживания, помещения управления и общественных организаций.

Эти помещения предназначены для удовлетворения социально-бытовых потребностей трудящихся во время работы.

Санитарно-гигиенические требования к составу, размещению, размерам и оборудованию вспомогательных помещений изложены в действующих строительных нормах и правилах СНиП 2.09.04 "Административные и бытовые здания".

Важным видом вспомогательных помещений являются санитарно-бытовые помещения и устройства, к которым относятся: гардеробные, курительные комнаты, комнаты отдыха, уборные, душевые, помещения для обогрева и охлаждения, обработки, хранения и выдачи спецодежды,.

В организации должны быть посты для оказания первой помощи работникам, укомплектованные аптечками. Требования к комплектации аптечек для оказания первой помощи утверждены приказом Минздравсоцразвития РФ от 5.03.2011 г. № 169н.

Здравпункты должны быть на предприятиях со списочной численностью работающих 300 человек и более.

В основу выбора состава и количества общих и специальных бытовых помещений и устройств положена санитарная характеристика производственного процесса. СНиП 2.09.04 "Административные и бытовые здания" установлены группы производственных процессов в зависимости от характера и степени воздействия на работающих , которые разделены на четыре группы, каждая из которых имеет еще ряд подгрупп.

25.4. Классификация производственных процессов В соответствии с санитарной характеристикой производственные процессы подразделяются на четыре группы, а каждая из них — еще на 2—5 подгрупп. К первой группе относятся производственные процессы, протекающие при нормальных метеорологических условиях и при отсутствии вредных газов и пылевых выделений. Ко второй группе относятся производственные процессы, протекающие при неблагоприятных метеорологических условиях или связанные с выделением пыли, а также напряженной физической работой. К третьей группе относятся процессы, характеризующиеся наличием резко выраженных вредных факторов. К четвертой группе относятся процессы, требующие особого режима для обеспечения качества продукции, а именно: - связанные с переработкой пищевых (продуктов, производством стерильных материалов, которые требуют особой чистоты).

25.5. Основные требования к водоснабжению и канализации Производственные помещения должны быть оборудованы системами производственного, противопожарного и хозяйственнопитьевого водопроводов, хозяйственно-бытовой и производственной канализацией. Исключения составляют небольшие производства (с количеством работающих до 25 человек в смену), которые размещены в районах без центральной системы водопровода и канализации. При проектировании систем водоснабжения и канализации необходимо внедрять наиболее прогрессивную технологию и оборудование для подготовки и подачи воды, отведения и очистки промышленных стоков, обеспечивать наименьшее загрязнение сточных вод, возможность утилизации и использования отходов производства. Норма расхода воды на питьевые и бытовые нужды для цехов со

значительными выделениями тепла на одного человека в смену должна составлять 45 л, а для других цехов и отделений — 25 л. В проходах между цехами, вестибюлях, помещениях для отдыха необходимо предусматривать фонтанчики или установки с газированной водой. В горячих цехах должны быть предусмотрены места площадью 3 м2 для уста- 212 новок с охлажденной подсоленной газированной водой (5 г соли на 1 л воды). Расстояние от наиболее отдаленного рабочего места до устройств питьевого водоснабжения не должно превышать 75 м. Не допускается соединение сетей хозяйственно-питьевого водопровода с сетями специальных производственных и противопожарных водопроводов, которые подают непитьевую воду. Все сточные воды спускаются в городскую канализационную систему. Слив в канализационную сеть отработанных растворов кислот, щелочей, электролитов и других химических веществ допускается только после их нейтрализации и очистки. Запрещается сливать в канализационную сеть толуол, ацетон, бензин, минеральные масла. С участков шлифования, полирования и при применении мокрых способов обработки пылевых материалов сточные воды должны поступать в систему общей канализации через отстойники. На отдельных участках канализационных сетей необходимо располагать устройства для улавливания нефтепродуктов.

13 Промышленная вентиляция

1.1 Общие сведения

Производственные процессы, как правило, сопровождаются выделением вредных агентов в виде тепла, влаги, паров, пыли, токсических газов. Распространяясь по помещению, они приводят к изменению состава и состояния воздушной среды, что, в свою очередь, может вызвать отклонения в состоянии здоровья работающих, а также неблагоприятно повлиять на производительность труда.

Если меры технологического, строительного и организационного характера не могут обеспечить нужных условий труда, тогда для создания нормативных санитарно–гигиенических условий на рабочих местах используют вентиляцию. Она призвана обеспечивать в обслуживаемой ею рабочей зоне помещений допустимые (комфортные) метеорологические условия и чистоту воздуха в целях поддержания нормального самочувствия рабочих и повышения их работоспособности.

На ряде предприятий (текстильных, табачных, кондитерских фабрик и др.) производственная вентиляция обеспечивает также заданные условия воздушной среды, в частности, необходимую по технологическим параметрам влажность воздуха в помещении.

По способу побуждения воздуха вентиляция разделяется на естественную и механическую (искусственную). Возможна смешанная вентиляция, т.е. сочетание вентиляции естественной и механической.

Естественная вентиляция может осуществляться, во– первых, за счёт разности температур воздуха в помещении и вне его, что приводит к разности плотностей наружного и внутреннего воздуха и созданию давления, называемого «тепловым напором».

Во–вторых, если воздух поступает в помещение под воздействием ветра (через проёмы, неплотности и поры в стенах), то в этом случае говорят о действии «ветрового напора».

Формы естественной вентиляции – инфильтрация (неор- ганизованное проникновение наружного воздуха через неплотности, щели в оконных рамах, световых фонарях, поры в сте- нах), проветривание (частично регулируемое поступление воз- духа через окна, фрамуги) и аэрация (осуществляемая при дей- ствии теплового и ветрового напоров).

Механическая вентиляция осуществляется за счёт работы специальных механических установок – вентиляторов или эжекторов (механических побудителей движения воздуха), способствующих нагнетанию или извлечению воздуха. Она организуется, если метеорологические условия и чистота воздуха в помещениях не могут быть обеспечены вентиляцией с естественным побуждением.

По функциональному признаку вентиляцию делят на при- точную, осуществляющую подачу чистого воздуха в помеще- ние, вытяжную, предназначенную для удаления загрязненного воздуха, и приточно–вытяжную.

По форме организации воздухообмена различают вентиляцию общую, точнее – общеобменную (с рассеянной или сосредоточенной подачей или удалением воздуха из всего объема помещения), местную и зональную.

1.2 Естественная вентиляция

Такие виды естественной вентиляции, как инфильтрация и проветривание способны в очень малой степени способствовать обмену воздуха в производственных помещениях. Так, инфильтрация может обеспечить лишь двукратный обмен воздуха, проветривание – несколько больше.

Правильно же спроектированная и организованная аэрация может довести воздухообмен до сотен тысяч кубометров в час.

Аэрация – организованная управляемая вентиляция – осуществляется в результате теплового или ветрового напора при их одновременном или раздельном действии.

Использование аэрации эффективно в горячих цехах предприятий таких промышленных отраслей как металлургия, машиностроение и др., где имеются источники интенсивного тепловыделения (сталеплавильные, прокатные, электродуговые, закалочные печи, нагревательные горны и т.д.) и в связи с этим в воздух выделяется большое количество тепла. Разность температур наружного и внутреннего воздуха приводит к разности его плотности. Поэтому тепловой напор тем сильнее, чем больше разница температур вне и внутри цеха.

Наружный воздух проникает в здание через оконные окна, смешивается с нагретым внутренним воздухом и устремляется вверх – к аэрационным фонарям.

1.3 Механическая вентиляция

Предназначением механической вентиляции является полное удаление загрязнителей воздушной среды из рабочего помещения для дальнейшего их улавливания. При общеобменной вентиляции необходимый воздухообмен достигается подачей чистого воздуха в количестве, обеспечивающем разбавление вредностей, выделяющихся равномерно по всему помещению, до допустимых концентраций, или ассимиляцию тепла. При механической вентиляции можно производить обработку воздуха (охлаждение, нагревание, увлажнение, улавливание пыли, вредных газов), поступающего и удаляемого из производственного помещения.

Подача и извлечение воздуха производится при помощи вентиляторов или эжекторов за счёт использования механической энергии, электродвигателей, нагнетающих или извлекающих воздух из помещения.

Если по технологическим особенностям производства не- возможно создать глухие укрытия, то вредность удаляется через пылегазоприемники, которые устанавливаются вблизи источни- ка вредностей. Вентиляцию, при которой организованы приток и вытяжка воздуха, называют приточно–вытяжной.

Механическая вентиляция представляет собой сложную схему, включающая средства побуждения движения воздуха (вентиляторы), воздуховоды, устройства очистки воздуха от пыли, устройства для нагревания или охлаждения, осушения или увлажнения воздуха, воздухозаборные и распределительные устройства.

Приточная механическая вентиляция подает воздух, рас- пределяя его по всему помещению равномерно (общая приточная вентиляция) или в определенные места (местная приточная вентиляция). Данный вид вентиляции служит для разбавления воздуха и доведения параметров микроклимата (температуры, относительной влажности), пыли, вредных газов до гигиенических нормативов. Приточный воздух подается в помещение, как правило, с постоянным пребыванием людей.

1.4 Санитарный надзор за вентиляцией

Контроль осуществляется за состоянием воздушной среды в рабочей зоне при измерении следующих параметров: темпера- туры, относительной влажности и скорости движения

воздуха, концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны, интен- сивности теплового облучения и работы вентиляционных си- стем (по ряду параметров вентиляции), скорости и температуры воздушных потоков, производительности, развиваемом давле- нии и числом оборотов вентилятора, разности давлений или разрежений, концентрации вредных веществ в приточном воз- духе, шуме и вибрации элементов вибрационных систем и др.
Замеренные параметры воздушной среды сравниваются с действующими нормами.
Отбор проб для определения концентрации вредных веществ производится в зоне дыхания работающих.
При измерении параметров микроклимата точки измерения располагаются равномерно по цеху при

14 Вредные вещества

В воздухе рабочей зоны могут находиться вредные вещества различного происхождения в виде газов, паров, аэрозолей, в том числе радиоактивные.
Состав чистого воздуха – это азот 78,08 %; кислород 20,94 %; аргон, неон, другие инертные газы и водяной пар 0,94 %; углекислый газ 0,03 %; прочие газы 0,01%.
Вредное вещество – это вещество, которое при контакте с организмом человека в случае нарушения требований пр санитарии могут вызывать профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами исследований, как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений. Вредные вещества – это химический опасный и вредный производственный фактор.

Действие на организм

По характеру воздействия на организм человека вредные вещества подразделяются на следующие группы:
а) общетоксические – вызывают отравление всего организма или поражающие отдельные системы (ароматические углеводороды, ртуть, свинец, фосфор);
б) раздражающие – вызывают раздражение слизитых оболочек дыхательных путей, глаз, лёгких, кожи. Изменяют реактивную способность организма. Вызывают профзаболевания – дерматиты, бронхиальная астма (аммиак, хлор, сероводород, сильные щелочи, кислоты,);
в) сенсибилизирующие – вызывают аллергические реакции (формальдегид, растворители, лаки, некоторые антибиотики - эритромицин);
г) канцерогенные – вызывают злокачественные или доброкачественные новообразования (асбест, смола ароматичные углеводороды)
д) мутагенные – нарушают генетический код клеток, наследственной информации. (свинец, ртуть, формальдегид, радиоактивные и наркотические вещества);
е) влияющие на репродуктивную (детородную) функцию (бензол, сероуглерод, ртуть, свинец).
По характеру токсичности вв делятся на:
Раздражающие – разрушающие кожный покров и слизистые оболочки (фтор, хлор и др.);
Удушающие – разрушающие органы дыхания (аммиак, сероводород, угарный газ и др.);
Наркотические – действующие на кровь (ацетилен, бензол, финол и др.);
Соматические – действующие на нервную систему (свинец, мышьяк, митиловый спирт, сероводород)
Проф заболевания от воздействия вв.
Под действием вредных веществ в организме человека происходят различные нарушения. Эти нарушения проявляются в виде острых, хронических отравлений.

В развитии острого профессионального отравления, как правило, имеются две фазы: первая – неспецифических проявлений (головная боль, слабость, тошнота и т.д.) вторая

– специфических (например, отек легких при отравлении оксидами азота или паралич дыхания при отравлении сероводородом).

Хронические отравления возникают постепенно, при длительном поступлении вредных веществ в организм в относительно небольших количествах. Они развиваются в результате накопления массы вредного вещества в организме (материальная кумуляция) или вызываемых им нарушений (функциональная кумуляция). Поражаемые органы и системы в организме при хроническом и остром отравлениях одним и тем же веществом могут отличаться. Например, при остром отравлении бензолом в основном страдает нервная система и наблюдается наркотическое действие, при хроническом – система кроветворения.

Действие химических веществ на кожу

Профессиональные заболевания кожи в большинстве случаев развиваются вследствие контакта кожи с одни, двумя или комплексом вредных производственных факторов.

Все химические вещества по их действию на кожу делятся на три основные группы: 1) оказывающие преимущественно раздражающее действие; 2) обладающие фотостимулирующими и фотосенсибилизирующими свойствами; 3) вещества-сенсибилизаторы.

В первую группу входят облигатные раздражители, вызывающие ожоги и изъявления кожи (концентрированные неорганические кислоты и щелочи, некоторые соли тяжелых металлов, вещества кожно-нарывного действия); факультативные первичные раздражители, вызывающие: а) контактные дерматиты (слабо концентрированные растворы кислот, щелочей, органические кислоты, большинство органических растворителей и др.); б) поражение фолликулярного аппарата (смазочные масла, деготь, пек, хлорированные нафталины и др.); в) токсическую меланодермию (нафтеновые углеводороды); г) ограниченные гиперкератозы и эпителиому (бензапрен, бенз-а-пирен, фенантрен и др.).

Во вторую группу включены химические вещества, вызывающие фотодерматиты (пек, гудрон, асфальт, толь).

Третью группу составляют вещества, вызывающие развитие аллергического дерматита, токсикодермии и экземы при контактном и неконтактном (пероральном, ингаляционном) введении аллергена.

Действие химических веществ на органы дыхания

В условиях промышленных производств ингаляционное поступление в организм работающих вредных веществ является наиболее частым. Однако путь вредных веществ всегда определяет место приложения их токсического действия: большая всасывающая поверхность легких способствует быстрому попаданию токсичных веществ в кровеносное русло, органы и ткани, что обуславливает общетоксическое резорбтивное действие ядов. Среди многообразия промышленных ядов значительное место занимают химические вещества раздражающего действия, токсический эффект которых проявляется путем прямого попадания в дыхательные пути, вызывая различные формы их поражения. Раздражающий эффект этих веществ может проявляться не только при воздействии на органы дыхания, но и при контакте с кожей, а также при попадании в глаза. Известны сочетанные формы интоксикаций, при которых одновременно наблюдается поражение органов дыхания, глаз и кожных покровов.

Комбинированное действие вредных веществ.

В связи со сложностью и многостадийностью химических производств в этих условиях на рабочих могут воздействовать одновременно несколько вредных химических веществ. Проявляется комбинированное действие ядов, то есть одновременное или последовательное действия на организм нескольких ядов при одном и том же пути поступления. Эти вещества могут использоваться в виде сырья, промежуточного и готового продуктов. Некоторые из них являются побочными продуктами технологического процесса. В других отраслях промышленности, таких как

металлургической, машиностроительной, в сельском хозяйстве и химико-фармацевтической промышленности также возможно комбинированное действие веществ.

a. Гигиеническое нормирование

Для ограничения неблагоприятного воздействия вредных веществ применяют гигиеническое нормирование их содержания в воздухе рабочей зоны.

Вредное действие химических веществ на организм человека изучает специальная наука — токсикология.

Токсикология — это медицинская наука, изучающая свойства ядовитых веществ, механизм их действия на живой организм, сущность вызываемого ими патологического процесса (отравления), методы его лечения и предупреждения. Область токсикологии, изучающая действие химических веществ на человека в условиях производства, называется промышленной токсикологией.

Токсичность — это способность веществ оказывать вредное действие на живые организмы. Основным критерием (показателем) токсичности вещества является ПДК (единицей измерения концентрации является мг/м3). Показатель токсичности вещества определяет его опасность.

ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м^3 – концентрация, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч или при другой продолжительности, но не более 41 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

При установлении ПДК вредных веществ руководствуются следующими основными принципами:

– Принцип порогового действия всех типов вредных веществ (в том числе мутагенного и канцерогенного действия). Есть концентрации, при которых нет вредного воздействия на человека, при превышении порога происходит переход количества в качество и начинается вредное действие.

– Принцип приоритета медицинских и биологических показаний к установлению санитарных регламентов по сравнению с технической достижимостью и экономическими требованиями сегодняшнего дня.

- Принцип опережения токсикологических исследований и установления гигиенических нормативов по сравнению с внедрением вещества в производство.

Методы защиты от воздействия вредных веществ делят на 3 группы:

1.Технические (основное направление – не допускать проникновения вредных веществ в воздух рабочей зоны):

- замена ядовитых веществ неядовитыми или менее ядовитыми. Например, ограничение или исключение применение таких растворителей, как бензол, дихлорэтан.

- гигиеническая стандартизация химического сырья и продукции. Примерами могут служить ограничение содержания ароматических углеводородов в бензинах, метилового спирта - в гидролизном спирте.

комплексная механизация и автоматизация технологических процессов;

герметизация технологического оборудования и коммуникаций;

своевременный ремонт оборудования;

промышленная вентиляция.

2.Медико–санитарные:

систематический контроль содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны;

организация рационального и лечебного питания,

использование антидотов для профилактики профессиональных заболеваний.

регистрация и расследование всех случаев отравления, периодические медосмотры;

3.Организационные:

проведение инструктажей; организация рабочего места;
применение СИЗОД – фильтрующие респираторы и противогазы, изолирующие защитные приспособления. К изолирующим СИЗОД относятся шланговые и кислородные дыхательные аппараты.

15 Пыль

Пыль выводит из строя оборудование, снижает качество продукции, уменьшает освещенность производственных помещений, может быть причиной профессиональных заболеваний органов дыхания, поражения глаз и кожи, острых и хронических отравлений работников. Некоторые виды производственной пыли способны к самовозгоранию и даже взрыву, что позволяет относить пыль не только к вредным, но и опасным производственным факторам. Поэтому борьба с пылью является важной гигиенической задачей

Производственной пылью называют взвешенные в воздухе, медленно оседающие твердые частицы размерами от нескольких десятков до долей мкм. Пыль представляет собой аэрозоль, т.е. дисперсную систему, в которой дисперсной фазой являются твердые частицы, а дисперсионной средой – воздух.

Образование пыли и её выделение в воздух рабочей зоны имеет место во многих отраслях промышленности: в горнорудной и угольной промышленности – при бурении породы, взрывных работах, сортировке, измельчении; в машиностроении – при очистке, обрубке литья, шлифовке, полировке изделий; металлургии и химии – при выполнении пирометаллургических процессов выплавке металлов и плавки различных минеральных материалов; на текстильных предприятиях – при очистке и сортировке шерсти, хлопка, прядении, ткачестве и др. В пищевой и перерабатывающей отраслях промышленности основными источниками пылевыделения являются процессы, связанные с измельчением, шлифованием, шелушением, просеиванием, сортировкой полученных продуктов. Понятию «пыль» близки понятия «туман» и «дым», которые вместе с пылью объединяются общим термином «аэрозоль».

Классифицируют производственную пыль по происхождению на органическую, неорганическую и смешанную. Органическая пыль может быть животного происхождения (шерстяная, костная), растительного происхождения (древесная, хлопковая, чайная) или синтезированной из различных соединений (искусственная – пыль пластмасс, красителей, смол и др.), быть носителем микроорганизмов, клещей.

Химический состав пыли влияет на ее биологическую активность. Различают четыре вида биологического воздействия пыли по химическому составу:

- фиброгенное воздействие, т. е. свойство пыли вызывать фиброз – разрастание соединительной ткани (рубцовой ткани),которая нарушает нормальное строение и функции легких; фиброгенность пыли зависит главным образом от содержания в ней свободной двуокиси кремния;
- аллергенное воздействие, т. е. свойство пыли вызывать у человека повышенную чувствительность к повторному воздействию пыли (например, пыль канифоли, хлопка, соломы, сосны, шерсти и т. д.);
- токсическое воздействие, т. е. способность некоторых видов пыли (в основном металлов) всасываться в кровь, вызывая общее отравление организма;
- раздражающее действие – свойство пыли некоторых веществ вызывать раздражение слизистых оболочек дыхательных путей, которое сопровождается чиханием, кашлем, местными воспалительными процессами;

К раздражающим пылям относятся: минеральная – а) песочно-кварцевая, также пыль, образующаяся в технологических операциях (размоле, просеивании, смешивании, транспортировке и т. п.);

б) металлическая – чугунная, железная, медная, алюминиевая, цинковая и другие, образующиеся при разных видах механической обработки металлов;
в) древесная, образующаяся при обработке древесины;
г) полимерная, возникающая на различных стадиях технологических процессов переработки полимеров (полиэтиленовая, полистирольная, фенолформальдегидная и т. д.);
По воздействию на организм человека пыли подразделяются на ядовитые и неядовитые.
Ядовитая пыль, растворяясь в биологических средах организма вызывает отравление. Например, свинец, проникая в организм человека вместе с вдыхаемым воздухом, вызывает изменение в нервной системе, крови и сосудах, дыхательных путях.
Неядовитая может воздействовать на организм, раздражая кожу, глаза, уши, дёсны, а проникая в лёгкие, вызывать профессиональные заболевания. Неядовитая пыль, кроме того, может явиться переносчиком микробов, адсорбировать ядовитые или радиоактивные вещества, приобретать электрический заряд, что увеличивает ее вредное воздействие.

Действие на организм

Качество воздуха в помещениях, его воздействие на организм человека в значительной мере обусловлены содержанием в нём взвешенных частиц и, главным образом, пыли. Присутствие в воздухе пыли самым непосредственным образом отражается на здоровье человека, находящегося в производственном помещении. Пыль технологического происхождения, в том числе пыль пищевых производств, характеризуется большим разнообразием по всем основным свойствам: химическому составу, размеру частиц, их форме, характеру краёв частиц, плотности и так далее. Соответственно очень разнообразно воздействие пыли на организм человека. Пыль причиняет вред организму в результате механического воздействия (повреждение дыхательных органов острыми кромками пыли), химического (отравление, интоксикация, накопление) и бактериологического (проникновение в организм вместе с пылью болезнетворных бактерий).
Пылевые частицы размером 5 мкм и меньше способны проникать глубоко в лёгкие, вплоть до альвеол. Пылинки размером 5–10 мкм в основном задерживаются в верхних дыхательных путях и в бронхах, а в лёгкие попадают в небольшом количестве. Частицы размером более 10 мкм почти не проникают в лёгкие, задерживаясь в верхних дыхательных путях, и обычно довольно быстро осаждаются.

Гигиеническое нормирование

Гигиеническое нормирование – основа проведения мероприятий по борьбе с пылью. В России установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) пыли в воздухе, соблюдение которых при работе длительностью не более 8 ч в день в течение всего трудового стажа не приводит у работающих к заболеваниям или отклонениям в состоянии здоровья.
Нормирование АПФД в воздухе осуществляется по гравиметрическому показателю – по массе вещества, содержащегося в 1 $м^3$ воздуха.
Гравиметрический метод измерения концентрации пыли реализуется путём осаждения частиц на фильтре из протягиваемого через него воздуха.
В соответствии с ГН 2.2.5.1313–03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны» ПДК веществ, относящихся к АПФД, являются среднесменными ($ПДК_{сс}$). АПФД контролируют по среднесменным концентрациям ($С_{сс}$, $мг/м^3$). $С_{сс}$ – концентрация аэрозоля, определяемая по результатам непрерывного или дискретного отбора проб в зоне дыхания работающих при основных технологических операциях. Зона дыхания – пространство в радиусе до 50см от лица работающего.
Класс условий труда и степень вредности при профессиональном контакте с АПФД определяют в соответствии с Р2.2.2006–05, исходя из фактических величин $С_{сс}$ АПФД и кратности превышения $ПДК_{сс}$.

В санитарно–гигиеническом законодательстве (Р 2.2.2006–05) закреплено представление о значимости пылевых нагрузок на органы дыхания, как суммарных экспозиционных дозах пыли за весь период профессионального контакта. Пылевая нагрузка рассчитывается как произведение среднесменной концентрации пыли, индекса объёма лёгочной вентиляции в зависимости от тяжести работ, числа рабочих смен в году и общего числа лет работы в контакте с пылью.

Методы определения (оценки) запылённости воздуха разделяют на две группы:

- Первая группа предполагает выделения пылевых частиц весовым или счётным методом.
- Вторая группа предполагает выделение дисперсной фазы из аэрозоля одним из принципов: фотометрический, радиоизотопный, фотоэлектрический, оптический, акустический, электроиндукционный.

При весовом методе определения запылённости воздуха используется электроаспиратор ЭА-30. С помощью этого устройства запыленный воздух протягивают через фильтр. Затем взвешивают фильтр и определяют ее массу мг/ $м^3$.

Счетный метод позволяет определить общее количество пылевых частиц в единице объема воздуха и соотношения их размеров. Для этого пыль, содержащуюся в определенном объеме воздуха, осаждают на стекло, покрытое прозрачной клейкой пленкой, под микроскопом определяют форму, количество и размеры пылевых частиц.

Основными мероприятиями по снижению запылённости воздуха производственных помещений являются: изменение технологии производства, автоматизация труда, рациональное размещение санитарно–технических устройств, устройство системы аспирации с последующей пылеочисткой, увлажнение сырья, укрытие пылящего оборудования с отсосом воздуха из-под укрытий; пылеподавление водой и водяным паром, механическая местная вытяжная вентиляция, влажная уборка. Если нет возможности снизить запылённость воздуха в рабочей зоне необходимо применять СИЗ – респираторы, шлемы, защитные очки, скафандры с подачей чистого воздуха, противопылевая одежда, защитные мази и пасты. Сопротивляемость развитию пылевого поражения повышается при ультрафиолетовом облучении в фотариях.

Лечебно–профилактические мероприятия включают предварительный и периодический медицинский контроль за состоянием здоровья работающих. Сроки проведения периодических медицинских осмотров зависят от вида производства, профессии, уровня содержания диоксида кремния в пыли.

Противопоказаниями для приема на работу в условиях возможного пылевого воздействия являются туберкулез лёгких, хронические заболевания органов дыхания, сердечно–сосудистой системы, глаз, кожи.

Система лечебно–профилактических мероприятий включает ингалятории, фотарии, санатории–профилактории.

16 ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Наибольшее количество информации (около 90%) об окружающем нас мире человек получает посредством зрения. Качество этой информации во многом зависит от освещения. В связи с этим обеспечение гигиенически рационального естественного и искусственного освещения имеет важное значение для нормальной жизнедеятельности и работоспособности человека. Уровень освещенности оказывает влияние на психические функции и физиологические процессы в организме человека.

Комплекс световых реакций человека, возникающий при воздействии лучистой энергии солнца в его оптическом спектре, т.е. в диапазоне ультрафиолетовых, видимых и инфракрасных излучений, представляет собой природную световую среду, или световой климат.

Из всего спектра электромагнитных колебаний только видимый спектр излучения

воздействует на светочувствительные элементы глаза, создавая ощущение света. Наибольшая чувствительность глаза наблюдается к колебаниям с длиной волны 555 нм, которые воспринимаются как желто-зеленый цвет. Чувствительность глаза к желто-зеленому цвету принимается равной 1.

При недостаточной освещенности и плохом качестве освещения состояние зрительных функций человека находится на низком исходном функциональном уровне, повышается утомление зрения в процессе выполнения работы, возрастает опасность травматизма.

Требования к производственному освещению

1 Освещенность на рабочих местах должна соответствовать характеру зрительной работы. Увеличение освещенности рабочих поверхностей от 100 до 1000 лк улучшает условия видения объектов, повышает производительность труда на 10–20 %, уменьшает брак на 20 %, снижает количество несчастных случаев на 30 %.

При 1000 лк утомление имеет минимальное значение. Однако существует предел, когда дальнейшее увеличение освещенности почти не дает эффекта (Е более 1000 лк) и является экономически нецелесообразным.

2 Достаточно равномерное распределение яркости на рабочей поверхности. При неравномерной яркости в процессе работы глаз вынужден переадаптироваться, что ведет к утомлению зрения. Степень неравномерности освещенности определяется коэффициентом неравномерности, - отношением максимальной освещенности к минимальной. Чем выше точность работ, тем меньше должен быть коэффициент неравномерности. Равномерность освещенности достигается рациональной схемой размещения светильников, системой освещения.

3 Отсутствие резких теней на рабочих поверхностях. В поле зрения человека резкие тени искажают размеры и формы объектов различения, что повышает утомление зрения, а движущиеся тени могут привести к травмам.

4 Отсутствие блескости. Блескость вызывает нарушение зрительных функций – ослепленность, возникающую при наличии в поле зрения чрезмерно большой яркости и приводящей к быстрому утомлению и снижению работоспособности. Блеклость - это повышенная яркость светящихся поверхностей, вызывающая нарушение зрительных функций (ослепленность), т.е. ухудшение видимости объектов.

Различают блеклость прямую (создается источниками света и осветительными приборами - светильники, окна) и отраженную (от зеркальных поверхностей). Способом защиты от прямой блеклости является понижение яркости источника света с помощью отражателей и рассеивателей, правильный выбор защитного угла светильника и высоты его подвеса. Ослабление отраженной блеклости может быть достигнуто правильным выбором направления светового потока на рабочую поверхность, изменением угла наклона рабочей поверхности, устройством отраженного освещения, заменой блестящих поверхностей матовыми.

5 Постоянство освещенности во времени. Колебания освещенности вызывают переадаптацию глаза, приводят к значительному утомлению.

6 Правильная цветопередача. Спектральный состав света должен отвечать характеру работы.

7 Обеспечение электро-, взрыво- и пожаробезопасности. Неправильная эксплуатация, ошибки, допущенные при проектировании и устройстве осветительных установок в пожаро- и взрывоопасных цехах (неправильный выбор светильников, проводов), могут привести к взрыву, пожару и несчастным случаям.

8 Экономичность. Определяется, во-первых, экономическими и эксплуатационными характеристиками источника света (светоотдача и срок службы лампы) и, во-вторых, является основой выбора варианта проектного решения осветительной установки. Основные санитарно- гигиенические требования к производственному освещению сформулированы в СНиП 23-05–95, отраслевых нормах и др.

Виды производственного освещения. В зависимости от источника света освещение может быть естественным, искусственным и совмещенным. Искусственное освещение применяется в темное время суток и в помещениях, где нет естественного освещения. Источниками искусственного освещения являются лампы накаливания (ЛН) и газоразрядные лампы (ГРЛ).

Естественное освещение может быть верхним и боковым. Искусственное местным, общим и комбинированным. По функциональному назначению освещение подразделяется на: рабочее, аварийное, и специальное.

Рабочее освещение предназначено для обеспечения нормального выполнения производственного процесса, прохода людей, движения транспорта и является обязательным для всех производственных помещений

Аварийное освещение (в помещениях и на местах производства наружных работ) нужно предусматривать, если отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушение обслуживания оборудования может привести к взрыву, пожару, длительному нарушению технологического процесса, нарушению работы электростанций. Наименьшая освещенность, создаваемая аварийным освещением, должна составлять 5 % освещенности, нормируемой для рабочего освещения, но не менее 2 лк внутри зданий и не менее 1 лк для территории предприятий.

Специальное освещение может быть эвакуационным, охранным, ремонтным, сигнальным, бактерицидным и эритемным.

Гигиеническое нормирование

Нормирование освещения осуществляется на основании санитарных правил и норм СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 –03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий», строительных норм и правил СНиП 23-05–95 «Естественное и искусственное освещение», согласно которым принято раздельное нормирование естественного, искусственного и совмещенного освещения.

Нормы предусматривают наименьшую требуемую освещенность рабочих поверхностей производственных помещений, исходя из условий зрительной работы. Характеристика зрительной работы определяется наименьшим размером объекта различения. Объект различения - рассматриваемый предмет, отдельная его часть или дефект, который требуется воспринимать глазом в процессе работы.

В зависимости от размера объекта различения (от менее 0,15мм до более 5мм) все виды работ, связанные со зрительным напряжением, делятся на 8 разрядов (I-VIII), которые в свою очередь в зависимости от фона и контраста объекта с фоном делятся на 4 подразряда (а, б, в, г).

Уровни освещенности установлены для каждого подразряда работ. При этом освещенность тем выше, чем темнее фон, меньше размер детали и контраст ее с фоном.

Для работ высших разрядов (от I до V) значения освещенности устанавливаются в зависимости от системы общего или комбинированного освещения. Для остальных низших разрядов (Vв - VIIIв) работ малой точности или грубых нормируется освещенность только системы общего освещения. Местное освещение при таких работах нецелесообразно или невозможно. Для работ 1 разряда зрительных работ (например, обработка драгоценных камней - 1500 лк, в лекционных залах 500 лк, для грубых работ 100-200 лк)

Искусственное освещение нормируется количественными (минимальной освещенностью) и качественными показателями (показателями ослепленности и дискомфорта, коэффициентом пульсации освещенности).

Следует отметить, что в ряде случаев СниП предусматривают как повышение, так и понижение уровней освещенности в зависимости от характера работы.

Увеличение освещенности предусматривается при повышенной опасности травматизма или при выполнении напряженной зрительной работы в течение всего

рабочего дня. Понижается освещенность при кратковременном пребывании людей в помещении и наличии оборудования, не требующего постоянного наблюдения.

Нормирование естественного освещения

Вследствие крайней изменчивости природного освещения не только в течение суток, но даже в течение коротких промежутков времени для нормирования и расчета естественного освещения помещений принята относительная величина, называемая коэффициентом естественной освещенности (КЕО), который равен отношению естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке помещения светом неба (непосредственно или после отражений) $Е_{вн}$, к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности $Е_{н}$, создаваемой светом полностью открытого небосвода, выраженному в процентах:

КЕО=Евн/Ен 100. Значение коэффициента естественной освещенности в соответствии со СНиП 23-05–95 находится в пределах 0,1–10 %.

17 Производственный шум

Сочетание звуков различной частоты и интенсивности называется шумом. Шумом являются всякого рода звуки, мешающие восприятию полезных звуков или нарушающие тишину, и также звуки, оказывающие вредное или раздражающее действие на организм человека.

Звук как физическое явление представляет собой волновое колебание упругой среды. Звуковые волны возникают в том случае, когда в упругой среде имеется колеблющееся тело или когда частицы упругой среды приходят в колебательное движение в продольном или поперечном направлении в результате воздействия на них какой-либо возмущающей силы.

Источниками звуков и шумов являются колеблющиеся твердые, жидкие или газообразные среды. Колебательные возмущения, распространяющиеся от источника звука в окружающей среде, называются звуковыми волнами, а пространство, в котором они наблюдаются, – звуковым полем.

В газообразной среде (воздухе) могут распространяться только продольные волны, в которых частицы среды колеблются вдоль направления распространения волн.

Направление распространения звуковой волны называется звуковым лучом. Фронт волны перпендикулярен звуковому лучу. В общем случае фронт волны имеет сложную форму, но в практических случаях ограничиваются рассмотрением трех видов волн: плоской, сферической и цилиндрической. В виде плоской волны звук распространяется, когда размеры источника звука больше, чем длина излучаемой звуковой волны. Плоская волна образуется на значительных расстояниях от источника любых размеров.

С физиологических позиций звук – это ощущение, возникающее в ухе человека в результате изменения давления.

Звуковое давление измеряется в Паскалях (1 Па=1 Н/м^2). Ухо человека ощущает звуковое давление от 2–10^{-5} до 2–10^2 Н/м^2.

Звуковые волны являются носителями энергии. Звуковая энергия, которая приходится на 1 м^2 площади поверхности, расположенной перпендикулярно к распространяющимся звуковым волнам, называется силой звука и выражается в Вт/м^2. Так как звуковая волна представляет собой колебательный процесс, то он характеризуется такими понятиями, как период колебания (Т) – время, в течение которого совершается одно полное колебание, и частота колебаний (Гц) – число полных колебаний за 1 с. Совокупность частот дает спектр шума.

Шумы содержат звуки разных частот и различаются между собой распределением уровней по отдельным частотам и характером изменения общего уровня во времени. Для гигиенической оценки шума используют звуковой диапазон частот от 45 до 11 000 Гц, включающий 9 октавных полос со среднегеометрическими частотами в 31,5; 63; 125; 250;

500; 1000; 2000; 4000 и 8000 Гц.

Орган слуха различает не разность, а кратность изменения звуковых давлений, поэтому интенсивность звука принято оценивать не абсолютной величиной звукового давления, а его уровнем, т.е. отношением создаваемого давления к давлению, принятому за единицу сравнения.

В диапазоне от порога слышимости до болевого порога отношение звуковых давлений изменяется в миллион раз, поэтому для уменьшения шкалы измерения звуковое давление выражают через его уровень в логарифмических единицах – децибелах (дБ).

Ноль децибел соответствует звуковому давлению $2–10^{-5}$ Па, что приблизительно соответствует порогу слышимости тона с частотой 1000 Гц.

В качестве интегральной (одним числом) характеристики шума на рабочих местах применяется оценка уровня звука в дБА (измеренных по так называемой шкале А шумомера), представляющих собой средневзвешенную величину частотных характеристик звукового давления с учётом биологического действия звуков разных частот на слуховой анализатор.

8.1 Источники шума

Шум является одним из наиболее распространённых неблагоприятных факторов производственной среды, воздействие которого на работающих, сопровождается развитием у них преждевременного утомления, снижением производительности труда, ростом общей и профессиональной заболеваемости, а также травматизма.

В настоящее время трудно назвать производство, на котором не встречаются повышенные уровни шума на рабочих местах. К наиболее шумным относятся горнорудная и угольная, машинно–строительная, металлургическая, нефтехимическая, лесная и целлюлозно–бумажная, радиотехническая, легкая и пищевая, мясомолочная промышленности и др.

На заводах железобетонных конструкций шум достигает 105–120 дБА. Шум является одной из ведущих профессиональных вредностей в деревообрабатывающей и лесозаготовительной промышленностях. Так, на рабочем месте рамщика и обрезчика уровень шума колеблется от 93 до 100 дБА с максимумом звуковой энергии в области средних и высоких частот. В этих же пределах колеблется шум в столярных цехах, а лесозаготови- тельные работы (валка, трелевка леса) сопровождаются уровнем шума от 85 до 108 дБА за счет работы трелевочных лебедок, тракторов и других механизмов.

Подавляющее большинство производственных процессов в прядильных и ткацких цехах также сопровождается образованием шума, источником которого является бойковый механизм ткацкого станка, удары погонялки челнока. Наиболее высокий уровень шума наблюдается в ткацких цехах – 94–110 дБА.

Наиболее шумными операциями в машиностроении, в том числе, авиастроении, автомобилестроении, вагоностроении и др. следует считать обрубные и клепальные работы с использованием пневматических инструментов, режимные испытания двигателей и их агрегатов различных систем, стендовые испытания на вибропрочность изделий, барабанную готовку, шлифовку и полировку деталей, штампопрессовую заготовку.

Для нефтехимической отрасли характерными являются высокочастотные шумы различных уровней за счет сброса сжатого воздуха из замкнутого технологического цикла химических производств или от оборудования, работающего на сжатом воздухе, например, сборочных станков и вулканизационных линий шинных заводов.

Металлургическую промышленность в целом можно отнести к отрасли с выраженным шумовым фактором. Так, интенсивный шум характерен для плавильных, прокатных и трубопрокатных производств. Из производств, относящихся к этой отрасли, шумными условиями характеризуются метизные заводы, оснащенные холодновысадочными автоматами.

В лесной и целлюлозно–бумажной отраслях наиболее шумными являются деревообрабатывающие цеха.

В горнорудной и угольной промышленностях наиболее шумными являются операции

механизированной добычи полезных ископаемых как с использованием ручных машин (пневмо- перфораторы, отбойные молотки), так и с помощью современных стационарных и самоходных машин (комбайны, буровые станки и пр.).
Пищевая промышленность – наименее шумная из всех. Характерные для нее шумы генерируют поточные агрегаты кондитерских и табачных фабрик. Однако отдельные машины этих производств создают значительный шум, например, мельницы зерен какао, некоторые сортировочные машины.
В каждой отрасли промышленности имеются цеха или от- дельные компрессорные станции, снабжающие производство сжатым воздухом или перекачивающие жидкости или газооб- разные продукты. Последние имеют большое распространение в газовой промышленности как большие самостоятельные хозяйства. Компрессорные установки создают интенсивный шум.
Шум является также наиболее характерным неблагоприятным фактором производственной среды на рабочих местах пассажирских, транспортных самолетов и вертолетов; подвижного состава железнодорожного транспорта; морских, речных, рыбопромысловых и других судов; автобусов, грузовых, легковых и специальных автомобилей; сельскохозяйственных машин и оборудования; строительнодорожных, мелиоративных и дру гих машин.
Уровни шума в кабинах современных самолетов колеблются в широком диапазоне – 69–85 дБА (магистральные самолеты для авиалиний со средней и большой дальностью полета). В кабинах автомобилей средней грузоподъемности при различных режимах и условиях эксплуатации уровни звука составляют 80–102 дБА, в кабинах большегрузных автомобилей – до 101 дБА, в легковых автомобилях – 75–85 дБА.
Таким образом, для гигиенической оценки шума важно знать не только его физические параметры, но и характер трудовой деятельности человека–оператора, и, прежде всего, степень его физической или нервной нагрузки.

18 Вибрация

Общие сведения

Под вибрацией понимают механические колебания упругих тел, характеризующиеся периодичностью изменения параметров. Вибрация возникает при неправильной балансировке валов, шкивов в машинах и станках, воздействии динамических нагрузок, при работе машин и механизмов ударного действия.

Основными параметрами характеризующими вибрацию являются: виброперемещение, виброскорость и виброускорение.

Виброперемещение (x) – величина отклонения колеблющейся точки от положения равновесия.

Виброскорость м/с (υ) и виброускорение м/с^2 (а) являются соответственно первой и второй производной по времени от виброперемещения.

9.1 Действие на организм

Вибрация может оказывать на человека как положительное, так и отрицательное действие. Вибрация относится к факторам, обладающим значительной биологической активностью. Степень распространения колебаний по телу зависит от их частоты, амплитуды, площади участков тела, соприкасающихся с вибрирующим объектом, места приложения и направления оси вибрационного воздействия, демпфирующих свойств тканей, явления резонанса и других условий.
При изучении биологического действия вибрации принимается во внимание характер её распространения по телу человека, которое рассматривается как сочетание масс с упругими элементами. В одном случае это всё туловище с нижней частью позвоночника и тазом (стоящий человек), в другом случае – верхняя часть туловища в сочетании с

верхней частью позвоночника, нагибающийся вперёд (сидящий человек). Независимо от места возбуждения колебания затухают при распространении по телу тем больше, чем выше их частота, причём величина затухания не зависит от уровня интенсивности колебаний в зоне возбуждения.

Благоприятное воздействие оказывает местная вибрация малой интенсивности: восстановление трофических изменений, быстрое заживление ран, притупление боли, улучшение функционального состояния центральной нервной системы и др.

Длительное воздействие общей вибрации может привести к развитию вибрационной болезни.

9.2 Гигиеническое нормирование

Основным законодательным документом гигиенического нормирования вибрации является СН 2.2.4/2.1.8.566–96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

Гигиеническая оценка постоянной и непостоянной вибрации, воздействующей на человека, должна производиться следующими методами:

- частотным (спектральным) анализом нормируемого параметра;
- интегральной оценкой по частоте нормируемого параметра;
- интегральной оценкой с учётом времени вибрационного воздействия по эквивалентному (по энергии) уровню нормируемого параметра.

Нормируемыми параметрами являются среднеквадратические значения виброскорости (v) и виброускорения (a), и их логарифмические уровни (L_v, L_a).

Нормируемый диапазон частот устанавливается:

- для локальной вибрации в виде октавных полос со среднегеометрическими частотами: 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500;1000 Гц;
- для общей вибрации в виде октавных или 1/3 октавных полосах со среднегеометрическими частотами: 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,5; 16,0; 20,0; 25,0; 31,5;40,0; 50,0; 63,0; 80,0 Гц.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) вибрации – это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья. Соблюдение ПДУ вибрации не исключает нарушение здоровья у сверхчувствительных лиц.

ПДУ нормируемых параметров производственной локальной вибрации и общей вибрации всех категорий при длительности вибрационного воздействия 480 мин (8 ч) приведены в таблицах СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Санитарные нормы одночисловых показателей вибрационной нагрузки на человека для длительно-сти смены 8 часов в октавных полосах частот приведены в таблице 5.

Допустимое значение вибрации U_T при длительности её воздействия T менее 480 мин (8 ч) определяется по формуле $U_T=U_{480}\cdot(480/T)^{1/2}$, где U_{480}–норма вибрации при длительности воздействия 480 мин. Максимальный уровень вибрации не должен превышать значений, вычисленных для T=30 мин.

9.1 Профилактические мероприятия

Меры профилактики неблагоприятного воздействия вибрации и сопутствующих факторов при работе с виброинструментами включают также организационно–технические, административные и медико–профилактические мероприятия.

Организационно–технические мероприятия:

– Защиту временем – режимы труда, рациональное распределение работ с виброинструментами в течение рабочей смены, рациональное использование регламентированных перерывов;

В целях профилактики вибрационной болезни для работающих с вибрирующим оборудованием рекомендуется специальный режим труда. Так, при работе с

ручными машинами, удовлетворяющими требованиям санитарных норм, суммарное время работы в контакте с вибрацией не должно превышать 2/3 рабочей смены. При этом продолжительность одноразового непрерывного воздействия вибрации, включая микропаузы, входящие в данную операцию, не должна превышать для ручных машин 15—20 мин.

– Меры коллективной защиты, особенно при работе на открытых площадках в холодный период года (наличие помещений для обогрева, отдыха и укрытия от неблагоприятных метеорологических условий);

– Средства индивидуальной защиты (антивибрационные рукавицы, противошумные наушники или вкладыши, тёплая специальная одежда; при обводнении и охлаждающем действии воды–водонепроницаемая одежда, рукавицы, обувь).

Административные меры – допуск к работе только исправных и отрегулированных инструментов с виброзащитой, проведение периодического контроля за уровнями вибрации, обеспечение работников эффективными средствами индивидуальной и коллективной защиты, профилактическим питанием, обучение работников правильным способам работы с виброинструментом, прохождение работниками регулярных медицинских осмотров и т.д.).

Медико–профилактические мероприятия включают: проведение периодических и предварительных медицинских осмотров, физиотерапевтические меры, витаминопрофилактику, санаторно–курортное лечение и др.

19 Ионизирующее излучение

11.1 Общие сведения

Ионизирующим называется излучение, которое, проходя через среду, вызывает ионизацию или возбуждение молекул среды. Ионизирующее излучение (ИИ), так же как и электро- магнитное, не воспринимается органами чувств человека. Поэтому особенно опасно, так как человек не знает, что он подвергается его воздействию.

Различают естественные и искусственные источники ионизирующего излучения. Природное ИИ присутствует повсюду. Оно поступает из космоса в виде космических лучей. Оно есть в воздухе в виде излучений радиоактивного радона и его вторичных частиц. Радиоактивные изотопы естественного происхождения проникают во все живые организмы и остаются в них. Ионизирующего излучения невозможно избежать. Естественный радиоактивный фон существовал на Земле всегда, и жизнь зародилась в поле его излучений, а затем – много–много позже – появился и человек. Эта природная (естественная) радиация сопровождает нас в течение всей жизни. Космическое излучение и радиоактивные вещества, находящиеся в окружающей нас среде, являются источниками внешнего излучения. Радиоактивные вещества, содержащиеся в теле человека или поступающие в организм с вдыхаемым воздухом, пищей или водой, обуславливают внутреннее облучение.

Физическое явление радиоактивности было открыто в 1896 г. А. Беккерелем и сегодня оно широко применяется во многих областях.

Источники ионизирующих излучений применяют для контроля качества сварных соединений, борьбы со статическим электричеством, дефектоскопии металлов, определения уровня агрессивных сред в замкнутых объёмах и др. Их используют в сельском хозяйстве, атомной энергетике, медицине и геологической разведке. Знаки «выхода» в зданиях и самолётах благодаря содержанию радиоактивного трития светятся в темноте в случае внезапного отключения электричества. Многие приборы пожаной сигнализации в жилых домах и общественных зданиях содержат радиоактивный америций.

Ионизирующие излучения имеют ряд общих свойств, два из которых являются наиболее

важными: способность проникать через материалы различной толщины; ионизировать воздух и живые клетки организма.

Мерой радиоактивности какого–либо количества радионуклида, находящегося в данном энергетическом состоянии в данный момент времени, является активность: $A=dN/dt$, где dN – ожидаемое значение числа спонтанных ядерных переходов с данного уровня энергии за отрезок времени dt. Единицей активности является беккерель (Бк), 1 Бк равен одному распаду в секунду. Использовавшаяся ранее внесистемная единица активности кюри (Ки) составляет $3{,}7\cdot10^{10}$ Бк. Время, в течении которого распадается в среднем половина исходных атомов, называется периодом полураспада $T_{1/2}$. Период полураспада связан с постоянной распада λ соотношением: $T_{1/2}=\ln2/\lambda=0{,}693/\lambda$.

Зависимость активности от времени описывается выражением: $A(t)=\lambda\cdot N(t)=A_0\cdot e^{-\lambda t}=A_0\cdot 2\text{^}(T_{1/2})^{-1}$, где A_0 – активность в начальный момент времени, $A_0=\lambda\cdot N_0$, где N_0 – число радиоактивных атомов в начальный момент времени.

11.2 Дозиметрические единицы

Основным параметром, характеризующим поражающее действие проникающей радиации, является доза излучения.

Доза излучения – это количество энергии ионизирующих излучений, поглощенной единицей массы облучаемой среды. Различают экспозиционную, поглощенную, эквивалентную и эффективную дозы.

Экспозиционная доза $D_э$ представляет собой отношение полного заряда Q ионов одного знака, возникающих в малом объёме воздуха к массе m воздуха в этом объёме (обычно берут отношение компонентов dQ и dm): $D_э=dQ/dm$. За единицу $D_э$ принимают кулон на килограмм (Кл/кг). Применяют и внесистемную единицу рентген (Р), $1Р=2{,}58\cdot10^{-4}$ Кл/кг.

Биологическое действие ИИ на живой организм определяется поглощённой дозой излучения $D_{погл}$, представляющей собой отношение средней энергии dE, переданной излучением веществу в элементарном объёме: $D_{погл}=dE/dm$. Единицей поглощённой дозы является грей (Гр), 1Гр=1 Дж/кг. Применяется также единица рад, 1рад=0,01 Гр.

Для наглядного представления о величине энергии равной 1 Дж вспомним, что 1 Дж – это кинетическая энергия, которую приобретает тело массой 100 г при свободном падении с высоты, равной 1 м, или 1 Дж – это энергия, которая необходима, чтобы повысить температуру 1 г воды на 0,24 ^{0}C.

Поглощённая доза является основной дозиметрической величиной, характеризующей не самоизлучение, а его воздействие на вещество.

Поглощённая доза не отражает в полной мере действия ИИ на живой организм, так как биологический эффект зависит не только от величины поглощённой энергии, но и от ряда других параметров, обусловленных характером и условиями облучения (равномерность распределения в организме, плотность ионизации, дробность облучения, мощность дозы и др.). Плотность ионизации является главным фактором, поскольку число пар ионов, образованных на единицу пути, в веществе у α– частиц существенно больше, чем у β–частиц (электронов), то биологический эффект при одной и той же дозе (величине поглощённой энергии) будет больше при облучении α–частицами, чем β–частицами или γ–излучением.

Действие ИИ на организм зависит от пространственного распределения поглощённой энергии, характеризуемого линейной передачей энергии заряженных частиц в среде.

Радиационную опасность хронического действия излучения произвольного состава оценивают по эквивалентной дозе $D_{экв}$ облучения, определяемой как произведение поглощённой дозы на средний коэффициент качества $К_К$ излучения в данной точке ткани: $D_{экв}=D_{погл}\cdot К_К$ Измеряют эквивалентную дозу в зивертах (Зв=Дж/кг). Применяют также биологический эквивалент рада (бэр), 1 бэр=0,01 Зв. Зиверт равен эквивалентной дозе

излучения, при которой поглощённая доза равна 1 Гр и коэффициент $К_к$=1. Отнесённые к единице времени поглощённая экспози-ционная и эквивалентная дозы представляют собой мощности соответствующих доз.

Коэффициент качества $К_к$, используемый для сравнения биологического действия различных видов излучения при обосновании радиационной защиты, – безразмерный параметр, который характеризует зависимость неблагоприятных последствий облучения человека в малых дозах от полной линейной передачи энергии излучения.

Значения $К_к$ для некоторых видов излучения при длительном облучении всего тела следующие: фотоны, электроны и ионы любых энергий – 1; нейтроны с энергией от 10кэВ до 100 кэВ и 2 МэВ до 20 МэВ – 10, от 100 кэВ до 2 МэВ – 20, менее 10 кэВ и более 20 МэВ – 5; α–частицы, осколки деления, тяжёлые ядра – 20.

При воздействии различных видов излучения с различными взвешивающими коэффициентами эквивалентная доза определяется как сумма эквивалентных доз для R видов излучения: $D_{экв}=\Sigma D_{экв}\cdot R$.

В ряде случаев облучению подвергается не всё тело, а один или несколько органов. Такая ситуация чаще всего реализуется при внутреннем облучении, т.е. при поступлении радионуклидов в организм с вдыхаемым воздухом или пищевыми продуктами. Радионуклид, ка и неактивный нуклид данного химического элемента, накапливается в том или ином органе. В частности радионуклиды йода поступают преимущественно в щитовидную железу, радия и стронция – в костную ткань, поло- ния – в печень, селезёнку, почки и т.д.

Поскольку органы и ткани человека обладают различной радиочувствительностью, то для оценки риска возникновения отдалённых последствий при облучении всего организма или отдельных органов используется понятие эффективной эквивалентной дозы (Е). Единица этой дозы – зиверт (Зв). Она также как и эквивалентная доза применима только для хронического облучения в малых дозах и является мерой оценки ущерба для здоровья по выходу отдалённых последствий.

По определению: $E=\Sigma D_{экв}\cdot W_T$, а $\Sigma W_T=1$, где $D_{экв}$ – эквивалентная доза в органе или ткани Т; W_T – взвешивающий коэффициент для органа или ткани Т, который характеризует относительный риск на единицу дозы по выходу отдалённых последствий при облучении данного органа по отношению к облучению всего тела. Значения W_T для различных видов излучения составляют: гонады – 0,20; красный костный мозг, лёгкие, толстый кишечник, желудок – 0,12; молочные железы женщин, щитовидная железа, печень, пищевод, мочевой пузырь – 0,05; клетки костных поверхностей, кожа – 0,01; прочие органы – 0,05.

Из представленных данных следует, что при облучении например, только щитовидной железы (W_T=0,05) эффект по отдалённым последствиям будет составлять всего 5 % от того эф- фекта, который может быть реализован при облучении всего те- ла. Соответственно он равен 20 % для гонад, 12 % для лёгких и т.д.

11.3 Нормы радиационной безопасности

Основными юридическими документами, регламентирующим требования Федерального закона «О радиационной безопасности населения» в форме основных пределов доз, допустимых уровней воздействия ИИ и других требований по ограничению облучения человека являются СанПиН 2.6.1.2523–09 «Нормы радиационной безопасности НРБ–99/2009» и СП 2.6.1.2612–10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ 99/2010».

НРБ распространяются на следующие виды воздействия ИИ на человека:

– в условиях нормальной эксплуатации техногенных источников излучения;
– в результате радиационной аварии;
– от природных источников излучения;

– при медицинском облучении.

Защита количеством подразумевает проведение работы с минимальными количествами радиоактивных веществ, т.е. пропорционально сокращает мощность излучения.

Защитные мероприятия, позволяющие обеспечить условия радиационной безопасности при применении закрытых источников, основаны на знании законов распространения ИИ и характера их взаимодействия с веществом. Главные из них следующие:

1) доза внешнего облучения пропорциональна интенсивности и времени действия излучения;

2) интенсивность излучения от точечного источника пропорциональна количеству квантов или частиц, возникающих в них в единицу времени, и обратно пропорциональна квадрату расстояния;

3) интенсивность излучения может быть уменьшена с помощью экранов.

Основные принципы обеспечения радиационной безопасности, вытекающие из этих закономерностей следующие: уменьшение мощности источников до минимальных величин (защита количеством); сокращение времени работы с источником (защита временем); увеличение расстояния от источника до работающих (защита расстоянием) и экранирование источников излучения материалами, поглощающими ИИ (защита экранами).

Защита от открытых источников ионизирующих излучений предусматривает как защиту от внешнего облучения, так и защиту персонала от внутреннего облучения, связанного с возможным проникновением радиоактивных веществ в организм через органы дыхания, пищеварения или через кожу.

Все виды работ с открытыми источниками ионизирующих излучений разделены на три класса. Класс работы определяет требования к устройству и размещению помещений, в которых они проводятся. На дверях таких помещений указывают класс работы и вывешивают знак радиационной опасности.

Чем выше класс выполняемых работ, тем жестче гигиенические требования по защите персонала от внутреннего переоблучения.

Способы защиты персонала при этом следующие:

1) использование принципов защиты, применяемых при работе с источниками излучения в закрытом виде;

2) герметизация производственного оборудования с целью изоляции процессов, которые могут явиться источниками поступления радиоактивных веществ во внешнюю среду;

3) мероприятия планировочного характера. Планировка помещений предполагает максимальную изоляцию работ с радиоактивными веществами от других помещений и участков, имеющих иное функциональное назначение. Помещения для работ I класса должны размещаться в отдельных зданиях или в его изолированной части с отдельным входом через санитарный пропускник. Помещения для работ II класса должны размещаться в изолированной части здания и иметь санитарный пропускник или душевую с дозиметрическим контролем на выходе. В них должны быть вытяжные шкафы, боксы; работы III класса могут проводиться в отдельных специально выделенных комнатах;

4) Защита предполагает проведение мероприятий по борьбе с накоплением радиоактивной пыли и ее удалению из производственного помещения. К этим мероприятиям относятся: покраска или облицовка стен, потолка и пола помещения, их влажная уборка, организация вытяжной вентиляции.

использование СИЗ. При работах I класса и некоторых работах II класса предусматриваются полное снятие одежды работающими, переход их через санпропускник, надевание рабочей одежды (комбинезон, белье, шапочка, носки и обувь), а после работы – душ, дозиметрический контроль и лишь после этого надевание домашней одежды и обуви. Для измерения дозы облучения за время

работы всем выдаются личный дозиметр типа ДКП-50-А; он позволяет измерять дозы облучения от 0,1 до 5 МЗв при мощности дозы излучения от 0,5–20 мЗв/ч. Для защиты от загрязнения рук работающим выдаются перчатки, а для защиты от радиоактивной – пыли респираторы.

На время ликвидации аварий, ремонтных работ применяют изолирующие пневмокостюмы или костюмы с автономным питанием.

Рабочий день при работах I и II класса должен составлять 4–6 часов. Работающие с радиоактивными веществами обеспечиваются специальным питанием или молоком.

5) Помещения должны быть оборудованы механической вентиляцией с кратностью обмена воздуха не менее 10 раз в час. Скорость движения воздуха в рабочих проемов шкафов и укрытий должна быть не менее 1,5 м/с. Перед выбросом в атмосферу воздух должен обязательно очищаться на специальных фильтрах до определенных норм.

6) Профилактика методом фармакохимической защиты применяется в случае неизбежного облучения работающих в дозах превышающих предельно допустимые. В организм за определенное время до облучения вводятся вещества, снижающие радиационное поражение. Такие вещества называются радиозащитными или радиопротекторами. К ним относятся серосодержащие вещества (цистамин, цистафост, гаммафост и др.); биологически активные амины (мексамин, индралин и др.).

20 Электромагнитное излучение

10.1 Общие сведения

Общеизвестно, что человек и окружающая среда находятся под интенсивным воздействием электромагнитных полей, создаваемых как естественными, так и техногенными источниками электромагнитного излучения (ЭМИ). Если электромагнитные поля естественных источников, таких как Космос, Галактика, Солнце являются постоянными природными характеристиками среды обитания человека, то электромагнитные поля (ЭМП), создаваемые техногенными источниками, используемые как в экономических, так и в военных целях, оказывают, как правило, либо побочное, либо прямое воздействие на человека.

Проблема взаимодействия человека с ЭМП техногенного характера существенно осложнилась в последнее время в связи с интенсивным развитием радиосвязи, радионавигации, телевизионных систем, расширением сферы применения электромагнитной энергии для осуществления определённых технологических операций, широким распространением компьютерной техники, массовым распространением бытовых электро– и электронных приборов.

Тенденция наращивания плотности электромагнитной энергии в окружающей среде привела к тому, что в настоящее время напряжённость полей создаваемых техногенными источниками, превосходили на несколько порядков напряжённость соответствующих по частоте полей естественного происхождения.

При характеристике электромагнитной обстановки пользуются терминами «электрическое поле», «магнитное поле», «электромагнитное поле»: электрическое (электростатическое) поле создаётся электрическими зарядами, а их движение по проводнику порождает магнитное поле. Поскольку магнитных зарядов не существует, силовые линии магнитного поля всегда замкнуты.

Критерием интенсивности электрического поля, является напряжённость электрического поля – Е с единицей измерения В/м (Вольт на метр). Величина магнитного поля характеризуется напряжённостью магнитного поля Н с единицей измерения А/м (Ампер на метр). При оценке магнитного поля сверх низких и крайне низких частот (3–300 Гц)

используется показатель магнитной индукции В с единицей измерения Тл (Тесла), при чём 1 мкТл=1,25 А/м.

Постоянные электрические и магнитные поля возникают и существуют только в присутствии источников – заряда или электрического тока. Однако, в природе обнаружена связь электрического и магнитного поле при их изменениях.

Электромагнитное поле (ЭМП) – это совокупность двух взаимосвязанных переменных полей: электрического и магнитного, которая распространяется в пространстве в виде электромагнитных волн (электромагнитного излучения (ЭМИ)). Излучение – это энергия, переданная волнами.

Электромагнитное поле особая форма материи, создаваемая изменяющимися во времени электрическим полем Е, которое порождает магнитное поле Н, а изменяющееся Н возбуждает вихревое электрическое поле. Напряжённости полей Е и Н, расположенные перпендикулярно друг другу, непрерывно изменяясь, порождают друг друга. Электромагнитное поле – самый распространённый вид поля, который может существовать в отрыве от источника.

По временной зависимости величины, характеризующие электромагнитное поле, подразделяются на следующие основные виды: постоянные (не зависящие от времени), гармонические и произвольные периодические колебания, импульсы, шу- мы, модулированные по амплитуде.

Для характеристики периодических электромагнитных колебаний используют следующие параметры:

– среднее квадратическое значение напряженности электрического поля;

– средние квадратические значения напряженности магнитного поля и магнитной индукции;

– средняя плотность потока энергии электромагнитного поля в плоской волне.

Все электромагнитные волны в свободном пространстве распространяются со скоростью света, равной 300 тыс. км/с.

10.2 Виды электромагнитных полей

К ЭМП и ЭМИ относя электромагнитные колебания радиочастотного и оптического диапазонов. Условно к ним также относят статические электрические и постоянные магнитные поля хотя они излучениями не являются.

В спектре естественных ЭМП условно выделяют несколько составляющих – это постоянное магнитное поле Земли (геомагнитное поле, ГМП), электростатическое поле и переменные электромагнитные поля в диапазоне частот от 10^{-3} до 10^{12} Гц. Геомагнитное поле является одним из важнейших факторов окружающей среды. Установлено, что геомагнитные возмущения могут оказывать дессинхронизирующее действие на биологические ритмы и другие процессы в организме. В периоды возникновения геомагнитных возмущений фиксируется увеличение числа инфарктов и инсультов, дорожно–транспортных происшествий и аварий самолетов. При магнитных бурях неблагопри- ятное воздействие на организм испытывает около 30 % населения.

Величина постоянного ГМП может изменяться на поверхности Земли от 26 мкТл (в районе Риоде–Жанейро) до 68 мкТл (вблизи географических полюсов), достигая максимумов в районах магнитных аномалий (Курская аномалия, до 190 мкТл).

Геомагнитное поле претерпевает изменения с длительными (вековыми) периодами (8000, 600 лет) и с периодами в десятки лет (60, 22, 11 лет), а также короткопериодические суточные вариации. Солнечная активность и межпланетное магнитное поле изменяют электрическое и магнитное поля Земли, тем самым оказывают определённое воздействие на организм человека.

Статические электрические поля (СЭП) представляют собой поля неподвижных электрических зарядов, либо стационарные электрические поля постоянного тока. Возникновение зарядов статического электричества может происходить при дроблении,

разбрызгивании, газовыделении веществ, относительном перемещении двух находящихся в контакте твердых тел, сыпучих, жидких и газообразных материалов, при интенсивном перемешивании, кристаллизации и пр.

10.3 Биологическое действие электромагнитных полей

Взаимодействие внешних ЭМП с биологическими объектами происходит путем наведения внутренних полей и электрических токов, величина и распределение которых в теле человека зависит от целого ряда параметров, таких как размер, форма, анатомическое строение тела, электрические и магнитные свойства тканей (диэлектрическая и магнитная проницаемости и удельная проводимость), ориентация тела относительно векто- ров электрического и магнитного полей, а также от характеристик ЭМП.

Биологическое действие ослабленного геомагнитного поля (ГМП). Наличие естественных ЭМП (ГМП) в окружающей среде является необходимым для осуществления нормальной жизнедеятельности, а их отсутствие или дефицит могут приводить к негативным последствиям для живого организма.

Установлено, что при ослаблении ГМП в 2–5 раз относительно естественного МП наблюдается увеличение на 40% количества заболеваний у людей, работающих в экранированных помещениях. При нахождении человека в искусственных гипо-геомагнитных условиях отмечаются изменения психики, появляются нестандартные идеи, образы.

Биологическое действие ПМП. Живые организмы весьма чувствительны к воздействию ПМП. Отечественными иссле- дователями описаны изменения в состоянии здоровья у лиц, работающих с источниками ПМП. Наиболее часто они проявляются в форме вегетодистоний, астеновегетативного и периферического вазовегетативного синдромов или их сочетания. Характерны субъективные жалобы астенического характера, функциональные сдвиги со стороны сердечно–сосудистой системы (брадикардия, иногда тахикардия, изменение на ЭКГ зубца Т), тенденция к гипотонии. Принято считать, что наиболее чувствительными к воздействию ПМП являются системы, выполняющие регуляторные функции (нервная, сердечно–сосудистая, нейроэндокринная и др.).

10.4 Гигиеническое нормирование ЭМП

Гигиенические нормативы на параметры ЭМП устанавливаются в зависимости от следующих факторов:

– отношения подвергающегося воздействию ЭМП человека к источнику излучения (профессиональное, непрофессиональное);

– частоты электромагнитного излучения;

– характера временного воздействия электромагнитного поля (постоянное или прерывистое);

– места положения (области тела), подвергаемые воздействию (общее–всё тело и локальное – кисти рук, верхний плечевой пояс, конечности).

Интенсивность геомагнитного поля оценивают в единицах напряженности магнитного поля (Н, А/м) или в единицах магнитной индукции (В, Тл).

21 Лазерное и ультрафиолетовое излучение

Ультрафиолетовое излучение

Ультрафиолетовое излучение (УФИ) электромагнитное излучение в оптической области в диапазоне 200-400 нм с частотой колебаний от 1013 до 1016 Гц, примыкающее со стороны коротких волн к видимому свету. Оно относится к неионизирующим излучениям. Естественным источником УФ-излучения является Солнце. В промышленности источниками этого излучения могут быть газоразрядные источники света, электрические

дуги, плазматроны, лазеры.

Тела начинают генерировать УФИ при температуре нагрева выше 1200 °С, интенсивность растет с увеличением температуры. Воздух непрозрачен для УФИ с длиной волны $\lambda < 185$ нм вследствие поглощения его кислородом.

Весь диапазон УФИ разделяют на следующие области:

область А: $\lambda = 400…315$ нм; область В: $\lambda = 315…280$ нм; область С: $\lambda = 280…200$ нм.

УФИ области А отличается слабым биологическим действием, вызывающим преимущественно флуоресценцию(свечение).

Основное биологическое действие оказывает УФИ области В. Это излучение вызывает основные изменения в коже (загарное и антирахитическое действие), крови, нервной системе, кровообращении и других органах.

УФИ области С отличается большим разрушительным действием на клетку, так как обладает бактерицидным действием, вызывает коагуляцию (склеивание) белков, может привести к раку кожи.

Действие ультрафиолетового излучения на организм человека

Ультрафиолетовое излучение, составляющее приблизительно 5 % плотности потока солнечного излучения, – жизненно необходимый фактор, оказывающий благотворное стимулирующее действие на организм.

Недостаточное УФ-облучение людей вредно. Оно вызывает D-авитаминоз, нарушение трофики центральной нервной системы, ослабление окислительно-восстановительных процессов, снижение работоспособности.

Нормирование интенсивности ультрафиолетового излучения

Основными нормативными документами являются:

СН № 4557-88. Санитарные нормы ультрафиолетового излучения в производственных помещениях;

МУ 2.3.975-00. Использование ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздушной среды помещений организаций пищевой промышленности, общественного питания и торговли продовольственными товарами;

РМГ 77-2005. ГСИ. Интегральные характеристики ультрафиолетового излучения в охране труда. Методика выполнения измерений [47];

Р 50.2.053-2006. ГСИ. Измерение энергетической освещенности УФИ в производственных помещениях. Методика проведения измерений [48].

Средства защиты от ультрафиолетового излучения

Основными защитными мерами являются: защита растоянием, экранирование источников излучения, экранирование рабочих мест, СИЗ, специальная окраска помещений и рациональное размещение рабочих мест.

Защита расстоянием - это удаление обслуживающего персонала от источников УФ-излучения на безопасную величину. Расстояния, на которых уровни УФ-излучения не представляют опасности для работающих, определяются только экспериментально в каждом конкретном случае в зависимости от условий работы, состава производственной атмосферы, вида источника излучения, отражающих свойств конструкций помещения и оборудования и т.д.

Наиболее рациональным методом защиты является экранирование источников излучений с помощью различных материалов и светофильтров, не пропускающих или снижающих интенсивность излучений.

Для защиты работающих от избытка УФ-излучения используют противосолнечные экраны, жалюзи, оконные стекла со специальным покрытием, стекла «хамелеоны» и др. В производственных условиях применяются стены, кабины, щитки, ширмы, очки с защитными стеклами. Полную защиту от УФ-излучения всех волн обеспечивает флинт-

глас (стекло с оксидом свинца) толщиной 2 мм. Кабины изготавливаются высотой 1,8-2 м, причем их стенки не должны доходить до пола на 25-30 см для улучшения проветривания.

При размещении рабочих помещений необходимо учитывать, что отражающая способность различных отделочных материалов для УФ-излучения иная, чем для видимого света. Хорошо отражают УФ-излучение полированный алюминий и меловая побелка, в то время как оксиды цинка и титана на масляной основе - плохо.

Стены и ширмы в цехах окрашивают в светлые тона (серый, желтый, голубой), применяя цинковые и титановые белила для поглощения УФИ.

В качестве средств индивидуальной защиты (СИЗ) применяют спецодежду (куртки, брюки), рукавицы, фартуки, щитки со светофильтрами или защитные очки. Одежда изготавливается из тканей, не пропускающих УФИ (лен, хлопчатобумажная, поплин). Защитные очки и щитки укомплектовываются светофильтрами в зависимости от выполняемой работы. Полную защиту от УФИ всех областей обеспечивает флинтглас (стекло, содержащее оксид свинца).

Для защиты кожи от УФИ применяют мази с содержанием веществ, служащих светофильтрами (салол, салицилово-метиловый эфир и др.).

Измеряется специальными УФ дозиметрами, а также спектрометрами ИКС - 9,12,14.

Лазерное излучение

Лазер – источник электромагнитного излучения видимого, инфракрасного и ультрафиолетового диапазонов, основанный на вынужденном излучении атомов и молекул.

Лазер – источник света. По сравнению с другими источниками света лазер обладает рядом уникальных свойств, связанных с когерентностью (согласованность колебаний во времени волновых процессов) и высокой направленностью его излучения. Излучение «нелазерных» источников света не имеет этих особенностей. В естественной природной среде лазерное излучение не встречается.

Лазеры используются в промышленности, науке, ювелирном деле, медицине и тд

В зависимости от типа конструкции и целевого назначения лазеров и лазерных установок на работников могут воздействовать следующие опасные и вредные факторы:

лазерное излучение (прямое, отраженное и рассеянное);

сопутствующие ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное излучения от источников накачки, плазменного факела и материалов мишени;

высокое напряжение в цепях управления и источниках электропитания;

электромагнитное излучение промышленной частоты и радиочастотного диапазона;

рентгеновское излучение от газоразрядных трубок и других элементов, работающих при анодном напряжении более 5 кВ;

шум, вибрация;

токсические газы и пары от лазерных систем с прокачкой, хладагентов и др.;

продукты взаимодействия лазерного излучения с обрабатываемыми материалами;

повышенная температура поверхности лазерного изделия;

опасность взрыва в системах накачки лазеров.

Излучение лазера можно условно характеризовать двумя группами параметров. К первой группе относят энергетические параметры, ко второй – геометрические. Общими для обеих групп являются длина волн и длительность излучения.

Основными элементами любого лазера являются активная среда, содержащая атомы или молекулы, способные относительно долго оставаться на своих верхних энергетических уровнях, источник энергии для её возбуждения, зеркальный оптический резонатор и система охлаждения. По активному элементу лазеры классифицируют на твердотельные, газовые, жидкостные. В твердотельных лазерах используется синтетический рубин или корунд. Жидкостные лазеры характеризуются использованием в качестве активного

элемента жидких сред – металлоорганических и неорганических. Газовые лазеры заполены такими газами как гелий, аргон, неон.

Действие лазерного излучения на организм человека

Под действием лазерного излучения происходит нарушение жизнедеятельности как отдельных органов, так и организма в целом.

При больших интенсивностях обучения возможны повреждения внутренних органов, которые имеют характер отеков, кровоизлияний, кровотечений, омертвений тканей и др.

Лазерное излучение (ЛИ) представляет особую опасность для тех тканей, которые максимально поглощают излучение. Сравнительно легкая уязвимость роговицы и хрусталика глаза, а также способность оптической системы глаза увеличивать плотность энергии (мощности) излучения видимого и ближнего инфракрасного диапазона (750…1400 нм) на глазном дне до 6 □ 10^4 раз по отношению к роговице делают глаз наиболее уязвимым органом. Степень повреждения глаза может изменяться от слабых ожогов сетчатки до полной потери зрения.

По степени опасности выходного излучения лазеры подразделяются на 4 класса:

I-й класс □ лазеры, выходное излучение которых не представляет опасности для глаз и кожи;

II-й класс – лазеры, выходное излучение которых представляет опасность при облучении глаз прямым или зеркально отраженным излучением;

III-й класс – лазеры, выходное излучение которых представляет опасность при облучении глаз прямым, зеркально отраженным, а также диффузно отраженным излучением на расстоянии 10 см от диффузно отражающей поверхности

IV-й класс – лазеры, выходное излучение которых представляет опасность при облучении кожи диффузно отраженным излучением на расстоянии 10 см от диффузно отражающей поверхности.

Лазеры классифицирует предприятие-изготовитель по выходным характеристикам излучения расчетным методом.

Средства защиты от лазерного излучения

Лазерные установки III–IV класса, генерирующие излучение видимого спектра, и лазеры II–IV класса, работающие в ультрафиолетовом и инфракрасном диапазонах, снабжаются сигнализаторами начала и окончания работы. В конструкции этих же лазеров предусмотрены экран для кратковременного перекрытия прямого лазерного излучения и для ограничения его распространения за пределы зоны размещения обрабатываемого материала. Экран изготовляется из огнестойкого, неплавящегося и светопоглощающего материала.

Действующие лазерные установки следует размещать в отдельных, специально выделенных помещениях или отгороженных частях помещений. Лазеры IV класса должны размещаться только в отдельных помещениях. Внутренняя поверхность помещения, а также предметы, находящиеся в этом помещении (за исключением используемых в работе элементов оптических систем), не должны иметь поверхностей с коэффициентом отражения больше 0,4; стены, потолок, пол помещения и предметы, находящиеся в помещении, должны иметь матовую поверхность, обеспечивающую минимальное отражение.

Средства защиты от ЛИ подразделяются на коллективные и индивидуальные. Выбор средства защиты в каждом конкретном случае осуществляется с учетом требований безопасности для данного процесса.

Коллективные средства защиты от повышенного уровня лазерного излучения разделяют на следующие группы.

Оградительные устройства. Надежной защитой от случайного попадания излучения на человека является экранирование луча на всем его пути распространения, если позволяют технические возможности. Экраны для защиты от ЛИ могут быть непрозрачными или прозрачными [30].

Непрозрачные экраны или ограждения, препятствующие выходу ЛИ наружу, должны изготовляться из металлических листов (сталь, дюралюминий и т. п.). В некоторых случаях допускается изготовление непрозрачных экранов из пластмасс.

Прозрачные экраны должны поглощать ЛИ и при этом быть прозрачными на всем или части видимого диапазона длины волн (частично прозрачные экраны). Они изготовляются из специальных стекол или органического стекла с соответствующей спектральной характеристикой. Оптическая плотность такого экрана на длине волны излучения должна быть достаточной для ослабления интенсивности облучения на рабочем месте оператора до величины, не превышающей ПДУ.

Если энергия ЛИ настолько велика, что может разрушить частично прозрачный экран, то необходимо принять меры, исключающие возможность прямого попадания луча на такой экран.

Для снижения уровня отраженного ЛИ линзы, призмы и другие твердые с зеркальной поверхностью предметы на пути луча должны снабжаться блендами, а облучаемый объект – защитными экранами – диафрагмами с отверстием, диаметр которого несколько превышает диаметр луча. В этом случае через отверстие проходит только прямое излучение, отраженные лучи от объекта попадают на экран, который их частично поглощает и рассеивает. Для этой цели можно использовать даже фанеру, покрытую черной матовой краской.

Предохранительные устройства. Входы в помещения, где размещены лазерные установки, должны иметь блокировку. При размещении пультовой и рабочей камеры в разных помещениях система блокировки входной двери в рабочую камеру должна отключаться только после выключения установки и окончания запретного периода, если он предусмотрен. При этом должна быть исключена возможность включения установки при незапертой двери в рабочую камеру, а также исключена возможность открытия двери во время работы установки. При случайном открытии двери в рабочую камеру (или неисправности контакта блокировки) установка должна выключаться. Установка должна быть оборудована системой блокировки, не позволяющей закрыть входную дверь без предварительного захода в рабочую камеру. Указанная система выключается ответственным оператором, который покидает рабочую камеру последним, убедившись в отсутствии в ней людей. В рабочей камере должны быть установлены легко доступные устройства аварийного выключения установки и запрета на ее включение. Осветители с импульсными лампами для накачки должны иметь блокировку, исключающую возможность вспышки лампы при от- крытой крышке осветителя.

Устройства автоматического контроля и сигнализации. Помимо блокировки, входы в помещения, где размещаются лазерные изделия, должны быть оборудованы также звуковой и световой сигнализацией, сблокированной с системой пуска установки. В помещениях, где проводятся работы с импульсной установкой, должна быть установлена сигнализация: световая – в период, когда на конденсаторной батарее поднимается напряжение, и звуковая непосредственно перед срабатыванием осветителя за 2–3 с.

Во время работы установки на пульте управления и над входом в рабочую камеру должны гореть предупреждающие световые сигналы. Необходимо проверять исправность системы блокировки и сигнализации каждый раз перед включением установки. При неисправности или умышленном отключении хотя бы одной из предусмотренных проектом блокировок пуск установки должен поступать на пульт управления установки и фиксироваться в журнале эксплуатации. В случае неисправности хотя бы одной из систем блокировки или сигнализации эксплуатация установки запрещается.

Устройства дистанционного управления. В целях обеспечения безопасности пульт управления лазерной установкой размещается в отдельном помещении с телевизионной или другой системой настройки, контроля и наблюдения за ходом процесса, применяются роботизированные комплексы, а также защита расстоянием (пребывание вне лазерно-

опасной зоны).

Знаки безопасности. Путь пучка света импульсной ЛУ должен быть маркирован покраской рейтеров, оправ, диафрагм и бленд, на дверях помещений. Где размещаются лазерные установки должен быть установлен знак «Опасно! Лазерное излучение».

Технологические халаты изготовляются из хлопчатобумажного или бязевого материала светло-зеленого или голубого цвета. Перчатки применяют в тех случаях, когда существует опасность воздействия ЛИ на кожный по- кров.

В защитных щитках, масках и очках применяются специальные свето- фильтры, задерживающие ЛИ, но пропускающие излучение в соседних диапазонах спектра. Это достигается за счет выбора светофильтров с определенной кривой спектрального пропускания. Так, например, противолазерные очки, изготовляемые из сине-зеленого стекла СЗС-22, применяются для защиты от лазерного излучения с □ = 0,69; 0,84 и 1,06 мкм.

Светофильтры защитных очков должны обеспечивать снижение интенсивности облучения глаз ЛИ до ПДУ. В паспортах на светофильтры и оправы очков указывают их спектральную характеристику, оптическую плотность и максимально допустимый уровень излучения.

При работе с лазерами IV класса опасности должны использоваться защитные маски. Толщина светофильтра устанавливается в зависимости от спектральной характеристики стекла. Характеристики защитных устройств по оптической плотности должны выбираться с таким расчетом, чтобы для определенной мощности и длины волны излучения лазера плотность энергии снижалась до безопасного (предельно допустимого) уровня.

Существует два типа защитных очков: открытые и закрытые. Открытые защитные очки модели О16-72 ЛС-630 предназначены для защиты глаз спереди и с боков от рассеянного и диффузно отраженного излучения на длине волны 0,63 мкм. Закрытые защитные очки с непрямой вентиляцией ЗН 22- 72-СЗС-22-6 предназначены для защиты глаз с боков, сверху и снизу от рассеянного, диффузно отраженного прямого излучения для непрерывного ЛИ с длиной волны 0,63; 1,5 мкм и для импульсного ЛИ 0,63…1,06 мкм. В ассортименте защитных очков должны быть очки с оправой, не препятствующей одновременному пользованию обычными корригирующими очками.

При работе мощных лазеров недостаточна защита только глаз, так как возможно поражение кожи лица. Поэтому в таких случаях эффективно применение защитных щитков и масок.

Руки рекомендуется защищать с помощью различного типа перчаток, в том числе из замши и кожи, а также специальными защитными дерматологическими средствами (кремы, лаки, пасты, мази), создающими предохранительную пленку на коже.

Одним из важнейших элементов системы сохранения здоровья обслуживающего персонала являются лечебно-профилактические мероприятия. К достаточно эффективным мерам медицинской профилактики профессиональной патологии следует отнести регулярные физические упражнения, причем в течение смены рекомендуется проводить не менее двух физкультурных пауз по 10 мин. При работе с ЛУ имеет большое значение соблюдение витаминного баланса, особенно в зимне-весенний период.

Требования к персоналу. К работе с лазерными установками допускаются лица, достигшие 18 лет и не имеющие медицинских противопоказаний. Женщины на период беременности и кормления ребенка должны освобождаться от работы с применением лазеров.

Работы, связанные с обслуживанием лазерных установок (ЛУ), включены в списки работ с вредными условиями труда, и работающие на лазерных установках II–IV классов подлежат предварительным (при поступлении на работу) и периодическим (1 раз в год) медицинским осмотрам. В осмотрах обязательно участие терапевта, невропатолога и офтальмолога. Помимо врачебного обследования, показано проведение клинического анализа периферической крови и ЭКГ.

Противопоказанием для приема на работу с лазерами являются следующие заболевания: гипертоническая болезнь, стенокардия, все болезни крови и вторичное малокровие; органические заболевания центральной нервной системы, катаракта; психические заболевания.

Контрольные вопросы

Тема 1: Введение в дисциплину. Человек и производственная среда.

1 Понятие производственной санитарии и гигиены труда.

2 Роль и значение производственной санитарии и гигиены труда в подготовке инженера по охране труда.

3 Обеспечение комфортных условий труда.

4 Негативные факторы в системе «человек – производственная среда».

5 Воздействие негативных факторов.

Тема 2: История развития гигиены труда и ПС.

1 Развитие гигиены труда в Древней Греции.

2 Период средних веков в развитие гигиены.

3 История появления гигиены труда в России.

Тема 3: Классификация опасных и вредных производственных факторов.

1 Классификация по характеру происхождения.

2 Классификация по воздействию на организм работающего человека.

3 Классификация по характеру действия в пространстве.

4 Потенциальная опасность воздействия вредных факторов на организм человека.

Тема 4: Санитарное законодательство.

1 Основные законодательные акты в области производственной санитарии и гигиены труда.

2 Конституционное право человека на санитарно– эпидемиологическое благополучие, здоровые условия труда, быта и отдыха.

3 Обеспечение санитарно–эпидемиологического благополучия населения. Права должностных лиц, осуществляющих санитарно–эпидемиологический надзор.

4 Понятие рабочего времени. Продолжительность ежедневной работы.

5 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Понятие о вредных и опасных производственных факторах, их классификация.

Тема 5: Надзор и контроль за соблюдением санитарного законодательства

1 Государственный, ведомственный и общественный надзор и контроль.

2 Виды санитарного надзора.

2 Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор).

3 Федеральная служба по труду и занятости (Роструд).

4 Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Ростехрегулировние).

5 Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор).

Тема 6: Ответственность за нарушение требований ПС.

1 Дисциплинарная, административная, материальная, уголовная и общественная ответственность.

2 Взыскания по видам ответственности.

3 Ответственность предприятий и организаций за выпуск и поставку продукции не

соответствующей требованиям ПС и ГТ.
4 Административные правонарушения. Виды административных наказаний.

Тема 7: Организация работ и обучение по ПС.
1 Организация безопасных условий труда на производстве.
2 Роль отдела охраны труда в обеспечение здоровых условий труда.
3 Виды инструктажа рабочих.

Тема 8: Производственный микроклимат.

1 Производственный микроклимат: понятие, виды.

2 Особенности микроклимата при разных видах работы в закрытых помещениях и на открытом воздухе. Горячие и холодные цеха.

3 Физическая и химическая терморегуляция человека в производственных условиях; основные закономерности теплообмена.

4 Функциональные изменения в организме в условиях нагревающего и охлаждающего микроклимата. Патологические состояния.

5 Адаптация и акклиматизация в производственных условиях.

6 Гигиенические принципы нормирования производственного микроклимата.

7 Инфракрасное излучение. Источники, законы излучения, влияние на организм. Профилактика вредного воздействия.

8 Профилактические мероприятия по обеспечению благоприятных метеорологических условий на производстве.

9 Требования, предъявляемые к средствам и методам измерения микроклимата.

10 Основные приборы, используемые для измерения параметров микроклимата; принципы работы.

Тема: 9: Несчастные случаи на производстве.
1 Понятие несчастного случая на производстве.
2 Классификация несчастных случаев.
3 Причины возникновения производственных травм.
4 Расследование несчастных случаев на производстве.
5 Порядок формирования комиссий по расследованию несчастных случаев.
6 Порядок оформления материалов расследования несчастных случаев.

Тема 10: Профессиональные заболевания.
1 Понятие профессионального заболевания.
2 Классификация профессиональных заболеваний.
3 Причины возникновения ПЗ.
4 Расследование профессиональных заболеваний на производстве.
5 Порядок формирования комиссий по расследованию профессиональных заболеваний. 6 Порядок оформления материалов расследования профессиональных заболеваний.

Тема 11: Физиология труда.
1 Работоспособность.
2 Утомление.
3 Основные формы труда и их особенности.
4 Рабочие позы.
5 Профилактика утомления.
6 Физиологические основы монотонного труда.
Тема 12: Санитарные требования к устройству объектов предприятия.
1 Санитарные требования к производственным зданиям и помещениям.
2 Планировка производственных помещений.

3 Площадь и объем производственных помещений.
4 Санитарные требования к вспомогательным зданиям и помещениям промышленных предприятий.

Тема 13: Промышленная вентиляция.
1 Значение и место вентиляции в системе оздоровительных мероприятий.
2 Промышленная вентиляция. Классификация. Принципы устройства вентиляции для борьбы с производственными вредностями.
3 Естественная вентиляция. Назначение, устройство, санитарный контроль за её работой.
4 Понятие об искусственной вентиляции. Преимущества и недостатки. Классификация. Гигиенические требования к промышленной вентиляции.
5 Что вкладывается в понятие «проверка эффективности работы действующей вентиляционной установки»?
6 Оценка производительности вентиляции.
7 Способы очистки вентиляционного воздуха от пыли и газов.
8 Мероприятия по улучшению работы вентиляционных установок.

Тема 14: Вредные вещества.
1 Классификация вредных веществ.
2 Пути поступления и действие вредных веществ на организм человека.
3 Факторы, определяющие токсическое действие вредных веществ.
4 Классы опасности вредных веществ.
5 Гигиеническое нормирование вредных веществ.
6 Защита от вредных веществ на производстве.
7 Приборы и методы контроля содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

Тема 15: Производственная пыль.
1 Эколого–гигиеническое, экономическое и технологическое значение пыли. Источники и способы пылеобразования.
2 Классификация пыли по происхождению, дисперсности, способу образования.
3 Физические и химические свойства пыли и их гигиеническое значение.
4 Действие пыли на организм. Механизм элиминации.
5 Понятие об аэрозолях преимущественно фиброгенного действия (АПФД); принципы гигиенического нормирования различных видов пыли.
6 Методы исследования запыленности воздуха на производстве. Методы и средства борьбы с пылью в производственных условиях.

Тема 16: Производственное освещение.
1 Производственное освещение и его роль в обеспечении высокой работоспособности.
2 Основные светотехнические понятия и единицы. Основные зрительные функции и их зависимость от освещения.
3 Физиологические методы оценки влияния условий освещения на зрительные функции.
4 Виды производственного освещения. Преимущества и недостатки естественного и искусственного освещения.
5 Естественное и совмещенное освещение. Гигиенические требования.
6 Искусственное освещение. Гигиеническая характеристика ламп накаливания и газоразрядных ламп; преимущества и недостатки.
7 Гигиенические требования к производственному осв
7 Гигиенические требования к производственному освещению.

8 Методика измерения и гигиеническая оценка освещенности на рабочих местах.

9 Принципы нормирования производственного освещения. Основные законодательные документы.

Тема 17: Производственный шум.

1 Основные источники, физические параметры шума.

2 Классификация производственных шумов.

3 Общее действие шума на организм. Шумовая болезнь. Современное представление о патогенезе профессиональной тугоухости.

4 Принципы гигиенического нормирования шума; особенности нормирования непостоянного шума.

5 Гигиенические критерии оценки шумового фактора по показателям вредности и опасности.

6 Дозный подход к оценке шума, воздействующего на организм.

7 Оборудование, условия и методика измерения параметров шума на рабочем месте.

8 Система мероприятий по профилактике шумовой патологии на производстве.

Тема 18: Производственная вибрация.

1 Источники вибрации на производстве, гигиеническая значимость.

2 Физические параметры вибрации, классификация.

3 Влияние вибрации на организм. Производственные факторы, способствующие развитию в организме патологических изменений.

4 Вибрационная болезнь.

5 Приборы для измерения параметров вибрации. Методика измерения общей и локальной вибрации.

6 Гигиеническое нормирование вибрации.

7 Профилактические мероприятия по защите от воздействия производственной вибрации.

Тема 19: Ионизирующие излучения.

1 Физические параметры ИИ. Виды ИИ.

2 Соматические и генетические радиационные эффекты.

3 Механизм биологического действия радиации.

4 Дозиметрические единицы измерений.

5 Принципы обеспечения радиационной безопасности. Гигиеническое нормирование ИИ.

6 Методы и средства регистрации ИИ.

Тема 20: Электромагнитное излучение.

1 Неионизирующее излучение в промышленности. Источники излучения.

2 Физико–гигиеническая характеристика электромагнитного излучения радиочастотного диапазона (ЭМП РЧ). Классификация ЭМП радиочастот. Биологическое действие ЭМП РЧ.

3 Гигиеническая оценка условий труда при воздействии ЭМП. Классы условий труда при действии неионизирующего излучения.

4 Методика измерения интенсивности электромагнитного излучения радиочастотного диапазона.

5 Профилактические мероприятия и меры защиты при работе с источниками электромагнитного излучения

Тема 21: Лазерное и ультрафиолетовое излучение.

1 Физико–гигиеническая характеристика лазерного и ультрафиолетового излучения. Биологическое действие ЛИ и УИ.

2 Гигиеническое нормирование параметров ЛИ и УИ..

4 Опасность лазера 1, 2, 3, 4 классов.

5 Профилактические мероприятия и меры защиты при работе с источниками ЛИ и УИ.

Список литературы

1 Глебова Е.В. Производственная санитария и гигиена труда: учебное пособие / Е. В. Глебова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 2007. - 382 с. : ил. –

2 Безопасность жизнедеятельности : учебное пособие / В. А. Подюков, В. В. Токмаков, В. М. Куликов ; под ред. В. В. Токмакова ; Уральский государственный горный университет. - 3-е изд., испр. и доп. - Екатеринбург : УГГУ, 2007. - 314 с.

3 Гигиена труда [Текст]: учебник/Под ред. Н.Ф. Измерова, В.Ф. Кириллова. – М.: ГЭОТАР–Медиа, 2010. – 592 с.

4 Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 г. № 197–ФЗ

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

С. Г. Паняк, Т. С. Бобина

УЧЕБНАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА

Учебное пособие
для студентов специальности
21.05.04 – «Горное дело»

Екатеринбург
2020

УДК
ББК
Б

Р е ц е н з е н т : А. Б. Макаров, доцент кафедры геологии, поисков и разведки полезных ископаемых УГГУ

Печатается по решению Редакционно-издательского совета
Уральского государственного горного университета

Паняк С. Г., Бобина Т.С.

Учебная геологическая практика: Учебное пособие к первой учебной геологической практике по курсу «Геология» в окрестностях г. Екатеринбурга. Уральский государственный горный университет. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2020. 95 с.

Настоящее пособие состоит из трех частей. Первая часть содержит методику проведения учебной практики и правила техники безопасности. Во второй – описываются геологические процессы, формирующие основные структуры земной коры и различные формы рельефа поверхности. В третьей части приводится описание опорных геологических маршрутов – основных объектов полевых исследований.

Данное пособие предназначено для студентов специальности 21.05.04 – «Горное дело». Однако может быть использовано студентами других специальностей, походящих учебную геологическую практику в окрестностях г. Екатеринбурга. Пособие может быть полезным также для любителей камня, интересующихся природой и красотой родного края.

УДК
ББК

© Паняк С. Г., Бобина Т.С., 2020
© Уральский государственный горный университет, 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4
1. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ УЧЕБНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ .. 6
1.1. Организация практики, цели и задачи 6
1.2. Содержание практики 7
1.3. Правила техники безопасности 13
2. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ФОРМИРОВАНИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ И РЕЛЬЕФА ЗЕМЛИ 19
2.1. Эндогенные процессы и их продукты 19
2.1.1. Магматизм и его продукты 19
2.1.2. Метаморфизм и его продукты 25
2.1.3. Тектоника 38
2.2. Экзогенные процессы 47
2.2.1. Литогенез 47
3. ОПИСАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ 60
3.1. По Уктусскому массиву 60
3.2. Елизаветинское месторождение 65
3.3. Шабровское рудное поле 69
3.4. Шиловское месторождение 76
3.5. Березовское рудное поле 80
3.6. Гора Хрустальная 83
3.7. Билимбаевское месторождение 88
3.8. Суффозионные процессы вдоль линий метро 92
ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА 94
ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА 94

ВВЕДЕНИЕ

Учебная геологическая практика после первого курса является неотъемлемой и важнейшей частью высшего образования, способствует формированию у студентов практических профессиональных навыков. На практике студенты учатся наблюдать, документировать и обобщать геологические факты, что способствует закреплению пройденного материала по теоретическому курсу «Геология», «Динамическая геология». Кроме того, учебная практика играет важную роль в подготовке студентов к последующему изучению других специальных дисциплин, а также в трудовом воспитании, развитии чувства коллективизма, организаторских способностей.

При выборе места проведения практики и основных маршрутов выпускающая кафедра исходила из того, что наиболее удачным районом практики по динамической геологии является такой, где на относительно небольшой территории располагаются разнообразные геологические объекты. Их специфика определяется: 1 – сложным геологическим строением; 2 – продуктами различных процессов – магматизма, метаморфизма, тектоники; 3 – большим количеством разнообразных месторождений полезных ископаемых; 4 – выходами подземных вод; 5 – проявлениями опасных геологических и антропогенных процессов, включая жизнедеятельность человека. Таким районом с большим разнообразием процессов и их продуктов являются, прежде всего, окрестности г. Екатеринбурга.

Сам город Екатеринбург строился как город-крепость, для которого была необходима разведка новых полезных ископаемых. Многие из них эксплуатируются до сих пор. Район Екатеринбургского геологического полигона географически размещается в пределах лесной зоны, а в орографическом отношении охватывает зону главного водораздела и пологого восточного эродированного восточного склона Среднего Урала, и, частично, краевую зону Зауралья. Рельеф этого района грядовый, неравномерно всхолмленный, с общим понижением на восток, максимальная абсолютная отметка 545 м, относительные превышения 70-250 м.

Гидрографическая сеть представлена системой рр. Исети, Пышмы, Чусовой и их притоков, принадлежащих бассейнам рек Тобола и Камы. На реках Исети и Чусовой искусственно созданы крупные водоемы – оз. Исетское, Нижне-Исетский и Верх-Исетский пруды, Верхне-Макаровское и Волчихинское водохранилища. На площади имеются крупные естественные водоемы – озера Аятское, Таватуй, Щитовское, Балтым, Шарташ. Значительные площади, особенно в западной части района, заняты болотами. Территория Екатеринбургского геологического полигона являются частью одного из старейших горнорудных районов Урала, где и в настоящее время эксплуатируются месторождения коренного золота (Березовское, Крылатовское), россыпного золота (Чусовская группа), титаномагнетита (Первоуральск), благородного змеевика (Шабровская группа), мрамора (Мраморское, Шабровское), кирпичных глин и строительного камня. Район

густо населен и экономически развит, хорошо развиты пути сообщения: железные, шоссейные и улучшенные грунтовые дороги, благодаря чему большая часть района доступна для проведения геологических исследований. Многочисленные грунтовые дороги пригодны для проезда в сухое время года. Обнаженность района неравномерная и в целом удовлетворительная.

В настоящем пособии описаны геологические маршруты в окрестностях города Екатеринбурга, где можно увидеть результаты процессов, происходивших в далеком прошлом и зафиксированных в каменной книге. Маршруты открывают многообразие геологических процессов и их продуктов: хрупкие и пластические деформации, различные формы рельефа, магматические, метаморфические и осадочные породы, минералогические редкости, а также проявления оползней, карста, подтоплений и других опасных явлений.

Особый интерес для представителей студентов специальности «Прогнозирование и предупреждение опасных природных явлений» представляют отдельные формы эрозионного рельефа (речные террасы, долины, овраги), проявления тектоники (складки, разрывные нарушения), причудливые скальные городища, возникшие в результате выветривания и геологической деятельности ветра. Многие из этих геологических образований являются памятниками природы. К сожалению, человек нередко вносит изменения в природу, которые часто приводят к необратимым последствиям. Это необходимо иметь в виду при проведении маршрутов, чтобы не изуродовать скальные выходы при взятии образцов, иногда лучше зафиксировать объект на фотопленку, чем выколачивать его из скалы. Интересные объекты можно также зарисовать в пикетажную книжку, сохраняя их для будущих поколений.

Климат района континентальный. Среднегодовое количество осадков 450-550 мм, высота снежного покрова 0,4-0,6 м, глубина промерзания грунтов 0,5-2,0 м. Большая часть района покрыта хвойными, смешанными и лиственными лесами (сосна, лиственница, кедр, береза, осина).

1. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ УЧЕБНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ

1.1. Организация практики, цели и задачи

Учебная геологическая практика после первого курса проводится в течение двух недель, состоит из нескольких этапов и заканчивается написанием отчета, который составляется составом бригады.

***Цель практики*:** Знакомство с результатами естественных геологических процессов в окрестностях г. Екатеринбурга путем их полевого наблюдения и документации. Овладение профессиональными навыками описания естественных и искусственных обнажений закрепляет теоретические знания, полученные в процессе изучения курсов «Геология» и «Динамическая геология».

***Задачи практики**:*

— знакомство с методиками полевых геологических, геоморфологических, и гидрогеологических наблюдений;

— обучение студентов методики работы с горным компасом;

— знакомство с методикой документации полевых объектов: естественных обнажений, опорных разрезов, горных выработок, особенностей рельефа местности и т. д.;

— обучение приемам камеральной обработки полевых материалов, оформлению геологического отчета с необходимыми графическими приложениями;

— знакомство с некоторыми промышленными предприятиями и их влиянием на среду обитания.

Студенты, прошедшие геологическую практику, должны:

— иметь представление об эндогенных и экзогенных геологических процессах, потенциально несущих угрозу катастроф;

— различать экзогенные процессы, которые в последнее время все больше стимулируются антропогенными факторами, связанными с деятельностью человека;

— уметь делать предварительную оценку возможных потенциальных катастроф, связанных с теми или иными экзогенными, эндогенными и антропогенными процессами в районе практики.

После завершения практики студенты должны уметь:

— различать между собой магматические, метаморфические и осадочные породы;

— наблюдать и документировать обнажения горных пород;

— уметь вести абрис маршрута;

— вести дневник наблюдений (пикетажную книжку);

— отбирать образцы пород и вести их каталог;

— замерять элементы залегания слоистости, трещиноватости, сланцеватости;

— работать с горным компасом, составлять с его помощью фрагментарные схемы и планы, разрезы;

— анализировать геологические структуры, возрастные взаимоотношения различных геологических образований, как в обнажениях, так и на картах.

Таким образом, в результате освоения задач практики студенты должны получить:

— общекультурные компетенции ОК-6,7,8,10,11;

— профессиональные компетенции ПК-1,2,3,4,8,17,18.

1.2. Содержание практики

Геологическая практика проводится сотрудниками кафедры Геологии и защиты в чрезвычайных ситуациях. Как и любые другие полевые геологические исследования, она состоит из трех основных этапов – подготовительного, полевого и камерального.

Подготовительный этап

П о д г о т о в и т е л ь н ы й э т а п продолжается один день, в течении которого со студентами проводятся лекции о целях и задачах практики, формируются учебные бригады из 4-5 человек, выбирается бригадир, готовится и выдается полевое снаряжение (рюкзак, полевая сумка, мешочки под образцы, компас, фотоаппарат, рулетка, геологический молоток, лупа, складной нож, ручка, карандаш, линейка, медицинская аптечка), а также документы (карты, полевой дневник, журнал образцов, этикетки). Перечисленным снаряжением и документами должна располагать каждая учебная бригада, полевой дневник должен иметь каждый студент для самостоятельного ведения записей и зарисовок обнажений.

Для успешного проведения учебной геологической практики необходимо осуществить ряд мероприятий, направленных на строгое выполнение правил техники безопасности в полевых условиях. Прежде всего, нужно организовать медицинский осмотр студентов, которые будут проходить практику, сделать предохранительные прививки. Эти мероприятия осуществляются до экзаменационной сессии в течение учебного семестра. Вторым обязательным мероприятием является ознакомление студентов с правилами безопасности и трудовой дисциплины. Студенты, сдавшие зачет по технике безопасности, расписываются в соответствующей ведомости, удостоверяя, тем самым, что они знакомы с правилами безопасности и дисциплины на учебной практике. Особое внимание в правилах техники безопасности уделяется следующим разделам:

- организация полевого лагеря;
- ведение маршрута;
- работа в горной местности;
- работа в карстовых областях;
- переправа через водные преграды;
- использование автотранспорта;
- пртивоэнцефалитная подготовка;
- обеспечение питьевой водой;
- оказание до врачебной помощи;
- правила передвижения группами по городским улицам и автомобильным дорогам;
- правила поведения в общественном транспорте.

В подготовительный период студентам читаются лекции о геологическом строении окрестностей г. Екатеринбурга, истории его геологического развития, а также знакомят с коллекцией образцов данного района.

Полевой период

В полевой период проводятся полевые маршруты на хорошо вскрыытых природных обнажениях, а также на участках с проявлениями антропогенного влияния на устойчивость промышленных и хозяйственных объектов.

Первые маршруты предусматривают усвоение студентами общих навыков работы в полевых условиях. С этой целью преподаватели рассказывают о методике полевых геологических наблюдений, показывают следствия их проявлений на рельефе местности.

Выполнение маршрутного задания зависит, прежде всего, от четкой организации работы студенческих бригад в полевых условиях. Этому способствует предварительное распределение обязанностей между членами бригады перед очередным маршрутом. В каждом маршруте посменно одни студенты отвечают за один из участков работы, на следующий день они отвечают за другой и т. д.

Объем геологической информации возрастает от маршрута к маршруту. Своевременная обработка этого материала определяет качество итоговых геологических документов, в связи, с чем эту работу следует проводить до периода составления отчета.

Основная форма проведения полевых геологических наблюдений – маршруты, которые являются составной частью учебного процесса практики. Количество их и содержание определяются целями и задачами, планом обучения и программой геологической практики с учетом специфики специальности.

Практически во всех случаях маршруты являются комплексными, когда одновременно ведутся наблюдения над несколькими 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.

Необходимо особо подчеркнуть, что геологические наблюдения в маршруте должны вестись непрерывно.

Основная работа в маршрутах – изучение горных пород, описание результатов тектонических, геоморфологических и других процессов, включая опасные. Записи проводятся на специальных остановках – точках наблюдения (Т.Н.). По характеру изучаемых явлений «Т.Н.» можно условно разделить на три вида. На одних проводится изучение и описание геолого-географических особенностей (тектоники, рельефа, деятельности подземных и поверхностных вод, выветривания и т. д.); на других - изучение и описание горных пород и условий их залегания в обнажениях; и, наконец, на третьих – (наиболее частый случай) исследуются и те и другие вопросы одновременно. Остановка на «Т.Н.» даже на небольшом объекте отнимает много времени, поэтому нужно выбирать каждую точку так, чтобы была возможность изучать наибольшее число объектов и явлений.

При остановке на «Т.Н.» прежде всего, следует сориентироваться по сторонам света (с использованием компаса, по солнцу, или другому способу) и определить нахождение точки на карте и местности, т. е. дать ее адрес. Определение местонахождения производится методом засечек по азимутам на хорошо заметные элементы рельефа, гидрографии и т. д. или методом глазомерной привязки точки по азимуту и расстоянию, определяемому, например, шагами. После привязки наносят местонахождение данной точки на карту под соответствующим номером (нумерация точек наблюдения должна быть сквозной). Сегодня следует осваивать переходить на новейшие методики ориентации на местности – ГЛОНАС и GPS.

Изучая на точке наблюдения геологическое строение отдельного участка, целесообразно, прежде всего, описать общегеологические явления – геоморфологию, гидрографию, тектонику и т. д. Переходя к конкретному описанию пород обнажения, прежде всего, отмечают его размер по высоте и ширине, а также тип (обрывистый склон, скальный выход на склоне, обнажение в русле рек, стенка карьера, элювиальный развал и т. д.). После этого приступают к описанию пород. В зависимости от целей и задач такое описание дается либо в общем виде, либо более подробно и послойно, либо по отдельным пачкам. В последнем случае лучше описывать слои и пачки снизу вверх.

В описании пород должна быть приведена сжатая характеристика их отличительных генетических свойств: текстура, структура, минеральный состав, тектонические дислокации и т. д. В описании указываются элементы залегания пород, их слоистости, сланцеватости, крыльев складок, плоскостей сместителей и т. д. Отмечаются места отбора образцов и их нумерация. На

левой стороне пикетажной книжки приводятся зарисовки и указываются места фотоиллюстраций.

При описании породы рекомендуется следующий порядок работы на обнажении. Прежде всего, следует внимательно осмотреть обнажение, отобрать серию образцов, определить все имеющиеся здесь породы, выделить отдельные пласты, магматические тела, метасоматические зоны, контакты. Определить элементы залегания. При этом руководитель контролирует и направляет работу отдельных студентов и всей группы для того, чтобы прояснилась 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 студенты овладеют соответствующими навыками и усвоят общую схему описания, можно поручить одному из них рассказать о том, что он мог бы написать в своем полевом дневнике на данной «Т.Н.». Остальные студенты делают свои замечания и дополнения и, наконец, преподаватель обобщает все сказанное и формулирует итоги для общей записи.

Ниже приведены лишь наиболее важные методические положения из этой области.

Основные правила ведения первичной документации

Формы первичной документации включают:

1 – дневники, полевые книжки;

2 – журналы документации горных выработок;

3 – журналы образцов, проб и т. д.;

4 – этикетки;

5 – зарисовки обнажений, горных выработок;

6 – фотографии естественных и искусственных обнажений.

В процессе документации исполнитель обязан придерживаться следующих правил:

1 – все записи ведутся максимально разборчиво;

2 – записи должны выполняться по одинаковой схеме;

3 – записи должны вестись карандашом или чернилами, которые не расплываются во влажных условиях;

4 – записные книжки или дневники должны иметь сквозную нумерацию листов.

Ниже приведены основные правила ведения дневников (полевых книжек).

Дневник (полевая книжка) – основной первичный документ регистрации геологических наблюдений всех видов (собственно геологических, поисковых,

геоморфологических и т. п.). Он изготовляется в виде книжки в твёрдом переплёте, покрытом дерматином или другим материалом, предохраняющим его от сырости, механических и иных повреждений. На случай потери рекомендуется использование материалов яркого цвета, хорошо заметных на фоне растительного и почвенного покрова.

На третьей странице обложки помещается карман. С внутренней стороны клапана располагается держатель для карандаша (ручки).

Формат книжки допускается в пределах от 10-12 х 15-18 см (для кармана одежды) до 13-15 х 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 её чтение.

Рекомендуемый объём дневника – 100–130 листов. Дневник должен изготовляться из писчей бумаги, 6-10 листов миллиметровки и нескольких листов кальки.

Титульный лист дневника должен содержать название организаций, экспедиций (партий, отрядов), фамилию, имя, отчество исследователя, даты начала и окончания дневника, номера точек наблюдения и адрес, по которому следует вернуть утерянный дневник.

На обороте титульного листа помещается оглавление дневника.

На первой странице дневнике помещаются условные обозначения к зарисовкам, список сокращений, принятых в тексте, и необходимые замечания. Далее при необходимости могут быть помещены вспомогательные таблицы (определение истиной мощности и глубины залегания наклонных пластов, поправки к углам падения при пересечениях, не перпендикулярных к простиранию пластов и др.) и необходимые пояснения к ним.

На правой стороне дневника ведётся запись наблюдений. Здесь же отмечаются взятые пробы, образцы и другие виды каменного материала.

Перед описанием маршрута, разреза и т. п. указываются 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 точку или абзац. Номера точек наблюдения рекомендуется выделить прямоугольными рамками (в примерах выделены полужирным шрифтом), номера образцов и проб и т. п. подчёркиваются или заключаются в овальную рамку. Измерения элементов залегания, радиоактивности, содержания химических элементов и т. п. 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 выноситься 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.) или участков (расположении е геологических

тел на местности, кроки местности с расположением обнажений, горных выработок и т. п.). Здесь же излагаются предположения и соображения исследования, возникающие в процессе наблюдения, но требующие подтверждения или детализации.

В конце описания каждого маршрута должны быть приведены основные выводы исследователя и протяжённость маршрута в километрах.

Законченный дневник подписывается исполнителем, проверяется и подписывается начальником партии (отряда, участка).

Камеральный этап

К а м е р а л ь н ы й э т а п проводится последовательно после завершения одного или двух маршрутов и включает в себя время на обработку полевых материалов, составление отчета и его защиту.

В камеральный этап выполняются следующие виды работ:

- обработка полевых книжек;
- занесение в каталог образцов отобранных проб;
- оформление рисунков к отчету;
- изготовление и описание разрезов, схем и карт;
- изготовление фотографий и вынесение на них геологической информации;
- окончательное уточнение полевых определений горных пород, составление рабочей коллекции каменного материала;
- написание и оформление отчета;
- защита отчета.

Главная цель написания отчета – овладение анализом и обобщением геологических наблюдений и умение грамотно изложить результаты такого обобщения. При этом вырабатываются навыки правильного оформления отчетов, подбора и изготовления графических приложений, составление списка литературы и т. д. Поскольку цель настоящей практики состоит в закреплении теоретических знаний по курсу «Динамическая геология», то вопросам динамики эндогенных и экзогенных процессов, деформаций пород, формам рельефа, гидрогеологическим особенностям района работ необходимо уделить максимальное внимание.

Повышенные требования к методике наблюдения природных объектов и их документации особенно важны для будущих специалистов в области защиты в чрезвычайных ситуациях, поскольку они обязаны не только фиксировать природные и техногенные процессы, но научиться их прогнозировать.

1.3. Правила техники безопасности

Введение

Настоящая инструкция по технике безопасности предназначена для студентов, проходящих учебную геологическую практику в окрестностях г. Екатеринбурга. Опыт показывает, что незнание правил техники безопасности, пренебрежение элементарными правилами влекут за собой несчастные случаи.

Молодые люди, юноши и девушки, решив посвятить свою жизнь трудной профессии должны отчетливо представлять свою будущую специальность. Полевые исследования выполняются в различных природных и климатических условиях. Они требуют от человека физической выносливости, самообладания, умения в сложных условиях, в любой обстановке не теряться. Поэтому подготавливать свой организм, воспитывать в себе необходимые качества и навыки студент должен с первого курса. Участие в экскурсиях, геологических и туристических походах помогает закрепить и приобретать навыки полевой жизни. В этом случае студент на самостоятельной работе будет физически выносливым и морально подготовлен. Очень важным является то, что для успешного выполнения программы геологической практики необходимо знание и умение соблюдать на практике правила личной гигиены и правила безопасности ведения работ.

В данной инструкции приводятся основные положения Правил безопасности при полевых работах.

1. Общие правила безопасности

Геологическая практика должна проводиться по утвержденным в установленном порядке программам, в которых предусматриваются мероприятия по технике безопасности с учетом местных условий в соответствии с настоящей Инструкцией.

Перед геологической практикой все студенты должны пройти медицинское освидетельствование и сделать предохранительные прививки против энцефалита.

Руководители практики перед ее началом обязаны провести специальный инструктаж всех студентов об условиях практики, правилам безопасности и дисциплине. Врач проводит инструктаж об оказании необходимой медицинской помощи на маршруте. О прохождении инструктажа каждый студент расписывается в «Книге регистрации обучения и инструктирования студентов по технике безопасности». В процессе проведения полевых работ руководители групп должны также систематически проводить 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.

2. Требования безопасности работы в маршрутах

Перед выходом группы в маршрут руководитель группы обязан:

а) проверить готовность группы к маршруту (обеспеченность ее топоосновой, снаряжением, продовольствием, инструментом, защитными и спасательными средствами);

б) дать указание старосте о порядке проведения маршрута, о 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, то выходить в маршруты запрещается. Если затяжной дождь, густой туман застают группу в пути, необходимо прервать маршрут, укрыться в безопасном месте и переждать непогоду.

2.1. Порядок передвижения в маршрутах

Движение группы должно быть компактным, обеспечивающим постоянную зрительную или голосовую связь между людьми и возможность взаимной помощи. При отставании кого-либо из участников маршрута с потерей видимости или голосовой связи, старший группы обязан остановить движение и подождать отставшего.

При ухудшении метеорологической обстановки (снегопад, гроза, густой туман и т.п.), появлении признаков пожара, при агрессивном поведении хищных зверей следует прекратить маршрут и принять меры, обеспечивающие безопасность работающих.

В маршрутах каждому студенту 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 передвижении и на привалах необходимо соблюдать питьевой режим в соответствии с разделом 4 «Инструкции по оказанию первой помощи при несчастных случаях на производстве». Пить сырую воду из луж, ям и других поверхностных водоемов запрещается. Употребление сырой воды для питья допускается только с разрешения санитарно-противоэпидемической службы.

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 подбираться по ноге.

Для защиты от кровососущих насекомых рекомендуется надевать накомарники или периодически смазывать лицо, шею, руки репеллентами.

В маршруте каждый студент должен иметь нож, индивидуальный перевязочный пакет и запасную коробку спичек в непромокаемом чехле.

Перевозить и переносить острые колющие инструменты (топоры, пилы, ножи и пр.) следует в предохранительных чехлах или в обертке.

2.2. Маршруты в сложных условиях, в горных местностях

При движении и работе на скалах сбрасывать камни и отваливать неустойчивые глыбы без надобности запрещается.

При передвижении по узким тропам и карнизам выступы камней, корни деревьев и т. п. следует обходить очень осторожно, т. к. при резких поворотах можно зацепиться рюкзаком, потерять равновесие и сорваться с обрыва. В таких условиях ремни рюкзаков должны быть ослаблены, связывать их на груди запрещается.

При работе на обрывистых и крутых (более 30^{o}) склонах при отсутствии необходимой опоры следует организовать взаимную страховку работающих.

При движении по осыпям и скалам всегда следует иметь в виду возможность срыва сверху камней и каменных лавин. В таких местах, особенно с карнизными скальными развалами, в узких ущельях со слабоустойчивыми стенками и нависшими каменными глыбами, срыв камней может быть вызван звуком. Поэтому крики без надобности в подобных условиях запрещаются.

Выходить на скальные карнизы, на края обрывов и крутых склонов без соответствующей страховки запрещается.

Подниматься и спускаться по крутым склонам и осыпям следует длинными зигзагами («серпантином»). Подъем вверх «в лоб» и спуск прямо во избежание травмирования камнями идущих ниже не рекомендуется. В случае вынужденного движения таким способом необходимо держаться на максимально близком расстоянии друг от друга.

Подъем и спуск по крутым склонам должны производиться с обязательной взаимопомощью.

При подъеме на гору в залесенной местности, а также при передвижении в густых кустарниках расстояние между людьми должно быть не менее 3 м во избежание травмирования ветками идущего следом.

Подъем и спуск по крутым склонам в местах, где водятся ядовитые паукообразные и змеи, должны проводиться особенно осторожно во избежание внезапного укуса.

2.3. Маршруты в сложных условиях: в речных долинах и оврагах

При работе в речных долинах и оврагах с крутыми обрывистыми склонами передвижение и осмотр обнажений (во избежание опасности обвала, оплыва, падения камней и деревьев) должны производиться очень осторожно.

В случае внезапных грозовых ливней работа в овраге должна быть немедленно прекращена.

Запрещается движение вблизи кромки берегового обрыва.

При передвижении по долинам рек, особенно в местах впадения притоков со спокойным течением, илистые и заболоченные участки следует по возможности обходить или преодолевать их с помощью охранных средств (веревки, шесты, настилы).

2.4. Маршруты в сложных условиях; в лесных районах

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.

Запрещается:

а) работать в зоне возможного падения сухостойных деревьев;

б) передвигаться по участкам леса с сухостойными деревьями во время сильного ветра;

в) ударять по сухостойным деревьям инструментом, рукой и т. п.;

г) укрываться во время грозы под высокими и отдельно стоящими деревьями.

2.5. Маршруты в сложных условиях: карст

При движении по закарстованным площадям следует обходить блюдцеобразные и воронкообразные впадины.

Запрещается:

а) производить обследование вновь обнаруженных карстовых пустот;

б) разводить костры перед входом в пещеру.

2.6. Опробование

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 пробоотборщиков на одном уступе расстояние между участками их работ должно быть не менее 1,5м.

3. Требования безопасности в аварийных ситуациях

3.1. Если произошел несчастный случай или студент почувствовал недомогание, то следует:

— прекратить работу, сохранить обстановку места происшествия, если это не представляет опасности для окружающих;

— сообщить руководителю, вызвать скорую помощь.

3.2. 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.

3.3. При возникновении пожара немедленно сообщить о нем преподавателю и в пожарную часть, известить руководителя практики, обезопасить людей и приступить к тушению очага возгорания с помощью первичных средств пожаротушения.

3.4. При обнаружении опасных ситуаций (оголенный электрический провод), оградить опасную зону и сообщить руководителю.

4. Требования безопасности по окончании практической работы

4.1. Привести в порядок снаряжение и другие принадлежности.

4.2. Провести мероприятия личной гигиены. Провести осмотр всех участников экскурсии на предмет обнаружения клещей.

4.3. Организованно пройти на автобусную остановку для возврата в город.

4.4. Ожидать транспорт разрешается только на посадочных площадках, а при их отсутствии – на тротуаре или обочине.

2. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ФОРМИРОВАНИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ И РЕЛЬЕФА ЗЕМЛИ

Облик Земли в ходе ее развития непрерывно изменяется в результате разнообразных геологических процессов. Многие из них протекают настолько медленно, что человек за всю свою жизнь не может обнаружить каких-либо существенных изменений. Но когда процессы действуют в течение длительных отрезков геологического времени, исчисляемых миллионами лет, они приводят к крупным преобразованиям лика Земли. Другие процессы, например извержения вулканов, землетрясения, протекают быстро, и их проявления можно наблюдать непосредственно. Созидающие и разрушающие геологические процессы вызываются различными источниками энергии.

Одни из них связаны с силами, действующими внутри Земли, и называются процессами внутренней динамики или ***эндогенными*** (от греческого «эндо» – внутри). Другие проявляются на поверхности Земли и в верхних частях земной коры и связаны с воздействием внешних по отношению к земной коре факторов. Эти процессы называются ***экзогенными*** (от греческого «экзо» – внешний). В результате взаимодействия внешних и внутренних процессов формируется рельеф Земли (горы, равнины, ущелья, речные террасы).

2.1. Эндогенные процессы и их продукты

К эндогенным относят процессы, протекающие преимущественно внутри Земли, однако главным их признаком являются источники энергии, за счет которых они развиваются. Главным источником внутренней энергии считают гравитационный, второстепенными – радиоактивный и ротационный. К эндогенным процессам, например, относят формирование эффузивных пород, хотя застывание лавовых потоков происходит на дневной поверхности. К эндогенным относят магматические процессы, метаморфические преобразования пород, а также процессы движения литосферных плит (тектонику).

2.1.1. Магматизм и его продукты

Под магматизмом понимают совокупность геологических процессов, связанных с деятельностью магмы и ее производными. Магма представляет собой высокотемпературный расплав (800-1500 градусов Цельсия), возникающий в астеносфере. В силу определенных физико-химических процессов расплав может оставаться на месте его рождения или подниматься по подводящим каналам на дневную поверхность.

В случае если магматический расплав достигает поверхности, после его остывания образуются так называемые *эффузивные породы* (от «эффузио» –

излияние). Сама магма при достижении поверхности называется лавой. Всю совокупность процессов, связанных с магматической деятельностью и протекающих на дневной поверхности, называют вулканизмом или эффузивным магматизмом.

Различия в химическом составе эффузивных и интрузивных пород незначительны. Значимые различия ощущаются лишь в содержании газов, которые при снижении давления в приповерхностных условиях из лавовых потоков быстро удаляются. В верхних частях таких потоков их остатки иногда сохраняются в виде газовых пузырьков.

Химический состав магматических пород определяют около 10-ти основных (породообразующих) компонентов. Однако ведущую роль в составе магмы играет компонент кремнезем – SiO_2, его количество, определяет минеральный состав пород, а также их классификацию. В магматических породах содержание кремнезема колеблется в пределах 35-75 %. Все породообразующие минералы магматических пород являются силикатами, т. е. соединениями разных химических элементов с кремнеземом. Такие соединения с кремнеземом образуют: Al_2O_3, Fe_2O_3, FeO, MgO, CaO, Na_2O, K_2O, TiO_2, MnO, H_2O.

Кроме главных (породообразующих) компонентов магматические породы могут содержать другие химические элементы, называемые редкими, их содержание обычно не превышает 1 %.

Все многообразие магматических горных пород представляет собой комбинацию одного или нескольких упомянутых выше химических компонентов, образующих один из семи породообразующих минералов (силикатов): оливин, пироксен, роговая обманка, слюда (темноцветные минералы), а также плагиоклаз, калиевый полевой шпат, кварц (светлоокрашенные минералы). Если горная порода состоит из одного минерала, то она называется ***мономинеральной***, если из нескольких – ***полиминеральной***.

Классификация магматических пород основана на их химическом, а значит минеральном составе. Все магматические породы разделяются по содержанию кремнезема (SiO_2) на 4 класса:

- кислые – более 63 %,
- средние – 52-63 %,
- основные – 45-52 %,
- ультраосновные – менее 45 %.

Максимальное количество кремнезема содержится, естественно, в кварце (100 %), минимальное – в оливине (40 %).

Минеральный состав магматических пород является отражением их химического состава. Например, кислые породы состоят из минералов с наибольшим содержанием SiO_2, а ультраосновные – с наименьшим. Исходя из этих соображений, минеральный состав различных классов магматических пород будет следующим:

К и с л ы е – кварц, полевые шпаты (кислые плагиоклазы, калиевые полевые шпаты), биотит.

С р е д н и е – полевые шпаты (средние плагиоклазы), роговая обманка.

О с н о в н ы е – полевые шпаты (основные плагиоклазы), пироксен.

У л ь т р а о с н о в н ы е – оливин, пироксен, редко роговая обманка.

Так как в природе не бывает дискретных (четко ограниченных) составов по химизму и минеральному составу, то выделяют промежуточные породы:

- гранодиорит (между гранитом и диоритом),
- граносиенит (между гранитом и сиенитом),
- габбро-диорит (между габбро и диоритом).

Выделение их визуально основано на совместном присутствии в породе двух темноцветных минералов. Например, у гранодиорита и граносиенита одновременно присутствуют роговая обманка и биотит, а у габбро-диорита – пироксен и роговая обманка.

Необходимо также знать еще некоторые правила:

1. В кислых породах в обязательном порядке присутствует кварц, с переходом к породам среднего состава его содержание постепенно приближается к нулю, а темноцветный минерал слюда сменяется роговой обманкой.

2. В средних породах темноцветом выступает роговая обманка, которая доминирует и в диоритах и в сиенитах. Различие между диоритом и сиенитом в соотношении полевых шпатов: в диоритах доминирует плагиоклаз, а в сиенитах – два полевых шпата (плагиоклаз и калишпат).

3. В основных породах темноцветом является пироксен, который при приближении состава породы к среднему может частично замещаться роговой обманкой. При смещении состава в сторону ультраосновных пород темноцветы могут быть представлены, кроме пироксена, оливином.

4. В состав ультраосновных пород не входят светлые минералы. В них доминирует, как правило, оливин и пироксен.

Если минеральный состав определить сложно вследствие очень мелкого размера зерен, класс породы определяется по ее цвету: кислые породы обладают светлой окраской, средние – серой, основные – темной (черной), иногда со светлыми пятнами, ультраосновные – только черной.

Таким образом, магматическая порода определяется в следующей последовательности: сначала по структурно-текстурным особенностям определяется генезис (условия образования), т. е. принадлежность к глубинным, плутоническим (интрузивным) или поверхностным, вулканическим (эффузивным) образованиям. Затем по минеральному составу устанавливается ее наименование (см. табл.1).

Трудности возникают с диагностикой магматических пород при изучении вулканических пород, когда в них выкристаллизованными могут быть: один, два или три минерала. Иногда таких минералов нет вообще, например, в обсидиане (вулканическом стекле). В некоторых случаях окончательная

диагностика возможна только с использованием микроскопических или химических исследований, что не входит в круг наших задач.

Среди плутонических пород следует выделять разновидность жильных или гипабиссальных образований, которые формируются в полуглубинных или малоглубинных условиях и выполняют трещины в земной коре. По условиям формирования (температура, давление, скорость остывания) они занимают промежуточное положение между глубинными интрузиями (плутонами), и поверхностными покровами (эффузивами). Для них наиболее часто употребляются комбинированные названия: гранит-порфир, сиенит-порфир.

Таблица 1

Классификация магматических горных пород

<table>
<tr><th colspan="2">Тип породы по содержанию SiO_2</th><th>Интрузивные породы</th><th>Эффузивные породы</th><th>Породообразующие минералы</th></tr>
<tr><td colspan="2">Кислые (более 65 %)</td><td>Гранит</td><td>Риолит, липарит</td><td>Кварц, калишпат, кислый плагиоклаз, биотит</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Средние (65-53%)</td><td>Щелочной ряд</td><td>Сиенит</td><td>Трахит</td><td>Калишпат, средние плагиоклазы, роговая обманка</td></tr>
<tr><td>Нормальный ряд</td><td>Диорит</td><td>Андезит</td><td>Средние плагиоклазы, роговая обманка</td></tr>
<tr><td colspan="2">Основные (53-44 %)</td><td>Габбро</td><td>Базальт</td><td>Основные плагиоклазы, пироксен</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">Ультраосновные (менее 44 %)</td><td>Пироксенит</td><td rowspan="3">Редко пикриты, коматииты</td><td>Пироксен</td></tr>
<tr><td>Перидотит</td><td>Пироксен, оливин</td></tr>
<tr><td>Дунит, оливинит</td><td>Оливин</td></tr>
</table>

Текстуры и структуры пород

Текстуры магматических пород разделяются по степени и характеру заполнения пространства минеральным веществом. Различают следующие текстуры:

м а с с и в н а я – обусловлена компактным, плотным и однородным сложением составляющих породу минералов;

п о р и с т а я – определяется наличием округлых или неправильной формы пустот размером 1-10 мм;

н о з д р е в а т а я – определяется наличием округлых или неправильной формы пустот размером более 10 мм;

м и к р о п о р и с т а я – определяется наличием округлых или неправильной формы, невидимых для невооруженного глаза, пустот размером менее 0,1 мм;

миндалекаменная – образуется при заполнении пустот вторичными минералами (кальцитом, опалом, халцедоном, хлоритом). От пористой текстуры миндалекаменная отличается лишь тем, что мы имеем дело с заполненными пустотами.

Структуры магматических пород обусловлены степенью кристалличности, а также наличием или отсутствием вулканического стекла. Выделяют следующие структуры:

полнокристаллическая - порода полностью сложена кристаллическими зернами;

порфировая – порода сложена крупными и мелкими зернами и вулканическим стеклом (крупные кристаллы называют *порфировыми вкрапленниками*, а мелкие в совокупности с нераскристаллизованным стеклом – *основной массой*);

скрытокристаллическая (афировая)– обусловлена наличием в породе очень мелких, различимых только под микроскопом, кристаллов и вулканического стекла;

стекловатая – возникает, когда вулканическая лава застывает в водной среде, не успевая раскристаллизоваться.

Основные разновидности магматических пород

Кислые породы

Гранит – плутоническая или интрузивная порода с массивной текстурой и полнокристаллической, от мелко- до крупнокристаллической, структурой. Минеральный состав: кварц, калиевый полевой шпат, кислые плагиоклазы, биотит. Наличие кварца в породе является главным признаком кислых пород. Зерна кварца характеризуются жирным стеклянным блеском, дымчато-серым цветом, отсутствием спайности.

Риолит (липарит) – эффузивный аналог гранита. Имеет мелкопористую текстуру и порфировую структуру: на фоне светлой скрытокристаллической основной массы выделяются мелкие вкрапленники кварца, калиевого полевого шпата, плагиоклаза. Темноцветные минералы встречаются редко, представлены биотитом, реже игольчатыми кристаллами роговой обманки.

Обсидиан – застывшее вулканическое стекло. Текстура массивная, иногда флюидальная (со следами течения), структура стекловатая. Чаще всего встречаются обсидианы кислого состава, но имеются также стекла основного и среднего состава. Цвет у них различный: серый, бурый, черный. Образуются при быстром застывании излившейся на поверхность магмы.

Пемза – «вспененное» стекло; текстура пористая, структура стекловатая. Образуется при быстром затвердевании бурно вскипающей богатой газами и парами лавы. По химическому составу пемзы обычно кислого состава, редко отмечаются разновидности среднего и основного состава.

Средние породы

В этом классе выделяются два ряда – щелочной и нормальный. Породы щелочного ряда характеризуются наличием большого количества калиевого полевого шпата, который доминирует над плагиоклазом. В породах нормального ряда резко доминирует плагиоклаз.

Щелочной ряд

С и е н и т – плутоническая или интрузивная порода; текстура массивная, структура полнокристаллическая. Состоит из калиевого полевого шпата, плагиоклазов (кислых и средних) и роговой обманки, количество которой колеблется от 10 до 20 %.

Т р а х и т – эффузивный аналог сиенита. Текстура тонкопористая, обуславливающая шероховатость породы на ощупь; структура мелкопорфировая, во вкрапленниках желто-розовые калиевые полевые шпаты и один или несколько темноцветных минералов (чешуйчатый биотит и игольчатая роговая обманка). В трахитах часто наблюдаются текстуры течения, т. е. взаимопараллельное расположение игольчатых минералов.

Нормальный ряд

Д и о р и т – плутоническая (интрузивная) порода. Текстура массивная, структура полнокристаллическая. Минеральный состав: средний плагиоклаз, (60-65 %) и роговая обманка (30-35 %). Плагиоклаз образует белые или зеленовато-серые зерна неправильной формы; роговая обманка – в виде черных, удлиненной формы кристаллов.

А н д е з и т – эффузивный аналог диорита. Текстура пористая, структура скрытокристаллическая, поэтому минеральный состав не определяется визуально. Класс породы устанавливается по ее цвету – андезит имеет цвет от светло-серого до серого. Иногда структура породы мелкопорфировая, тогда во вкрапленниках содержатся мелкие прямоугольные кристаллы среднего плагиоклаза серого цвета.

Основные породы

Г а б б р о – плутоническая (интрузивная порода). Текстура массивная, структура полнокристаллическая, часто крупно- или гигантозернистая. Состоит из белых или зеленовато-серых основных плагиоклазов и черного пироксена. На Урале пироксен часто замещается роговой обманкой, такое габбро называют уралитизированным.

Б а з а л ь т – эффузивный аналог габбро. Текстура крупнопористая, структура скрытокристаллическая, поэтому минеральный состав не определяется. Класс породы устанавливается по черному цвету. Иногда в

базальте наблюдаются мелкие порфировые вкрапленники основного плагиоклаза, пироксена, иногда оливина. При сравнении андезита и базальта, у последнего поры обычно более крупные и более темная черная окраска.

Ультраосновные породы

П и р о к с е н и т – плутоническая (интрузивная) порода. Текстура массивная, структура полнокристаллическая, крупнозернистая. Состоит из изометрических кристаллов пироксена черного цвета, часто с зеленым или бурым оттенком.

П е р и д о т и т – плутоническая (интрузивная) порода. Текстура массивная, структура полнокристаллическая, неравномерно-зернистая. Состоит из крупных изометричных кристаллов пироксена и мелких зерен оливина, распределенных между зерен пироксена.

Д у н и т (оливинит) – плутоническая (интрузивная) порода. Текстура массивная, структура полнокристаллическая, мелкозернистая. Состоит из мелких зерен темно-зеленого оливина. При выветривании оливин становится бурым, поэтому дуниты с поверхности имеют бурую корочку.

Вулканических (эффузивных) аналогов ультраосновных пород обычно нет.

2.1.2. Метаморфизм и его продукты

М е т а м о р ф и з м - 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 метаморфосис – преобразование. 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.

Д а в л е н и е 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.

Температуры метаморфических преобразований могут быть обусловлены несколькими причинами и достигать уровней, когда порода начинает плавиться, т. е. 800-1200 °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), и 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, 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.

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 (P, T) параметров, показана на рис. 2, а геологические условия их проявления – на рис.1.

Можно говорить о термальном типе метаморфизма, когда порода преобразуется под преимущественным воздействием температуры, а также динамическом, когда основным фактором выступает давление, и динамо-термальном, когда проявляются оба фактора одновременно. Каждый из этих типов обладает своими специфическими геологическими условиями проявления (рис. 3).

Термальный тип проявляется обычно в обрамлении магматических тел, на контакте с ними, поэтому он обычно называется контактовым. Температура магматических тел может колебаться 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, то прогретой может быть лишь узкая полоса в несколько метров.

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, в соответствии с законами Фика, 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 химического состава, называется м е т а с о м а т о з о м .

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 с к а р н ы (см. описание ниже). С другой стороны, в случае, если силикатная магма находится в контакте с близкими ей по химическому составу вмещающими породами, то формируются р о г о в и к и – прогретые и перекристаллизованные продукты метаморфизма без проявления метасоматоза (см. описание ниже).

Д и н а м и ч е с к и й м е т а м о р ф и з м , который чаще называют д и с л о к а ц и о н н ы м , протекает в относительно «холодных» условиях под воздействием тектонических движений по разрывным нарушениям (разломам). При этом происходит дробление пород, их истирание. Обломки различной величины при последующих процессах, сопровождающихся проникновением в ослабленные зоны флюидов и гидротермальных растворов, могут подвергаться частичной или полной перекристаллизации и цементации с образованием структур катаклаза.

Среди новообразованных минералов – индикаторов высоких давлений – выделяют: кианит, глаукофан, пироп, омфацит (пироксен), алмаз и другие. Эти минералы фиксируют давления больших глубин, где всегда имеется и некоторый температурный фон, создаваемый геотермальным градиентом. В приповерхностных условиях можно наблюдать неперекристаллизованные брекчии, милониты, филлониты.

Контактовый и дислокационный типы метаморфизма развиваются в ограниченных пространствах, локально. Первый тип проявляется в виде полосы вокруг магматических тел, а второй такой же полосой сопровождает тектонические трещины. Поэтому тот и другой типы объединяются названием л о к а л ь н ы й (рис. 3).

В противоположность локальному выделяют р е г и о н а л ь н ы й м е т а м о р ф и з м , проявление которого охватывает большие пространства (регионы). Он протекает в широком интервале температур и давлений, поэтому его можно называть д и н а м о т е р м а л ь н ы м . Породы

регионального метаморфизма, естественно, имеют наиболее широкое распространение. Одновременное проявление температур и давлений создает условия для новообразования широкого диапазона пород, которые можно разделить на фации – совокупности (семейства) пород, формирование которых протекало в близких термодинамических (Р-Т) условиях. Эта близость устанавливается по т. н. индекс-минералам с известными параметрами устойчивости в тех или иных Р-Т условиях. Известен, например, ряд слюд, устойчивость которых возрастает от 200-300 °С для серицита, до 300-400 °С для мусковита и 500 °С и более для биотита. Известны температуры устойчивости и для других минералов.

Название фации определяется по типичной породе. По мере возрастания Р-Т условий регионального метаморфизма выделяют: 1 – *зеленосланцевую* фацию; 2 – *эпидот-амфиболитовую* фацию; 3 – *амфиболитовую* фацию и 4 – *гранулитовую* фацию. 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.

Особенности минерального состава

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 у хризотил-асбеста), серого с зеленоватыми оттенками цвета.

Серицит – низкотемпературная, мелкочешуйчатая, наиболее гидроксилнасыщенная разновидность слюды – мусковита. Присутствие в породе серицита обусловливает ее шелковистый блеск.

А к т и н о л и т – низкотемпературная разновидность роговой обманки. Образует волосовидные, тонколучистые неориентированные агрегаты. Цвет светло-зеленый.

Г л а у к о ф а н – разновидность роговой обманки, образующаяся при высоких давлениях. Образует тонколучистые агрегаты. Цвет густо фиолетовый до черного.

С т а в р о л и т – 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.

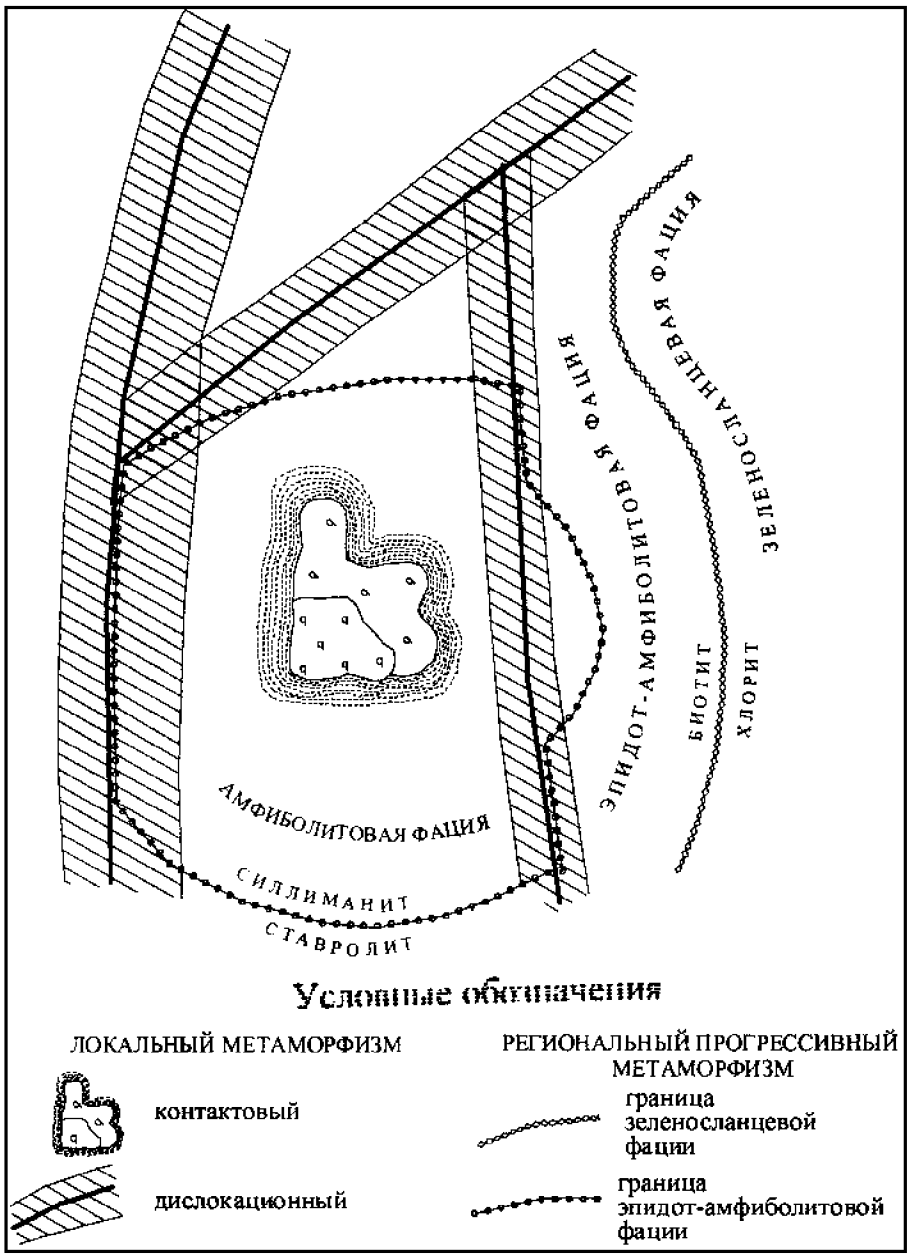


Рис. 1. Схематическая карта метаморфизма

К и а н и т – кристаллы длинные, уплощенные. Имеет анизотропию твердости. Цвет голубой или синий.

Э п и д о т – образует призматические кристаллы; лучистые или зернистые агрегаты. Цвет светло-зеленый. Блеск сильный стеклянный.

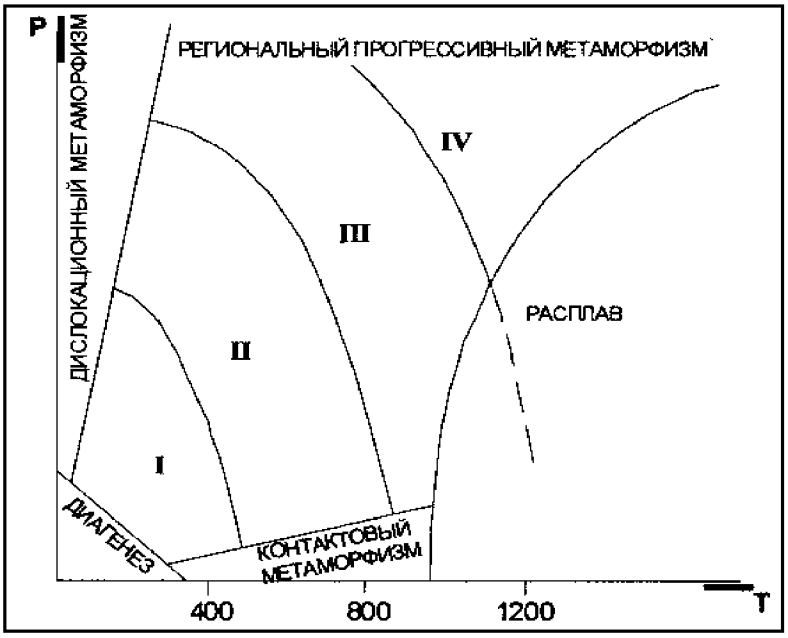


Рис. 2. Типы и фации метаморфизма
1 – зеленосланцевая; 2 – эпидот-амфиболитовая; 3 – амфиболитовая; 4 – гранулитовая

Г р а н а т – кристаллы изометричные в виде ромбододекаэдров, реже зернистые агрегаты. Цвет – от коричневого до красного. Макроскопически легко узнается по характерному облику кристаллов и цвету.

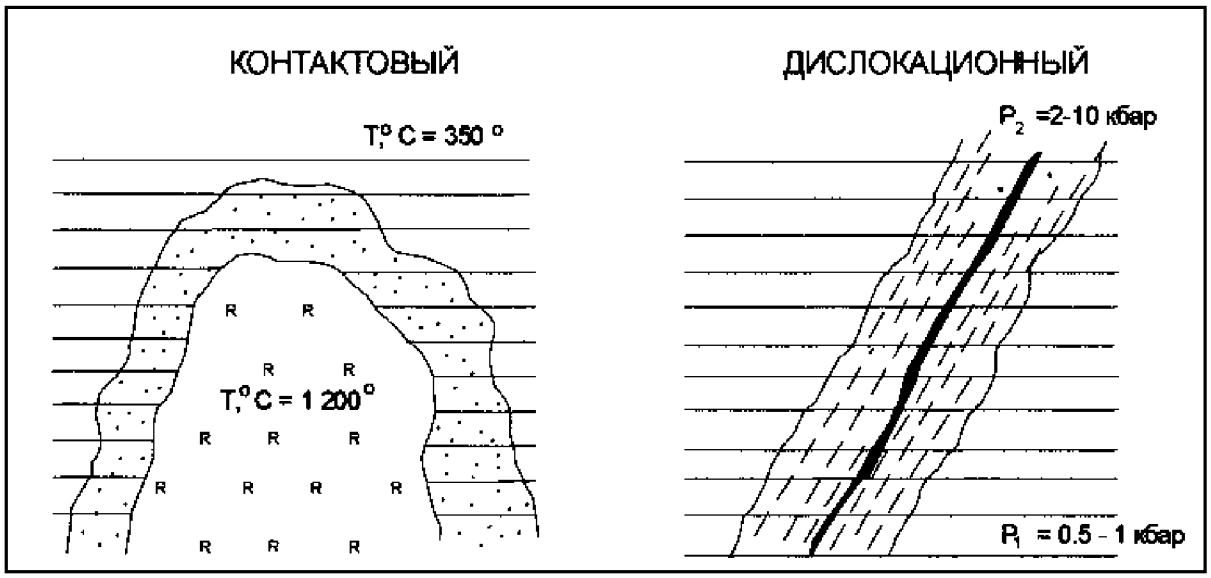


Рис. 3. Локальный метаморфизм

Текстуры и структуры

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 они 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 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.

Структурные особенности метаморфических пород также в существенной степени определяются Р-Т условиями среды минералообразования. Очевидно

ведь, 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 с т р у к т у р ы (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: *л е п и д о с* – ч е ш у й к а; *н е м а т о с* – н и т ь, и г о л к а; *г р а н о с* – з е р н о. Кроме того, следует помнить, что метаморфизм – процесс постоянного обновления минерального состава породы, все минералы вновь выросшие, возникшие. Этот процесс называется ***б л а с т е з о м*** (от греческого б л а с т о с – р о с т о к).

В итоге структуры продуктов регионального метаморфизма, в зависимости от формы слагающих ее минералов, могут называться: лепидобластовая, гранобластовая, нематобластовая, либо более сложными комбинированными названиями: лепидогранобластовая, нематогранобластовая и т. д.

Г р а н о б л а с т о в а я структура чаще отмечается для пород амфиболовой и гранулитовой фаций метаморфизма при наличии зерен изометричной формы – кварца, полевых шпатов, гранатов, карбонатов и др.

Л е п и д о б л а с т о в а я характерна обычно для зеленосланцевой фации при обилии чешуйчатых, листоватых минералов – серицита, мусковита, биотита, хлорита, талька, серпентина.

Н е м а т о б л а с т о в а я в чистом виде встречается редко (амфиболы, актинолитовые сланцы) и отличаются наличием минералов игольчатой, длиннопризматической формы (эпидот, роговая обманка, актинолит, кианит, рутил).

Однако, как уже отмечалось, в природе чаще встречаются комбинированные структуры, когда в наличии имеется несколько минералов разной формы, например, лепидонематогранобластовая структура. В этом случае название структуры формируется по определенному правилу. В начале такого наименования ставится структура, определяющая форму наименее распространенного минерала, а в конце – наиболее распространенного.

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 P-T 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 два 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.

Основные разновидности метаморфических пород

Продукты регионального метаморфизма

Продукты регионального метаморфизма отличаются большим разнообразием. Это обусловлено, во-первых, разнообразием исходного состава горных пород (*эдукта*), во-вторых, зависимостью минерального состава пород от термодинамических условий (породы одного химического состава в условиях разных фаций имеют различный минеральный состав). Некоторым исключением выглядят две упомянутые выше породы: мрамор и кварцит, краткое описание которых приведено ниже.

Мрамор – карбонатная порода, образующаяся при метаморфизме известняков и доломитов и сложенная преимущественно кальцитом. Мраморы высокой степени метаморфизма лишь немногим отличаются от мраморов низкой степени. При увеличении температуры может возрастать крупность минеральных зерен. В остальном породы идентичны, хотя их генезис может быть весьма разнообразным.

Чистые разности мраморов имеют белый цвет, различные минеральные примеси окрашивают их в розовые (гематит), желтые (лимонит), серые (органическое вещество), зеленые (хлорит, эпидот) оттенки. Текстура массивная, реже полосчатая; структура гранобластовая.

Кварцит – горная порода, состоящая существенно из кварца. Образуется при метаморфизме кварцевых песчаников и некоторых кислых магматических пород (кварцевых порфиров). Так как кварц слабо реагирует на изменение термодинамических условий, фациальный уровень того или иного кварцита (если нет других минеральных примесей) определить очень трудно.

Кварциты низких и высоких степеней метаморфизма, в силу упомянутых причин, очень похожи. Цвет чистых кварцитов белый, в зависимости от примесей может обладать розовым, черным, желтым, зеленым оттенками. Текстура массивная; структура гранобластовая.

Внешне кварцит очень похож на мрамор, но отличается от него следующими свойствами: твердостью (кварцит царапает стекло, мрамор - нет), спайностью зерен (у кальцита совершенная спайность в трех направлениях, у кварца отсутствует), реакцией с соляной кислотой (мрамор «вскипает» в кислоте, кварцит не реагирует).

Полиминеральные породы изменяют свой минеральный состав в зависимости от фациальных условий, поэтому эти породы будут рассмотрены в рамках минеральных фаций.

Фация зеленых сланцев

Филлит образуется в самой низкотемпературной области фации зеленых сланцев. Исходной породой филлитов обычно являются аргиллиты (глинистые сланцы). Глинистые минералы в результате метаморфизма преобразуются в кварц, серицит, иногда хлорит, альбит (полевой шпат), часто с примесью графита. Так как зерна очень мелкие визуально минеральный состав не устанавливается, а внешне это темная, почти черная (за счет примеси графита) сланцеватая порода с шелковистым блеском на плоскостях сланцеватости, обусловленным присутствием серицита.

Часть исходного минерального состава может оставаться не перекристаллизованной. Текстура сланцеватая, структура чаще всего гранолепидобластовая. Гранулярность породы нередко обусловлена сохранившимся зернистым кварцем.

Кварц – серицитовый сланец является продуктом зеленосланцевой фации прогрессивного регионального метаморфизма и образуется либо по аргиллитам (глинистым сланцам), либо по аркозовым песчаникам, или кислым магматическим породам. Основными минералами являются кварц, серицит, альбит (полевой шпат). В зависимости от исходного состава пород могут присутствовать хлорит, эпидот или карбонаты. Размер зерен еще очень невелик (до 0,5 мм), поэтому отдельные минералы определяются с трудом. Цвет породы светло-серый, иногда с зеленоватым оттенком (за счет хлорита и эпидота); на плоскостях спайности – шелковистый блеск, обусловленный присутствием серицита. Текстура сланцевая, иногда плойчатая; структура гранолепидобластовая.

Хлоритовый (зеленый) сланец – продукт зеленосланцевой фации прогрессивного регионального метаморфизма основных магматических

пород. Это сланцеватые зеленые породы, цветом своим обязаны обилию одного или более зеленых минералов (хлорита, эпидота и актинолита), из других минералов практически всегда отмечается альбит (полевой шпат) и кварц. Структура породы гранолепидобластовая.

Тальковый сланец образуется за счет низкотемпературного гидротермального метаморфизма ультраосновных магматических пород (перидотитов и серпентинитов). Основным минералом породы является тальк (не менее 75 %, обычно 90 %), может присутствовать хлорит, актинолит, серпентин, карбонаты. Текстура сланцеватая, структура лепидобластовая.

Эпидот-амфиболитовая фация

Слюдяной (кристаллический) сланец – продукт регионального метаморфизма эпидот-амфиболитовой фации. Исходными породами кристаллических сланцев могут быть осадочные (аргиллиты и песчаники) и кислые магматические породы. Основными минералами этих сланцев являются биотит, мусковит, кварц, полевые шпаты. При этом в сланцах преобладают слюды (биотит и мусковит), поэтому для них характерна грубая рассланцованность. Помимо этих минералов в кристаллических сланцах, как правило, присутствуют порфиробласты граната, кианита, ставролита и других минералов. Текстура сланцеватая; структура порфиробластовая, лепидогранобластовая, гранолепидобластовая.

Амфиболитовая фация

Гнейс – продукт дальнейшего метаморфизма слюдяных кристаллических сланцев, т. е. исходными породами гнейсов являются осадочные и кислые породы. Главные минералы гнейсов – кварц, полевые шпаты, слюды (биотит, мусковит) и роговая обманка; может присутствовать гранат, кианит и др. Наиболее характерным отличием гнейсов от кристаллических сланцев является гнейсовая (полосчатая) текстура – чередование светлых кварц-полевошпатовых и темных биотит-роговообманковых прослоев – без отчетливой ориентировки удлиненных и чешуйчатых зерен. Такая расслоенность является результатом «метаморфической дифференциации» прогретых до высокой пластичности пород, при которой обычно не образуется сланцеватых структур. Структура лепидогранобластовая.

Амфиболит – типичная порода амфиболитовой фации регионального метаморфизма, производная от основных магматических пород. Сложена преимущественно роговой обманкой и плагиоклазом. В ней могут присутствовать в небольших количествах гранат, биотит и кварц. Текстура визуально массивная, но под микроскопом часто заметна ориентировка призм роговой обманки. Нередко наблюдается полосчатая «гнейсовая» текстура. Структура нематогранобластовая или гранонематобластовая.

Гранулитовая фация

Гранулиты представляют собой среднезернистую до крупнозернистой породу по облику, состоящую в основном из калиевого полевого шпата, натриевого плагиоклаза и пироксена, а также кварца, граната и других минералов. Гранулиты похожи на гнейсы, но поскольку у них обычно нет слюды, эти породы имеют массивную текстуру. Структура породы преимущественно гранобластовая.

Продукты дислокационного метаморфизма

При дислокационном метаморфизме основным фактором является одностороннее (стрессовое) давление, которое возникает при тектонических подвижках (взбросах, сдвигах, надвигах и т. д.).

Тектонические брекчии – сильно раздробленные породы, состоящие из угловатых обломков различных размеров, сцементированных тем же, но мелко раздробленным, материалом. Разновидностью тектонической брекчии может считаться яшма – кремнистая пестро окрашенная порода, продукт тектонического дробления осадочных, вулканогенно-осадочных кремнеземсодержащих образований.

Катаклазит – сильно раздробленная, перетертая горная порода, состоящая из деформированных, изогнутых, раздробленных зерен минералов.

Милонит – еще более тонкоперетертая горная порода. От катаклазита отличается большей степенью раздробленности минеральных зерен и наличием линзовидно-полосчатой, сланцеватой текстуры, которая возникает вследствие неоднократных разнонаправленных перемещений блоков породы. В результате образуются линзы грубо раздробленного материала, сцементированные тонко раздробленной полосчатой, частично перекристаллизованной массой.

При более высоких температурах в зонах дислокационного метаморфизма происходит перекристаллизация и новообразование минералов, устойчивых при высоких давлениях – кианита, пиропа, омфацита (пироксена). Примером таких пород может служить эклогит.

Эклогит – продукт метаморфизма высоких температур и очень высоких давлений. Исходными породами эклогитов являются основные магматические породы. Состоят преимущественно из пироксена (омфацита) и граната (пиропа). Иногда отмечается кианит и полевые шпаты. Омфацит темно-зеленого цвета, призматической формы. Гранат в эклогите представлен пиропом, который образует крупные порфиробласты красно-коричневого цвета. Текстура массивная, иногда слабо сланцеватая, структура гранонематобластовая.

Кроме того, хорошо известно, что алмазы образуются в «трубках взрыва», в кимберлитах при высоких давлениях. Минералами-спутниками алмазов служат те же омфацит и красный пироп.

Продукты контактового метаморфизма и метасоматизма

В случае если контактовый метаморфизм протекает в зоне сочленения разогретой силикатной магмы с близкими ей по химическому составу вмещающими породами, здесь происходит лишь прогрев пород без существенного перемещения химических компонентов. В таких условиях, при отсутствии контраста химических составов обеих пород, образуется, например, роговик.

Роговик – плотная порода, обычно с высоким содержанием кремнезема, Следствием такого состава является присутствие у неё раковистого излома. Текстура массивная, структура гранобластовая (роговиковая). В состав роговика могут входить различные минералы: кварц, слюды, полевые шпаты, гранат и др. Но вследствие тонкозернистой (роговиковой) структуры эти минералы обычно не определяются.

При наличии градиента концентрации (контраста) химического состава на границе магма – вмещающие породы, такой контактовый метаморфизма обычно сопровождается *метасоматизмом* – существенной миграцией химических компонентов, что, в конечном счете, приводит к значительному изменению состава как магмы (в эндоконтакте), так и во вмещающих породах (в экзоконтакте). Так образуются скарны.

Скарн – контактово-метасоматическая порода, образующаяся на контакте мраморов или известняков и кислых (до средних) магматических пород. В зоне контакта под действием высоких температур магматического очага на начальной стадии образуются роговики, которые при дальнейшей их проработке высокотемпературными растворами преобразуются в метасоматическую породу – скарн.

Растворы имеют высокую минерализацию и пропитывают эндо- и экзоконтакты интрузии. В мраморы и известняки из интрузии обычно мигрируют элементы Fe, Mg, Si, Al и др., а в известняках растворы обогащаются Ca и CO_2. В результате взаимодействия этих растворов происходит образование новых минералов – граната (андрадита), кальцита, реже везувиана, эпидота, роговой обманки и актинолита. Очень часто скарны бывают рудными, т. е. содержат большое количество магнетита, сульфидов, иногда золота. Все крупнейшие на Урале месторождения железа, разрабатываемые еще Демидовым, на базе которых выросли такие города, как Н.Тагил, Екатеринбург, Магнитогорск, являются скарново-магнетитовыми.

В целом для скарнов характерны следующие признаки: разнообразие и непостоянство минерального состава; резкое изменение размеров зерен даже в пределах одного штуфа; обязательное присутствие граната и кальцита; частое наличие рудных минералов (магнетита и др.). Текстура у них массивная, структура гранобластовая.

Метасоматизм, или метасоматоз, протекает без проявления ощутимого стрессового, тектонического давления. Поэтому объем исходных и конечных продуктов всегда сохраняется неизмененным. В некоторых случаях метасоматические породы образуются благодаря «пропариванию» пород

проникающими с глубин горячими растворами (серпентиниты, лиственити, березиты).

Серпентиниты – гидротермально изменённые ультраосновные породы (дуниты, перидотиты). Серпентинизация может быть как автометаморфической, т. е. вызванной гидротермами самой интрузии, так и аллометаморфической, связанной с воздействием на ультраосновные породы гидротерм других, более молодых интрузий. Сущность процесса серпентинизации заключается в замещении первично безводных Fe-Mg-силикатов (оливина и пироксена) водным силикатом Mg (серпентином) и вторичным окислом железа (магнетитом). Цвет породы тёмно-зелёный, пятнистый, текстура массивная, структура лепидогранобластовая.

Лиственит – конечный продукт единого процесса гидротермального преобразования ультраосновных пород, состоящего из 3-х стадий – серпентинизации, карбонатизации и лиственитизации. Гидротермы, вызвавшие серпентинизацию ультраосновных пород, с понижением температуры обогащаются углекислотой (CO_2), что вызывает интенсивную карбонатизацию серпентинитов с образованием талька и карбоната Mg. На следующем этапе, когда весь серпентин заместился тальком и карбонатом, начинается карбонатизация талька. Освобождающаяся при этом кремнекислота (SiO_2) образует кварц. В результате появляется кварц-карбонатная порода – лиственит. Обычно она имеет зелёный цвет за счёт примеси фуксита – зелёной хромовой слюды. Характерны также примесь золотоносного пирита, поэтому лиственит используются как поисковый признак на золото. Текстура массивная, структура гранолепидобластовая.

Березиты – гидротермально изменённые кислые магматические породы, в которых полевые шпаты под воздействием гидротерм были замещены серицитом. Состоят из кварца и серицита часто с примесью золотоносного пирита. Цвет серый, текстура массивная, структура гранолепидобластовая.

2.1.3. Тектоника

Конвективные движения в пластичной астеносферной оболочке приводят в постоянное движение внешнюю хрупкую оболочку земли – литосферу. Ее движения осуществляются, главным образом, по двум направлениям: вертикальному и горизонтальному. И те, и другие приводят к нарушению первоначального залегания пластов литосферы, формируют ее внутреннюю структуру. Всесторонним изучением таких движений литосферы занимается наука геотектоника. В сфере ее изучения как сами процессы движения, их характер, причины, так и последствия – деформации литосферы. Как правило, именно после изучения и анализа деформаций восстанавливают характер процесса движения.

Классификация тектонических явлений

Согласно современной классификации профессора МГУ В. Е. Хаина, тектонические движения делятся на два типа: вертикальные и горизонтальные. Давно и хорошо изучены вертикальные движения литосферы, которые имеют множество аргументированных доказательств. Здесь выделяют колебательные (эпейрогенические) и горообразующие (или орогенические) движения.

Колебательными, или эпейрогеническими, называют медленные радиальные движения литосферы вверх-вниз, которые обычно не приводят к существенным деформациям ее пластов. При орогенических (горообразовательных) движениях напряжения передаются тангенциально, по касательной к поверхности Земли, и в результате такого горизонтального сталкивания литосферных плит (коллизии) формируются складчатые пояса - геосинклиналии. Некоторые исследователи увязывают отмеченные два типа движений генетически, как имеющие единую, общую природу.

В середине XX века в геологии доминировали представления об исключительно вертикальных движениях литосферы. С ними связывались также складчатые и разрывные нарушения, т. е. формирование геосинклинальных структур. Их физико-химическая природа очевидна: движение вниз (прогибание) обеспечивает сила гравитации, а подъем вверх – тепловое расширение, подъем нагретого на глубинах тепло-массопотока.

За последние годы доминирующей стала концепция (теория) горизонтальных движений литосферных пластин, формирующих зоны растяжения (рифтинга) и зоны сжатия (геосинклиналии). Механизм и причины таких горизонтальных движений до конца не выяснены, однако обычно увязываются с так называемыми «вихревыми» движениями в подстилающем их слое – астеносфере. В настоящее время горизонтальные и вертикальные движения литосферы не являются взаимно исключающими друг друга.

С началом космической эры, когда начали внедрять лазерные методы инструментальных наблюдений, масштабы вертикальных и горизонтальных движений были надежно обоснованы. Речь идет обычно о движениях, достигающих первых сантиметров в год. Максимальный горизонтальный дрейф сегодня испытывает Австралийский континент, который перемещается к северо-западу со скоростью 16 см в год.

Вертикальные движения

В недалеком прошлом в качестве свидетельств современных вертикальных движений привлекались, например, погруженные в прибрежные акватории древние города, а точнее - их остатки. Сегодня таким примером может служить Венеция, фундамент домов которой погружен в воду. Быстро поднимается Скандинавия, погружается северо-запад Европы, где Голландия, Бельгия спасают от наступающего моря свои северные территории при помощи

высотных дамб. Масштабы вертикальных перемещений сопоставимы с горизонтальными и достигают первых сантиметров в год.

Надежным индикатором современных вертикальных движений могут служить речные террасы. На Урале, например, реки бассейна Оби имеют четыре горизонтальные площадки, возвышающиеся над поймой. Обычно такие площадки (террасы) имеют высоту несколько метров (обычно 3-5 м). Они в свое время были поймой, однако, вследствие эпейрогенических движений, на фоне которых амплитуда восходящих движений была каждый раз больше, чем нисходящих, такие горизонтальные площадки оказывались приподнятыми. Русло реки каждый раз врезалось все глубже, а новая пойма все ниже. За последний миллион лет геологической истории на восточном склоне Урала по наличию речных террас устанавливается четыре колебательных движения с общей тенденцией к поднятию.

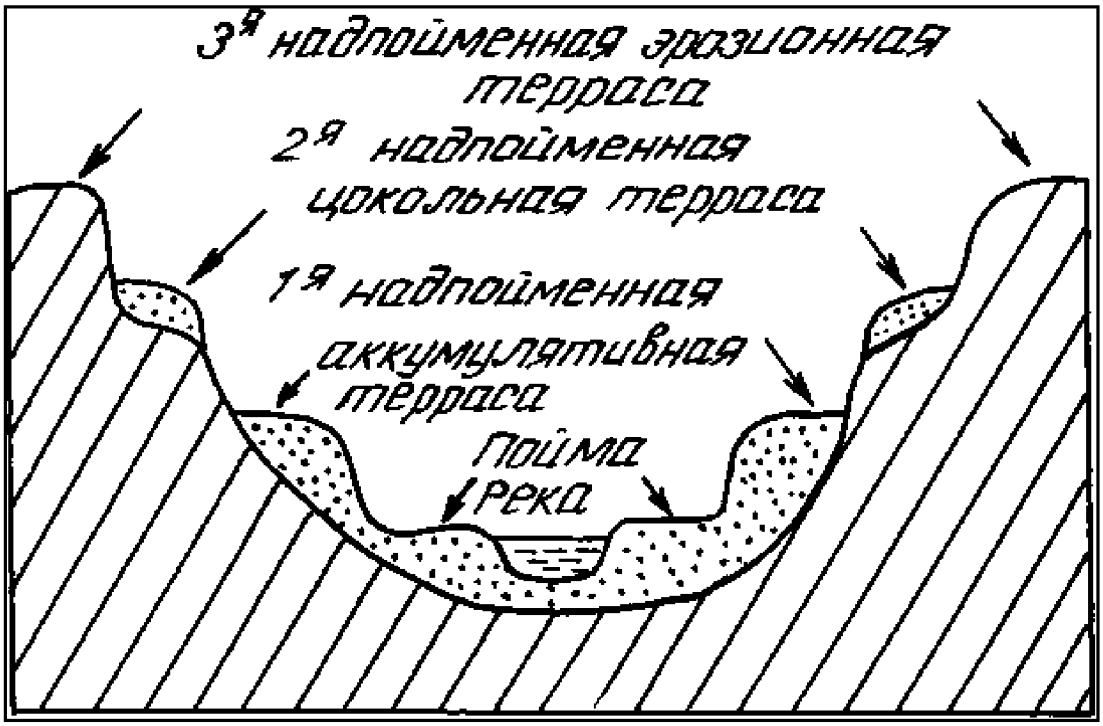


Рис.4. Схематический разрез речных террас

Характер движения и их масштабы фиксируются разрезом террас (рис. 4). Цокольные террасы, сложенные исключительно скальными, коренными породами, могут рассматриваться как свидетели подъема территории без предшествующего опускания, а аккумулятивные террасы, сложенные речными наносами, свидетельствуют о предшествующем опускании территории и т. д.

Классическими геологическими доказательствами вертикальных тектонических движений являются разрезы осадочных терригенных толщ. Быстрая смена вверх по разрезу грубообломочных пород (конгломератов) более мелкообломочными (гравелитами), а затем песчаниками и, наконец, глинистыми породами может рассматриваться как доказательство погружения дна моря, отступания береговой линии. Такой разрез называется

трансгрессивным (трансгрессия – наступление моря). Обратное чередование слоев, когда вверх по разрезу размер зерен становится все более крупным, может служить доказательством обратного тектонического процесса – поднятием морского дна. Такой разрез называется регрессивным. Аргументом в пользу такого толкования разреза может служить распределение осадков в современных морях: чем дальше от береговой линии – тем мельче осадочный материал. Волноприбойные движения строго сортируют привносимый с континента материал, крупный галечник остается в зоне пляжа, а мелкий глинистый материал выносится в глубинные и удаленные от берега зоны моря.

Горизонтальные движения

Убедительные доказательства горизонтальных перемещений литосферных плит (пластин) получены лишь в последние десятилетия, хотя о расколе Пангеи (бывшего единого континента) говорили давно. До недавнего времени трудно было объяснить механизм такого перемещения, его причины и источники энергии. Известная с начала века теория «дрейфа континентов» Вегенера была вскоре опровергнута физико-математическими расчетами советских геофизиков, что надолго затормозило развитие исследований в этой области. Лишь в последние десятилетия теория горизонтальных перемещений литосферных пластин была аргументированно обоснована.

Серьезный сдвиг в восстановлении теории горизонтального дрейфа был получен с открытием астеносферы – слоя размягчения в верхней мантии. Ведь до сих пор главным контраргументом против возможного горизонтального смещения одного слоя верхней оболочки Земли по отношению к другому была математически доказанная невозможность процесса, способного оторвать отдельные слои по горизонтальным плоскостям с последующим движением по ним. Открытие астеносферы сняло это главное возражение геофизиков. Механизм горизонтального скольжения как своеобразного «транспортера» литосферных плит был установлен. Началась интенсивная разработка теории горизонтальных перемещений, известной в последующем как «новая глобальная тектоника», теория мобилизма, плейт-тектоника.

Первые аргументы в пользу горизонтальных перемещений верхней оболочки Земли привел в начале 20-го века немецкий геофизик Вегенер в своей книге «Дрейф континентов». Этот ученый полагал, что континентальные блоки коры перемещаются по океаническим. Как в последствии оказалось, это было невозможно. Возражение было снято лишь во второй половине века, когда была открыта астеносфера. Это открытие стало глобальной вехой в развитии геологических представлений вообще и стало основным аргументом в пользу горизонтальных перемещений литосферных плит в послевегенеровское время. Сегодня можно уверенно говорить о том, что двигаются не только континенты (континентальные блоки), но и блоки океанической коры, захватывая часть верхней мантии.

Тектонические деформации (дислокации)

Естественным следствием тектонических движений являются деформации слоев литосферы, которые нарушают их первоначальные залегания. Складчатые, или пликативные деформации, обычно развиваются на фоне горизонтальных сжатий и проявляются без разрыва сплошности пластов. При этом может наблюдаться их уплотнение, утончение или утолщение, хотя следует отметить, что на практике складчатые деформации обычно всегда сопровождаются сетью тонкой трещиноватости, называемой кливажом. Трещины кливажа могут иметь различную ориентировку, а их образование связывается с неравномерным движением вещества при формировании складок. При изгибе пласта внешние слои растягиваются, а внутренние сжимаются.

По форме складки делятся на ***антиклинальные*** – выпуклые вверх и ***синклинальные*** – вогнутые вниз, однако в природе, на отдельных обнажениях, нередко видна лишь часть складки, когда пласты наклонены в одну сторону. Такой фрагмент складки называется моноклиналью.

В относительно спокойных тектонических областях, без проявления интенсивных горизонтальных сжатий, антиклинальные складки могут иметь вид купола – слабо выпуклой складки, изометричной в плане. Если эта изометричность в плане нарушена, но отношение длины складки к ее ширине не превышает 2:1, такие деформации называют брахискладками, в данном случае – ***брахиантиклиналью***. Аналогичные синклинальные структуры называют мульдой или чашей, а в некоторых случаях – ***брахисинклиналью***. Более напряженные складки называют линейными, изоклинальными.

Наиболее часто употребляют классификации складок по морфологическому (форме складок) или генетическому (по происхождению) принципу. Кратко коснемся лишь морфологии складок и, прежде всего, геометрических элементов отдельной складки.

У каждой складки выделяют ряд элементов: замок, крылья, ядро, шарнир, ось, осевая плоскость (рис. 5).

Замок складки – место перегиба пласта; **крылья** – боковые, расходящиеся части складки, которые сочленяются в замке; **ядро складки** – внутренняя часть складки, осевая плоскость делит складку на две симметричные части и проходит через **шарнир** – линию, соединяющую все точки максимального перегиба пласта.

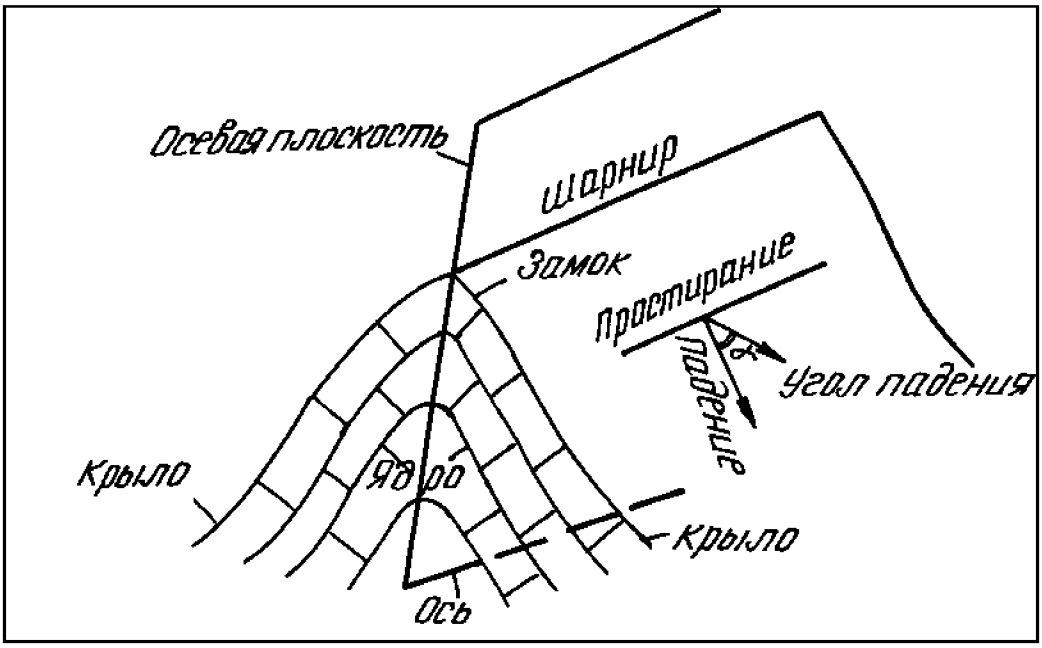


Рис. 5. Элементы складок

Если складка горизонтальна, то шарнир складки совпадает с ее осью, которая представляет собой линию пересечения осевой плоскости с горизонтальной плоскостью. Если складка наклонена, то шарнир, как материальная линия перегиба пласта, тоже наклоняется, или ундулирует. Ось же складки как воображаемая линия пересечения осевой плоскости с горизонтальной остается неизменной, т. е. всегда лежит в горизонтальной плоскости.

По морфологии и положению осевой плоскости складки делятся на *прямые* (а), *наклонные* (б), *опрокинутые* (в), *лежачие* (г), *ныряющие* (д).

В прямых складках осевая поверхность вертикальна, крылья наклонены в разные стороны, а их наклон одинаковый. В *наклонных (косых)* – осевая плоскость наклонна, а крылья падают под разными углами в разные стороны. Опрокинутые складки обладают наклонной осевой плоскостью, а их крылья падают в одну сторону. У *лежачих* складок осевая плоскость совпадает с горизонтальной, а у *опрокинутых* «ныряет» под углом к горизонтальной плоскости (рис. 6).

По форме замка выделяются следующие морфологические типы складок (рис. 6): *нормальные* или *гребневидные* (а), *изоклинальные* (б) – с приблизительно параллельными крыльями и узким замком, *веерообразные* (в) – напоминающие веер с широким замком, *сундучные* (г) – с широким замком и круто наклонными крыльями.

Кроме отмеченных типов складок выделяют более сложные модификации, которые образуются при наложении нескольких этапов деформаций. В этом случае более сложные гармоники складок, естественно, характерны для более древних пластов, залегающих на более глубоких горизонтах.

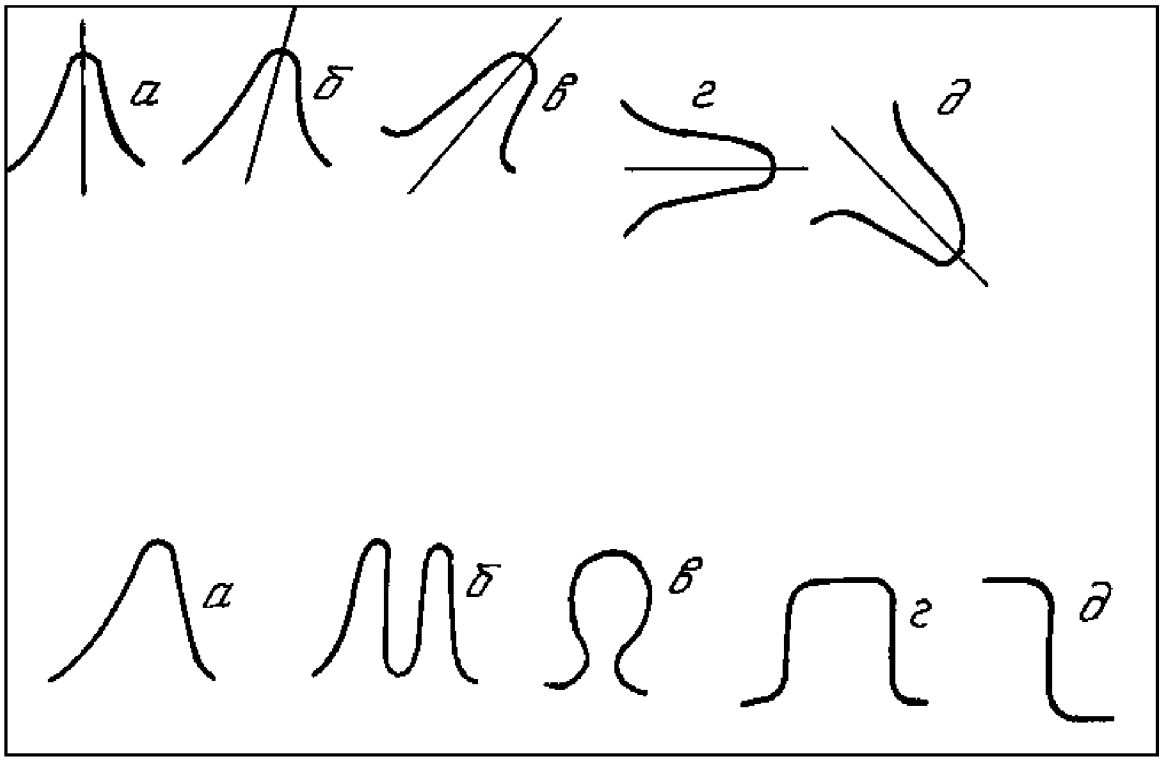


Рис. 6. Типы складок: вверху – по положению осевых плоскостей *(а – прямая, б – косая, наклонная, в – опрокинутая, г – лежачая, д – ныряющая); внизу – по морфологии (а – нормальная, гребневидная, б – изоклинальная, в – веерообразная, г – сундучная, д – флексура)*

Разрывные (дизъюнктивные) нарушения формируются при достижении предела текучести пласта, когда происходит разрыв его сплошности. Поэтому хрупкие деформации обычно следуют за пластичными, а вместе они обычно сопровождают друг друга.

Трещины, разрывы сплошности геологических тел, бывают самого различного происхождения. В глубинных частях коры микротрещиноватость нетектонического происхождения обычно связывают с контракционными процессами в обрамлении магматических массивов, а также с диагенезом осадочных пород. Микротрещины обычно имеют петрогенетическую природу. На дневной поверхности трещиноватость обусловлена, прежде всего, экзогенными процессами, обусловленными энергией Солнца.

Рассмотрим главный тип разрывных нарушений в земной коре, обусловленный тектоническими причинами. В условиях больших динамических напряжений дизъюнктивные нарушения приводят к смещению пластов по т.н. плоскости сместителя, или по сместителю. В таких разрывах перемещение отдельных блоков единого в прошлом пласта может происходить как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях. Геометрия таких перемещений иллюстрируется рисунком элементов ***сброса*** – разрывного нарушения в условиях растяжения, когда сместитель (плоскость сместителя) наклонен в сторону опущенного блока (рис. 7).

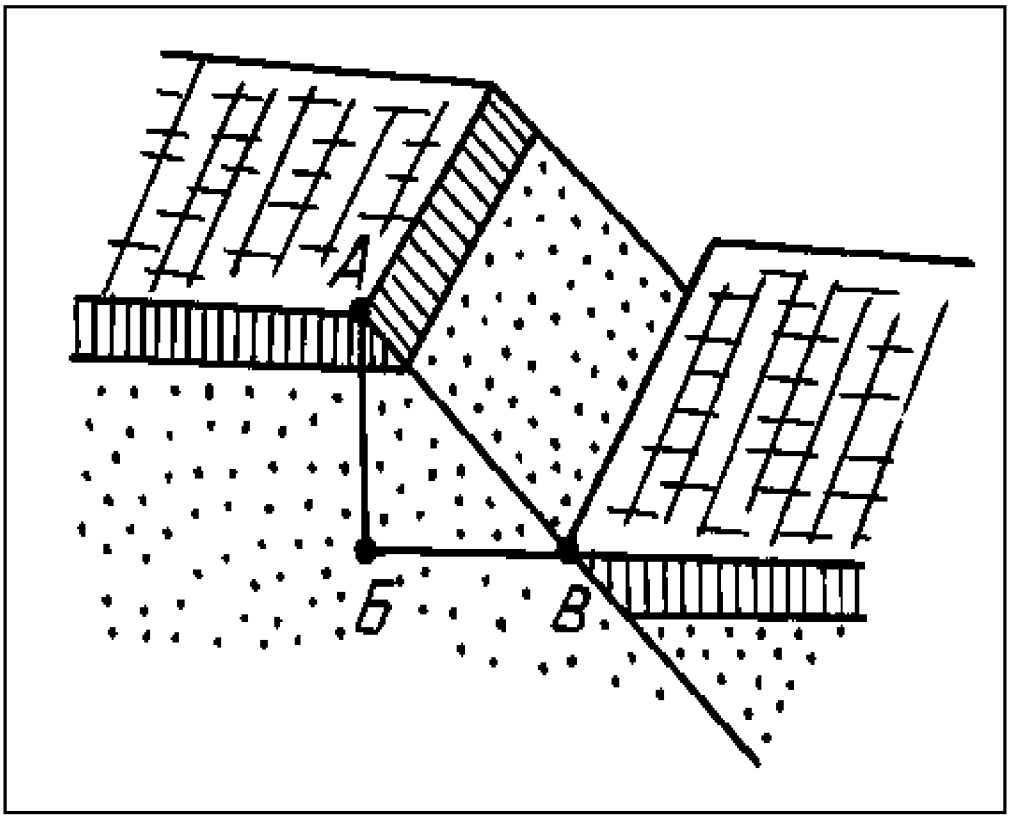


Рис. 7. Элементы сброса

А-Б – вертикальная амплитуда сброса, Б-В – горизонтальная амплитуда сброса, А-В – амплитуда истинного смещения

Аналогичные элементы выделяются у ***взброса*** – разрывного нарушения, развивающегося в условиях сжатия, когда сместитель наклонен в сторону поднятого блока (под него). Похожая на взброс структура, у которой сместитель образует острый угол (<30 °) по отношению к горизонтальной плоскости, называется надвигом. Видимое смещение пластов в горизонтальной плоскости (на карте) называют сдвигами. В природе такие смещения происходят как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях и тогда они называются сбросо-сдвигами, взбросо-сдвигами и т.д. (рис. 8).

Нередко в природе наблюдаются более сложные комбинации упомянутых структур: ступенчатые сбросы, грабены, горсты, сложные грабены и др.

Несколько особо следует упомянуть ***глубинные разломы*** – разрывные нарушения литосферного порядка. О них трудно говорить как о трещине, чаще это довольно мощная (до первых десятков километров в ширину) зона дробления, деструкции литосферы, корни которой нередко достигают мантии. Это особые зоны проницаемости литосферы, по которым происходит дренаж глубинной энергии в виде тепло-массопотоков, определяющих геологический режим целого региона. Такие разрывные нарушения планетарного порядка можно называть разломами первого порядка.

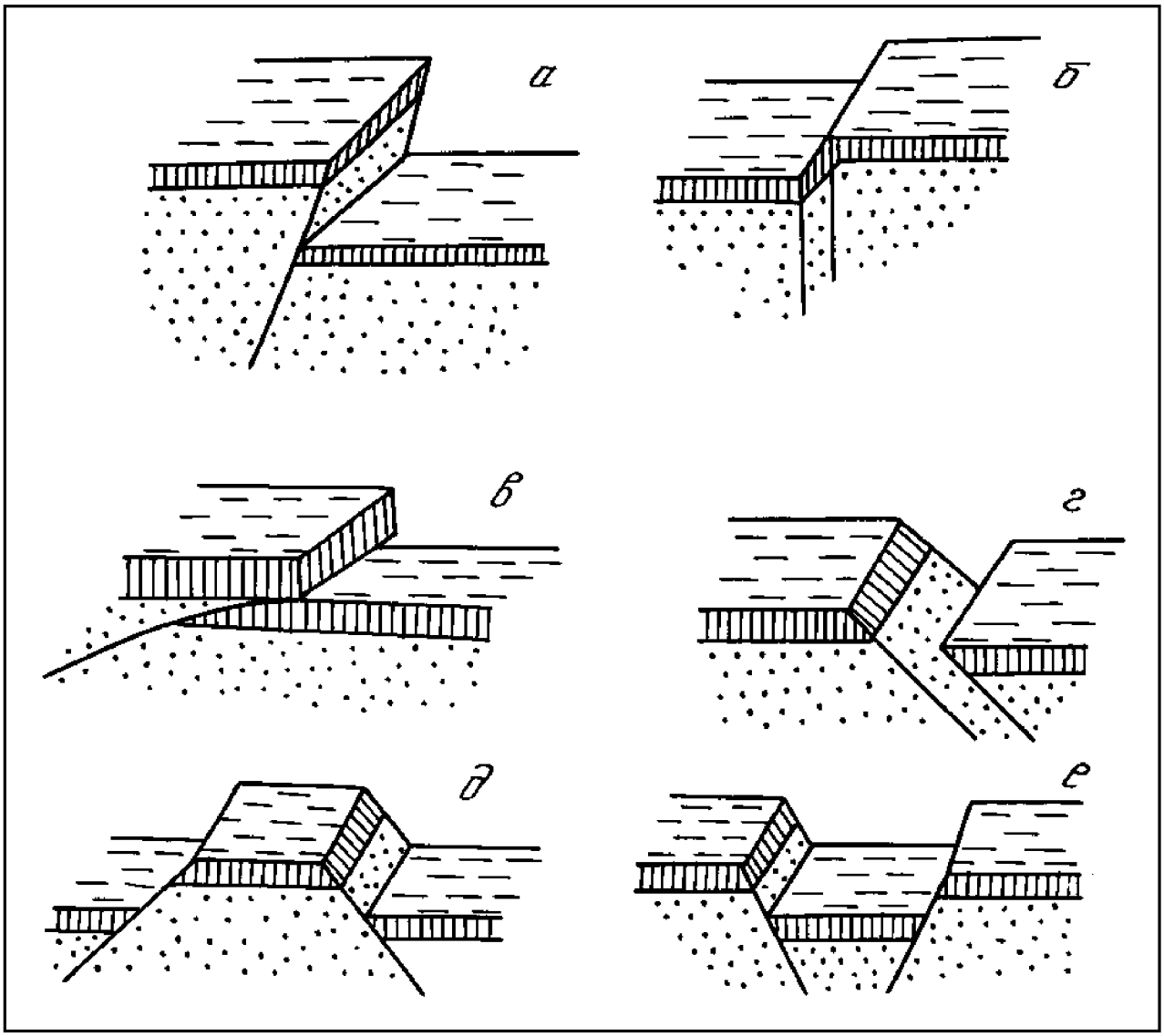


Рис. 8. Основные виды разрывных тектонических нарушений:
а – взброс, б – сдвиг, в – надвиг, г – сбросо-сдвиг, д – горст, е – грабен

К таковым можно отнести, прежде всего, планетарную систему СОХ (срединно-океанических хребтов), зоны Заварицкого-Беньофа, разлом Красного моря, в США – известный разлом Сан-Андреас и др. Нередко такие глубинные разломы на поверхности трассируются ультраосновными массивами, представляющими вещество мантии.

2.2. Экзогенные процессы

К экзогенным процессам относят такие превращения внешней оболочки Земли, которые протекают при участии солнечной энергии. Сюда относят геологическую деятельность ветра, постоянных и временных водотоков, озер и болот, морей, ледников, подземных вод, выветривания. Все они преобразуют лишь тонкую внешнюю оболочку коры.

Несколько отдельно стоят процессы, связанные с гравитационным воздействием на Землю Луны. Они вызывают в пределах морских акваторий приливы и отливы. При реализации этих природных явлений отмечается ряд последовательных стадий (разрушение горных пород, их перенос и транспортировка, сортировка и аккумуляция, осаждение и диагенез), конечным продуктом которых являются осадочные горные породы.

2.2.1. Литогенез

Под литогенезом понимают совокупность экзогенных процессов, позволяющих, в конечном счете, формировать осадочные породы. Сюда относят процессы разрушения горных пород, слагающих континентальную кору, последующую транспортировку и осаждение продуктов разрушения в морских бассейнах, а также процессы формирования и седиментации органогенных и хемогенных образований в пределах морских и океанических акваторий.

Осадочные горные породы представляют собой скопления минерального или органического вещества, образующегося на дне водоёмов или на поверхности суши как результат действия экзогенных процессов. Они покрывают около 75 % поверхности континентов. При этом многие из осадочных горных пород являются полезными ископаемыми: три четверти ежегодно добываемого сырья имеет осадочное происхождение. Это уголь, нефть, газ, вода, железные и марганцевые руды, бокситы, гипсы и ангидриты, соли, фосфориты, цементное сырьё, известняки, пески и глины.

Образуются осадочные горные породы, преимущественно, за счет разрушения и последующего переноса в водные бассейны всех типов пород: магматических, метаморфических и осадочных. Кроме того, они могут формироваться за счет жизнедеятельности и отмирания живых организмов, а также в процессе химических реакций осаждения из водных растворов.

Механизмы формирования осадочных пород, их вещественный и химический состав, в отличие от магматических и метаморфических разновидностей, намного более сложные и разнообразные. Выделяют терригенные («рожденные на суше»), органогенные (образованные за счет жизнедеятельности и отмирания живых организмов) и хемогенные (за счет химических реакций осаждения) разновидности. Широкий диапазон химического и вещественного состава объясняется тонким разделением продуктов разрушения первичных пород и переходом в раствор их составных

частей. Минералогический состав осадочных пород характеризуется широчайшим диапазоном минералов, устойчивых в экзогенных условиях: кварц, халцедон, опал, минералы группы каолинита, силикаты и оксиды железа, марганца, алюминия. Кроме того, осадочные породы могут содержать обломки других пород, скелетные остатки организмов, или продукты их жизнедеятельности (например, зубы акул, коралловые постройки и т. д.), а также состоять из солей.

Такое многообразие пород, обусловленное различиями условий их образования, стало причиной широкого диапазона их текстур и структур. Этим же обстоятельством обусловлены трудности, связанные с классификацией, разночтениями в определении некоторых разновидностей пород.

Современное осадкообразование

Большая часть описываемых пород образуется за счёт осаждения вещества, представляющего собой, в основном, продукты вывётривания, разрушения более древних пород суши. Отсюда их название – ***терригенные*** (образованные на континенте). Скопления таких продуктов, образующихся в современных условиях, называют осадками. Образование осадочного материала осуществляется в различных физико-географических условиях: на поверхности суши и в водных бассейнах в результате различных геологических процессов и явлений, ведущим из которых является выветривание – механическое дробление и химическое разложение пород различного состава и генезиса.

Механическое дробление происходит на поверхности Земли и осуществляется под воздействием внешних климатических факторов (перепада температур днём и ночью, который приводит к формированию сети трещин в породах), а также ветра, речных вод, временных водотоков, морских течений и т. д. Химическое разложение происходит, главным образом, под действием природных вод, заметное влияние при этом оказывают также свободный кислород и углекислый газ. Интенсивность и скорость химического разложения зависит от климатических условий, их величина резко возрастает с приближением к экватору, по мере увеличения температуры. Осадочный материал, образующийся на поверхности суши, перемещается водой, ветром и льдом по её поверхности в водные бассейны. Основным фактором-регулятором распределения обломочного материала, является гидродинамика бассейна, связанная с расстоянием от суши и его глубиной. По мере увеличения глубин и расстояния от суши происходит осаждение всё более и более мелких частиц, так как крупные частицы имеют большую скорость осаждения, чем мелкие.

В прибрежной зоне с активной динамикой вод наблюдается механическая дифференциация вещества – накопление валунов и гальки на пляже и на глубинах в несколько метров, ниже – песка, а ещё ниже (глубины более 60-80 м) – глинистых пород. В прибрежной зоне и на мелководье (глубины до 100 м) в результате жизнедеятельности моллюсков, иглокожих, известковых водорослей и других организмов образуются карбонатные осадки:

ракушняки, пески с ракушками, пески из раковинного детрита (мелких обломков), алевриты и илы, биогермы – постройки водорослей и т.п.

В процессе переноса и осаждения материала происходит осадочная дифференциация, в результате которой под влиянием механических, химических, биологических и физико-химических процессов происходит сортировка или избирательное выделение в твёрдую фазу растворённых и газообразных веществ с последующим переходом отделившихся однородных продуктов в осадок. Образовавшиеся из таких осадков горные породы отличаются простым химическим составом, высокой концентрацией отдельных компонентов или большой однородностью частиц по размеру. Многие осадочные породы благодаря дифференциации представляют собой ценные полезные ископаемые (кварцевые пески, железные руды, каменная соль и др.).

В общем балансе осадочных пород значительно меньший объём занимают органогенные образования, которые представляют собой продукты жизнедеятельности или отмирания живых организмов. Сюда относятся, прежде всего, известняки – продукты отмирания организмов, извлекающих обычно из среды обитания $CaCO_3$, а также опоки, имеющие состав SiO_2, nH_2O, и угли, представляющие собой различные углеродистые соединения.

Ещё реже в разрезе осадочных пород отмечаются ***хемогенные*** образования, которые формируются в процессе химических реакций осаждения из пересыщенных вод (рассолов). Типичными представителями являются соли.

Процессы образования и изменения

Образование осадочных пород (литогенез) представляет собой совокупность ряда последовательных стадий (рис.9):

1. Выветривание (физическое разрушение, дробление пород и последующее химическое разложение до состояния глин), которое приводит к разрушению верхней части всей континентальной коры.

2. Перенос преимущественно речными потоками, а также ветром, ледниками, временными водотоками в сторону водных бассейнов. Продукты выветривания при этом продолжают истираться, измельчаться.

3. Отложение или седиментация рыхлых осадков в водных бассейнах с проявлением процессов дифференциации.

Диагенез включает процессы уплотнения осадка, его цементацию и дегидратацию (удаление воды) вследствие постепенного погружения на большие глубины, увеличения лито- и гидростатической нагрузки, а также повышения температур (до 200-300 °С) за счёт геотермического градиента. Вследствие диагенеза рыхлый, мокрый песок превращается в сцементированный песчаник, глина – в алевролит, галечник – в конгломерат и т.д.

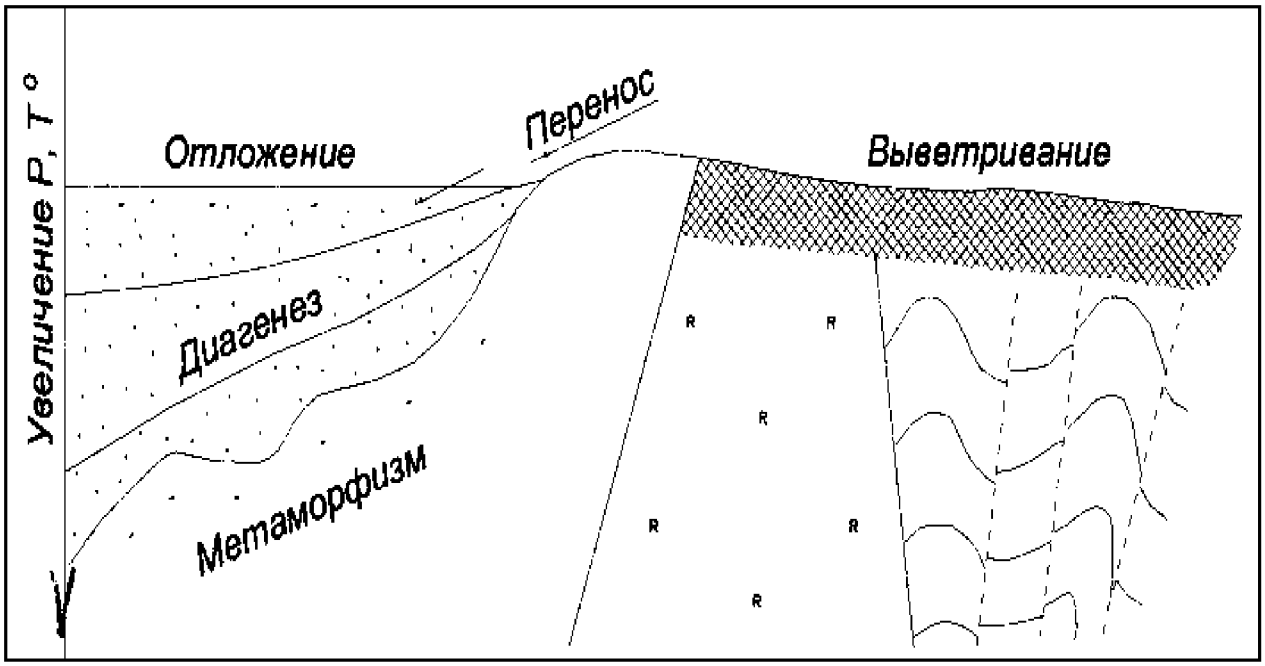


Рис. 9. Соотношение этапов образования и существования осадочных горных пород

Вся упомянутая выше совокупность рыхлых продуктов, вынесенных с территории суши, называется терригенными (рождёнными на континентах, в дословном понимании) породами. Нередко образуются смешанные продукты, когда с терригенными осадками смешиваются с останками органики. Тогда имеем дело с известковистыми песчаниками, глинистыми известняками и т. д. В случае смешивания терригенных осадков с продуктами вулканизма получаем туфогенные песчаники, песчанистые туфы и т. д. Следует отметить, что прилагательное в названии породы относится к тому компоненту, который содержится в меньшем количестве. И, наоборот, существительным обозначается та часть, которая доминирует в породе. Для случаев, когда оба компонента содержатся в примерно одинаковых соотношениях, названия пород обозначаются специальными терминами. Туффитом, например, называют породу, в которой примерно одинаковое соотношение туфового и песчанистого материала. В аналогичном случае для терригенно-карбонатных пород используется термин мергель.

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 состав. Подобная классификация осадочных пород по Г. А. Кейльману и В. Б. Болтырову (1985) приведена в виде таблицы 2.

По генетическим признакам среди осадочных горных пород выделяют три главные группы.

Терригенные (обломочные) породы, образуются в результате механического разрушения ранее существовавших горных пород, и накопления обломочного материала. Сюда относят большую группу песчаников, гравелитов, конгломератов, а также их не сцементированные и не окатанные разности: пески, гравий, дресву, галечник и щебень. В эту же группу можно отнести глинистые породы, являющиеся продуктом преимущественно химического разрушения пород, а также переотложения глинистых минералов, освободившихся при выветривании глинистых толщ и тончайшего дробления химически стойких минералов.

Органогенные породы, которые образуются в результате жизнедеятельности организмов (коралловые постройки) и их отмирания (кости рыб, зубы акул и т. д.). В отдельную группу могут выделяться каустобиолиты, образующиеся из растительных и животных (планктон) останков, преобразованных под влиянием биохимических, химических и других геологических факторов и обладающих горючими свойствами. Сюда относят угли, торф, сапропель и др.

Хемогенные породы, образующиеся при химическом разрушении, растворении минералов материнских пород и последующем выпадении новых минералов в осадок из пересыщенных растворов.

Дальнейшее подразделение в пределах выделяемых генетических групп осадочных пород производится по вещественному и минеральному составу. Терригенные осадочные горные породы по размеру обломков (частиц) подразделяются на грубообломочные (псефиты), песчаные (псаммиты), пылеватые (алевролиты) и глинистые (пелиты). По характеру связи (цементации) обломочного материала они делятся на сцементированные и несцементированные (рыхлые).

При классификации органогенных и хемогенных пород определяющим является их химический состав (табл.2.).

Текстуры, структуры, цвет

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. Напомним, что для магматических пород важным диагностическим признаком был размер зерен, поэтому структуры назывались, например, крупно- или мелкозернистыми. Для метаморфических пород понятие структуры обуславливал другой важный диагностический признак – форма зерна (например, лепидо- или гранобластовая).

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 слоёв.

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 слоёв 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 выделяются следующие породы:

— ***микропористые***, в которых пористость незаметна 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 выделяются следующие структуры:

- ***галечная*** (окатанные обломки) – размер обломков – 10-100 мм;
- ***щебеночная*** (остроугольные обломки) – 10-100 мм;
- ***гравийная*** (окатанные обломки) – 1-10 мм;
- ***дресвяная*** (остроугольные обломки) – 1-10 мм;
- ***псаммитовая*** – 0,1-1 мм;
- ***алевролитовая*** – 0,01-0,1 мм;
- ***пелитовая*** – < 0,01 мм;

Таблица 2.

Классификация осадочных горных пород

Т Е Р Р И Г Е Н Н Ы Е породы				
Рыхлые, несцементированные			Сцементированные	Размер, мм
псефиты	неокатанные	окатанные	Конгломераты	> 10
	Глыбы, щебень Дресва	Валуны, галечники Гравий	Гравелит	1-10
псаммиты		Песок	Песчаник	0,1-1
			песчаник мелкозернистый	0,1-0,25
			песчаник среднезернистый	0,25-0,5
			песчаник крупнозернистый	0,5-1,0
пелиты	Алевриты		Алевролиты	0,01-0,1
	Глины		Аргиллиты	<0,01

О Р Г А Н О Г Е Н Н Ы Е породы	
Название	Химический состав
Известняки, мел	$CaCO_3$
Доломит	$Ca, Mg(CO_3)_2$
Опоки, трепела	$SiO_2 \cdot n H_2O$
Сапропеллиты, торф, угли	Органические соединения углерода

Х Е М О Г Е Н Н Ы Е п о р о д ы		
Название		Химический состав
Соли галоидные:	**галит**	$NaCl$
	сильвин	KCl
Соли сернокислые:	**гипс**	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
	ангидрит	$CaSO_4$
Соли фосфатные:	**апатит**	$Ca_3(PO_4)_3$
Бурые железняки	**лимонит**	$FeO \cdot n H_2O$, $Fe(OH)_2$
	гематит	Fe_2O_3
Бокситы		$Al_2O_3 \cdot n H_2O$, $Al(OH)_3$ $AlO(OH)$

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 (0,25-0,1 мм), иногда выделяют разнозернистую, когда порода плохо отсортирована.

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 от: 1) – окраски минералов, слагающих пород, 2) – окраски рассеянных в породе примесей и цемента и 3) – цвета тончайшей корочки, часто обволакивающей зерна составляющих породу минералов. Белый и светло-серый 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.

Основные разновидности осадочных пород

Терригенные породы

Грубообломочные породы (псефиты) в зависимости от размера и формы обломков подразделяются на:

— глыбы и валуны, имеющие соответственно угловатые и окатанные обломки размером свыше 100 мм в поперечнике;

— щебень и галечник – угловатые и окатанные обломки размером от 100 до 10 мм в поперечнике;

— дресву и гравий – угловатые и окатанные обломки размером от 10 до 1 мм в поперечнике.

Окатанность материала свидетельствует о длительности времени и дальнем пути переноса обломков от места разрушения породы до места аккумуляции, не окатанные обломки – о кратковременности и незначительных расстояниях переноса.

Сцементированные породы, состоящие из окатанных, округленных обломков, размеры которых превышают 10 мм – называются **конгломераты**; соответственно порода, состоящая из не окатанных, угловатых обломков крупнее 10 мм, называется **брекчией**. Гальки в конгломератах состоят из магматических, метаморфических и осадочных пород, цементом служит

песчано-глинистый, известково-глинистый, карбонатный, кремнистый или иной материал. Возможно выделение олигомиктовых конгломератов, характеризующихся существенно кварцевым составом галек (белый жильный кварц, кварциты) и полимиктовых конгломератов, где гальки имеют разнообразный состав. Брекчии обычно обладают однообразным составом обломков и цементирующего материала.

Гравелиты слагаются обломками различных пород и, реже, минералов с преобладающим размером обломков 1-10 мм. Цемент – карбонатный, карбонатно-глинистый или песчано-глинистый.

Практическое применение грубообломочные породы находят в дорожном строительстве, при отсыпке железнодорожного балласта и изготовлении бетона, иногда используются в строительстве как декоративный материал (некоторые разности брекчий и конгломератов). Иногда грубообломочные породы содержат ценные полезные ископаемые (золото, уран и др.).

Песчаные породы (**псаммиты**) состоят из зерен, размеры которых составляют 0,1-1 мм, и представлены **песками** и **песчаниками.** Первые сложены несцементированными скоплениями обломков, вторые – сцементированные обломками той же величины. В зависимости от размера обломков выделяются крупнозернистые (0,5-1 мм), среднезернистые (0,25-0,5 мм) и мелкозернистые (0,1-0,25 мм) пески и песчаники. В породах существенно преобладает кварц, далее идут полевые шпаты, слюды, халцедон, глауконит, а также глинистые минералы, Цементирующая часть песчаных пород чаще всего представлена глинистым материалом и кальцитом, реже – доломитом, опалом, оксидами железа.

Мономинеральные песчаные породы состоят в основном из кварца, полимиктовые пески и песчаники состоят из зерен различных минералов (кварца, полевых шпатов, слюды).

Пески и песчаники имеют широкое применение для получения кирпича и бетона, а также в дорожном строительстве. Кварцевые пески и песчаники служат сырьем для получения динаса, оконного стекла, в литейном и керамическом производстве.

Пылеватые породы (**алевриты**) состоят из зерен, имеющих размер 0,1-0,01 мм. Рыхлые скопления таких обломков называются **алевритами**, а сцементированные – **алевролитами**. Минеральный состав обломочной части примерно такой же, как и в песчаных породах, но здесь выше доля устойчивых минералов – кварца, мусковита, халцедона. Характерными компонентами их являются частицы глинистых минералов и хлорит. Цементами алевролитов служат кремнисто-глинистая, хлорит-глинистая масса, карбонаты и гидрооксиды железа.

Наиболее характерным представителем является лесс.

Лесс – светлая палево-желтая легкая однородная порода, обычно слабо сцементированная, состоящая, главным образом, из частиц кварца и, меньше, полевых шпатов с примесью глинистых частиц и карбонатов. Наличие

последних легко обнаруживается с помощью соляной кислоты, от которой лесс «вскипает».

Алевролит – сцементированная порода различной окраски, алевролитовой структуры, часто имеет тонкослоистую текстуру с горизонтальной или косой слоистостью. Окраска породы определяется преимущественно окраской цементирующего материала (глинистыми минералами). Характерной особенностью алевролитов является шероховатость пород в изломе, что определяется размером (0,1-0,01 мм) обломочных зерен.

Глинистые породы состоят из мельчайших (< 0,01 мм) кристаллических и аморфных частиц различных глинистых минералов, в меньшей степени, из зерен хлоритов, оксидов и гидроксидов алюминия, глауконита, опала, кварца и других минералов – продуктов химического разложения горных пород в поверхностных условиях. Образование глинистых пород происходит в результате химических процессов, ведущих к накоплению глинистых минералов, и одновременном переносе мельчайших частиц.

Глины – это легко размокающие породы. В сухом состоянии являются или землистыми, рыхлыми, легко растирающимися в порошок, или плотными крепкими агрегатами с землистым или раковистым изломом, имеющими микропористую текстуру. В состав глин входят различные минералы, поэтому окраска глин разнообразна и зависит как от состава глин, так и от примесей.

Каолинитовые глины или **каолины** имеют преимущественно белый или светло-серый цвет, монтмориллонитовые или **бентониты** – светло-серый или с желтоватым, или с зеленоватым оттенком, гидрослюдистые – от белой до зеленой или пестрой окраски.

Глины являются ценным сырьем для изготовления фарфора, фаянса, огнеупорного кирпича и др.

Аргиллиты – уплотненные в процессе диагенеза глины. Обладают землистым или раковистым изломом. Цвет может быть различным, чаще всего, это серые или темно-серые породы. По минеральному составу это преимущественно гидрослюдистые породы с примесью кварца, полевых шпатов, слюд и др.

Мергели – породы смешанного состава, состоящие из кальцита и на 45-75 % из глинистых частиц. Мергели образуются в морских бассейнах, лагунах и пресноводных озерах при одновременном поступлении глинистого и карбонатного материала. В зависимости от содержания глины различают известковистый аргиллит, мергель и глинистый известняк. По внешнему виду это плотная и однородная порода белого, серого, желтоватого цвета. Вскипает при взаимодействии с соляной кислотой, оставляя желтые пятна за счет концентрации на месте реакции глинистых частиц. Мергели широко применяются в цементной промышленности.

Отмеченные продукты настолько часто представляют собой смешанные образования, что их разделение иногда не представляется возможным. Поэтому они рассматриваются под общим названием.

Известняки – наиболее распространенные карбонатные породы. Это обычно мономинеральные породы, состоящие из кальцита. Наиболее типичный признак известняков – интенсивная реакция с соляной кислотой. Цвет их обычно светлый-белый, светло-желтый, светло-серый. Интенсивность окраски определяется присутствием органического вещества. У них обычно *массивная* и *слоистая* текстуры. Структура ***биоморфная, детритовая, биогенно-шламовая, зернистая***.

По генетическим признакам выделяют: 1) органогенные известняки, образующиеся из скоплений раковин, их обломков, скелетов кораллов, внутренних слепков, сложенных кальцитом; 2) хемогенные известняки с характерной оолитовой структурой, пористой текстурой, образующиеся за счет реакций осаждения; 3) обломочные известняки, состоящие в основном из обломков известняков или ракушек в различной мере окатанных.

Мел – специфическая карбонатная порода, состоящая из кальцита. Окраска породы белая, иногда с сероватым или буроватым оттенком. Мел непрочен, легко поддается обработке ножом, стеклом, пачкает руки, высоко порист (до 40-50 %). Порода интенсивно «вскипает» при взаимодействии с соляной кислотой. Основная составная часть породы – органические остатки (раковинки фораминифер, остатки известковых водорослей). Структура мела ***пелитоморфная.***

Доломиты внешне сходны с известняками, но основной составной частью их является минерал доломит. Окраска доломитов преимущественно светлая, серая, кремовая, зеленовато-серая. Структура ***мелко-*** и ***тонкозернистая,*** текстура ***массивная*** и слабо выраженная ***слоистая.***

Карбонатные породы широко используются в различных отраслях промышленности: для производства цемента, в виде флюса при выплавке металлов, для известкования кислых почв и др.

Опоки – твердые породы белого, серого до черного цвета, часто обладающие раковистым изломом. Состоят из мельчайших округлых стяжений (глобулей) опала. Окраска пород в целом более темная, чем у трепелов – от серой до темно-серой и черной.

Трепелы – породы, состоящие из мельчайших зернышек опала, скрепленных опаловым цементом. Трепел может быть рыхлым, компактным, плотным и пористым. Цвет от белого, сероватого до желтовато-серого.

Опоки и трепелы – кремнистые породы, в значительной части состоят из опала $SiO_2.nH_2O$ и халцедона SiO_2. Содержание этих минералов в породах составляет от 50 до 98 %.

Кремнистые породы применяются как теплоизоляционные, строительные и фильтрационные материалы, как наполнители, катализаторы, адсорбенты.

Каустобиолиты образуются из остатков растительных или животных организмов, преобразованных под влиянием различных геологических факторов и способных гореть на воздухе.

Торф представляет собой скопление относительно малоизмененных останков растительных тканей, образующихся в условиях болот. Это более или менее рыхлая бурая или черная гумусовая масса, содержащая в большем или меньшем количестве видимые останки растительности (листья, стебли, корни, древесину, мох), высушенный торф обычно рыхлый, легкий.

Каменные уголь – порода черного цвета, хрупкая, пачкающая руки. Излом раковистый. Образуется, в частности, при преобразовании торфа в результате химического процесса его изменения (углефикации). Большинство углей обладает хорошо выраженной слоистостью. В зависимости от степени преобразования в них могут сохраняться следы растительных тканей, либо они могут состоять из однородной, практически бесструктурной матовой массы.

Каустобиолиты широко используются как промышленное топливо, а также в качестве сырья для химической промышленности.

Соли галлоидные. Каменная соль. Главная составная часть ее – **галит** (NaCl). Окраска породы светло-серая, белая, но иногда может быть красной, черной или синей. Структура породы ***кристаллически-зернистая***, текстура ***массивная*** или ***слоистая.*** Характерный диагностический признак – соленый вкус.

Каменная соль используется в пищевой промышленности для сохранения скоропортящихся продуктов и как приправа к пище. Взрослый человек в течение года потребляет 6 кг соли.

Калийная соль (сильвинит) – наиболее распространенная калийная соляная порода. Состоит из **сильвина** (KCl), обычно с существенной примесью карналлита (KCl, $MgCl_2$.$6H_2O$) и галита. По характеру окраски выделяются красные и пестрые сильвиниты. Текстура их ***слоистая, массивная***, структура ***разнозернистая*** с преобладанием ***мелко-*** и ***среднезернистой.***

Основным потребителем калийных солей является сельское хозяйство, где калий применяется для удобрения почвы. Остальное количество калийных солей потребляется химической промышленностью, выпускающей несколько продуктов, в которых основной составной частью является калий.

Соли сернокислые. Гипс – мономинеральная порода, состоит из минерала гипса. Окраска породы светлая: белая, кремовая, реже серая или бурая. Структура ***мелко-*** и ***среднезернистая***, текстура ***массивная***, реже ***слоистая.*** Порода невысокой твердости, царапается ногтем.

Ангидрит имеет также светлый, голубовато-серый, серый, белый цвета. Плотность его выше, чем у гипса, поэтому по удельному весу он легко отличается от последнего. Отчетливо фиксируется различие по твердости (породы ногтем не царапается). Структура ангидрита ***средне-*** и ***мелкозернистая,*** текстура ***массивная*** и ***слоистая.***

Гипсы и ангидриты используются в строительстве для приготовления вяжущих материалов – алебастра, формовочного гипса и др., а также в производстве серной кислоты, бумаги, в медицине.

Соли фосфатные. **Фосфориты** – довольно распространенная порода, образование которой связано с гибелью, разложением и химической переработкой останков морских организмов. Это осадочные горные породы более чем на 50 % состоящие из фосфатов кальция. Окраска фосфоритов обычно темная, серая, черная, коричнево-серая и зеленовато-серая определяется, главным образом, присутствием органического вещества, сульфидов железа и глауконита. Встречаются и светлоокрашенные разности.

Фосфориты являются сырьем для производства фосфорных удобрений для сельского хозяйства.

Бурые железняки. Образование железистых и марганцевых пород, содержащих минералы железа и марганца (оксиды, гидроксиды и карбонаты) и являющихся рудами, связывается обычно с выветриванием богатых этими минералами горных пород. Из них в процессе диагенезе возникают морские, озерные, болотные и другие руды.

Бурые железняки обладают бурой окраской различных оттенков до черной и сравнительно большой плотностью. Характерна ***оолитовая, землистая, конкреционная, натечная*** структура, ***пористая*** текстура. В составе бурых железняков преобладают минералы – оксиды и гидроксиды железа: гетит, гидрогетит, лимонит, гематит.

Глауконитовые песчаники – глауконит-железистая разновидность гидрослюды характерного ярко-зеленого цвета, является аутигенным минералом морских бассейнов нормальной солености. Для глауконита характерно образование округлых комочков размером 0,2-0,4 мм. Песчаники, содержащие округлые зерна глауконита, называют глауконитовыми. Структура породы ***псаммитовая***, текстура слабо выраженная ***слоистая.***

Бокситы состоят преимущественно из минералов - гидрооксидов алюминия: гидраргиллита, диаспора и бемита, а также постоянной примеси гидроксидов железа. Цвет бокситов буровато-красный, кирпично-красный, охряно-желтый, серый. Встречаются в виде землистых или оолитовых масс.

Бокситы – основная руда для получения алюминия, кроме того, используются для получения огнеупоров, абразивов и в качестве химического сырья.

Вулканические туфы, генетически связаны с магматическими процессами, по условиям образования и внешнему облику относятся к осадочным горным породам. Продукты вулканических извержений, выброшенные в атмосферу, падают на землю и становятся обычными обломками. Этот материал в процессе диагенеза превращается в горные породы – туфы. Текстуры туфов слабо выраженные ***слоистые, пористые***. Структура определяется размерностью обломочного материала. Состав туфов – обломки вулканических пород, минералов, вулканического стекла.

3. ОПИСАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ

Ниже приведено описание ряда геологических маршрутов в окрестностях г. Екатеринбурга, представляющих наибольший интерес для студентов специальности «Защита в чрезвычайных ситуациях». Большинство из них расположены в пределах городской черты, и лишь некоторые – за ее пределами. Участки характеризуются разнообразием геологического строения, а также опасными потенциальными угрозами. За отведенное для практики время предполагается проведение пяти-шести экскурсий.

3.1. По Уктусскому массиву

Нечасто встречаются геологические массивы, в развитии и преобразовании которых принимают участие различные эндогенные и экзогенные процессы.

Наиболее интересными из таких является ***Уктусский дунит-клинопироксенит-габбровый массив,*** который расположен на южной окраине Екатеринбурга и слагает денудационную возвышенность с относительным превышением около 60 м над уровнем р. Исеть. Массив площадью около 50 км^2 имеет в плане овальную форму, слегка вытянут в меридиональном направлении и залегает среди вулканогенно-осадочных толщ предположительно силурийского возраста.

Массив слагают интрузивные породы – пироксениты, дуниты и габбро. Дуниты образуют три обособленных тела – южное, центральное и северное. Габбро отделены от дунитов полем пироксенитов и слагают восточную часть массива (рис. 10).

В пределах описываемого участка проявляются также многочисленные экзогенные процессы и их продукты. Особенностью строения данного участка является широкое проявление процессов речной деятельности с развитием разных типов террас.

Описание маршрута

Маршрут начинается в пос. Уктус, на правом берегу р. Исети, в устьевой части р. Патрушихи, у каменного моста, сложенного из бутового камня, памятника архитектуры начала XIX в. (троллейбусная остановка «Уктус»).

Поселок Уктус был основан вокруг казенного железоделательного завода (одновременно с Алапаевским, Каменским и др.) в 1704 г., когда для войны со шведами Петру I потребовалось большое количество металла для пушек.

Т.Н. 1. В 500 м выше каменного моста сохранились остатки плотины пруда Уктусского завода. Место для пруда было выбрано весьма удачно. Здесь река имеет широкую (300-400 м) корытообразную долину с крутым скальным правым берегом и террасированным высоким левым берегом, где разместились

цеха завода (ныне лифтостроительный) и основные гражданские постройки поселка Уктус.

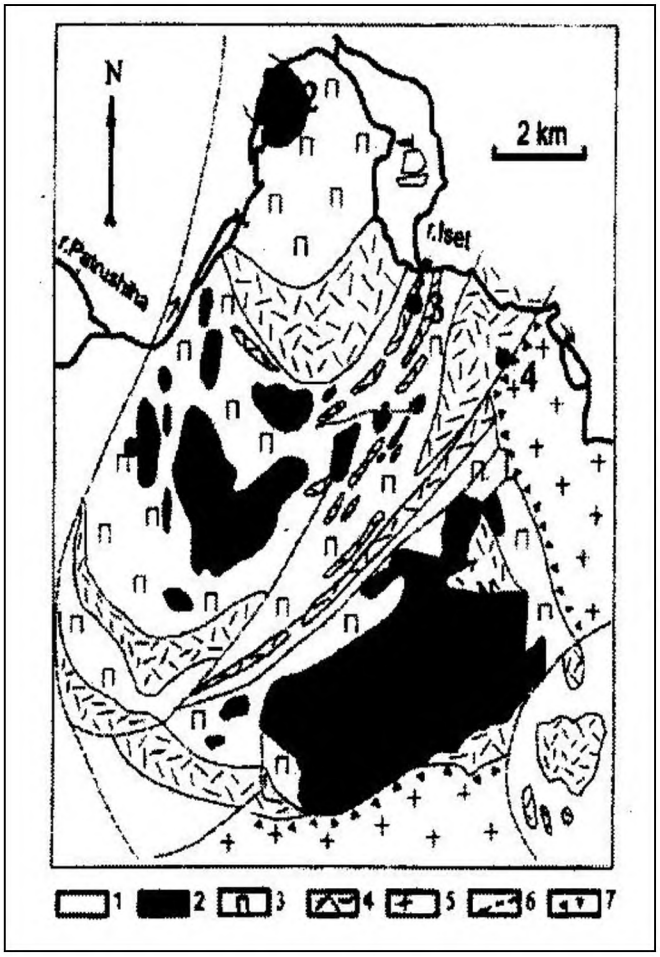


Рис. 10. Схема геологического строения Уктусского дунит клинопироксенит-габбрового массива.

1 – вмещающие вулканогенно-осадочные и метаморфические породы палеозоя; 2 – дуниты; 3 – клинопироксениты и верлиты; 4 – оливиновые и амфибол-пироксеновые габброиды;5 – гранитоиды; 6 – тектонические нарушения; 7 – зоны развития эруптивных гипербазит-гранитных брекчий

Скальные выходы сложены породами черного, темно-зеленого цвета средне- и крупнозернистой структуры, массивной текстуры, по составу представлены слабо серпентинизированными пироксенитами и перидотитами.

В настоящее время, когда воды пруда спущены, хорошо просматривается строение русла, которое можно описать. Можно также построить поперечный профиль р. Патрушихи в районе развилки автомобильных дорог.

Т.Н. 2. На данном участке русло реки делает меандрирующий (извивающийся) изгиб, обусловленный зонами дробления и выветривания в тектонических нарушениях. С этой точки хорошо видны надпойменные террасы левого берега, представленные эрозионно-аккумулятивным типом, верхний плодородный слой которых жители используют под огороды.

В пойменной части отчетливо выделяются пойменные и старичные отложения. На берегу реки можно видеть отложения русловой отмели и береговой вал. Экскурсанты составляют поперечный профиль реки.

Следует обратить внимание, что профиль реки асимметричный: левый борт пологий, а правый крутой. В случае аварийного спуска воды из Елизаветинского пруда могут пострадать строения, находящиеся в пойме реки на левом берегу. Поэтому строить объекты на левом берегу не рекомендуется.

Т.Н. 3. Карьер по разработке дунитов, которые в 50-е гг. XX столетия добывали в качестве сырья для получения магнезиальных огнеупоров. Размеры 60х30 м, борта отвесные, высота до 12 м. Выработкой вскрываются дуниты черного цвета с зеленоватым оттенком, массивные, мелко- и среднезернистые. С поверхности породы выветрелые, из-за чего их цвет становится светло-коричневым. Толщина корки выветривания 1-2 см. Окраска корочки выветривания обусловлена наличием глинистого минерала – керолита и гидрокарбоната магния. Дуниты разбиты густой сетью тектонических трещин.

По плоскостям некоторых трещин развита серпентинизация с образованием корок толщиной до 0,5 см. Серпентин светло-желто-зеленый. На плоскостях трещин видны борозды скольжения и уступчики, по которым участники экскурсии могут определить направление перемещения блоков.

На этой точке наблюдения можно сделать зарисовки одной из стенок карьера и произвести массовый замер для последующего построения диаграммы трещиноватости. Студентам напоминают устройство горного компаса, учат пользоваться им при определении элементов залегания пород и трещин.

По ходу движения к следующей точке наблюдения маршрут проходит у подножия техногенного отвала, образованного при строительстве трассы большого лыжного трамплина, и вдоль старицы р. Патрушихи. Здесь внимание участников экскурсии акцентируется на гравитационной дифференциации техногенного делювия (от лат. Deluer – смывать).

Т.Н. 4. Карьер размером 35х45 м с высотой бортов до 15 м. Карьером вскрыты те же дуниты, что и в Т.Н. 3. На этой точке наблюдения можно произвести хорошие зарисовки обнажения и набрать дополнительный материал для статистического измерения трещиноватости. Трещины более пологие и в верхней части имеют куполообразный изгиб. По некоторым плоскостям трещиноватости развивается корочка серпентинитов, что может способствовать перемещению больших блоков при искусственной встряске или при землетрясении. Необходимо обратить внимание студентов на то, что борта карьера в Т.Н. 3 почти вертикальные, а в Т.Н. 4 – не более 30 градусов. Пологие борта обусловлены соответствующей системой трещин. Рекомендуется сделать массовые замеры трещиноватости с последующим обобщением результатов.

Т.Н. 5. Выше по течению р. Патрушиха запружена. Выше плотины расположен Ново-Елизаветинский пруд. Водохранилище, к сожалению, затопило практически полностью старые песчано-глинистые карьеры кирпичного завода. Карьеры вскрывали аллювиальные (от лат. alluvio – нанос) отложения первой и второй надпойменных террас, в которых были найдены кости и бивни мамонтов, шерстистых носорогов и других животных, часть из которых можно видеть в экспозиции Уральского геологического музея. Разрез террасы можно наблюдать в западном борту пруда, у самой плотины. Возле плотины можно видеть небольшое зарастающее озерко, по-видимому, имеющее старичное происхождение. Здесь же можно проследить начальную стадию процесса торфообразования. Сама плотина имеет длину более 100 метров. Ее

восточная часть упирается в плотные магматические породы, а западная – в рыхлые песчано-глинистые отложения, что может быть причиной ее подмыва, если контакт недостаточно надежно закреплен.



Рис.11. Забой во 2-м дунитовом карьере

Т.Н. 6. На крутом склоне реки (Ново-Елизаветинского пруда) небольших размеров коренные выходы перидотитов**.** Горные породы темного цвета, чаще полосчатые или рассланцованные, реже массивные, мелко- среднезернистые. Пространство между коренными выходами задерновано, но геологическим молотком можно вскрыть растительный слой и докопаться до делювия, представленного остроугольными обломками перидотитов и сцементированных глинистой породой темно-зеленого цвета.

Т.Н. 7. Коренные гребневидные выходы пироксенитов на берегу водоема. Горные породы от черного до темно-зеленого цвета, средне- и крупнозернистые, массивные. В обнажении хорошо наблюдаются тектонические трещины различных направлений, элементы, залегания которых легко измерить.

Отчетливо видно, что пироксениты имеют высокую механическую устойчивость, чего нельзя сказать о перидотитах в предыдущем обнажении, которые образуют значительно сглаженные небольшие выходы.



Рис.12. Ново-Елизаветинский пруд. На противоположном берегу видны выходы пород Камышловской террасы

Т.Н. 8. Двигаясь дальше по тропе вдоль берега пруда до места впадения реки, наблюдаем практически непрерывно коренные скальные выходы, чаще гребневидного характера, пироксенитов, довольно сильно трещиноватых.

Особенностью данного участка горного массива является появление хорошо выраженной трещиноватости уже северо-восточного направления, что проявляется в тектонических ограничениях выходов пород и ориентировке логов и оврагов на склоне массива.

Северо-западное направление тектонических нарушений выражается здесь в спрямленных субпараллельных участках меандрирующей реки и частично в образовании оврагов на склоне.

Т.Н. 9. Маршрут переходит по склону на хребет Уктусского габбро-пироксенит-дунитового массива, по которому прорублена меридиональная просека. Двигаясь на юг по ходу маршрута, встречаем коренные выходы преимущественно пироксенитов. Породы черного, темно-зеленого цвета, массивной текстуры, крупнозернистой структуры, состоят преимущественно из пироксена с небольшим количеством оливина.

Хребтовая часть массива представлена чередованием небольших увалов и понижений. На вершинах этих увалов пироксениты образуют гребневидные выходы с тектоническими ограничениями северо-восточного простирания и углами падения 80-90 °.



Рис. 13. Крупный лог на западном склоне Уктусского массива, сформированный вдоль тектонического нарушения

В понижениях на хребте постоянно наблюдаются родники, которые свидетельствуют о заложении этих понижений на зонах трещиноватости, по которым циркулируют трещинные воды. Можно определить дебит (расход воды) источников, вкусовые качества воды.

Подытоживая маршрут, преподаватель делает акценты на потенциально возможном развитии на участке природных угроз. Сюда относится возможность прорыва плотины Елизаветинского пруда, суффозионных процессов вдоль русла реки с рыхлыми отложениями, подтопления построек на пойме реки, обвалов техногенного делювия с крутых склонов. При знакомстве с зеркалами скольжения преподаватель показывает механизм реализации тектонических движений, которые протекают и в новейшее время.

3.2. Елизаветинское месторождение

Маршрут начинается в пос. Рудном (куда доставит автобус № 17). На юго-западной окраине поселка размещается Елизаветинское месторождение природно-легированных бурых железняков. Месторождение было открыто в 1829 г. и отрабатывалось около 150 лет.

На месторождении рудоносной является кора выветривания в различной степени серпентизированных дунитов.

По генезису кора выветривания остаточная.



По морфологии – площадная, с линейными участками заглубления, развитыми по тектоническим нарушениям, образующими значительное количество глубоких карманов в палеозойском фундаменте.

Общая мощность элювиальных (от лат. eluo – вымываю) отложений колеблется от 5 до 80 и более метров, в среднем составляет 30-40 м.

Считают, что древний элювий сформировался в юрско-меловое время и отвечает тропическому или субтропическому, теплому и влажному климату.

Наиболее полно профиль коры выветривания описан А. Л. Яницким (1965), который приводит его в таком виде (снизу вверх):

1) зона дезинтеграции в различной степени серпентинизированных дунитов;

2) зона выщелачивания, сложенная карбонатизированными, слабо нонтронитизированными дунитами и аподунитовыми серпентинитами (мощность 1-5 и более метров);

3) зона охр представлена охристыми порошковатыми глинистыми рудами и кремнисто-железистыми породами.

Зона дезинтеграции серпентинизированных дунитов. Дуниты, обнажающиеся в основании и по бортам карьера, мелко- или тонкозернистые, плотные. Крепкие, иногда почти свежие или слабо выветрелые дуниты наиболее полно вскрыты в щебеночном карьере в 200 м к западу от основного карьера.

Породы по тектоническим трещинам разбиты на блоки и практически превращены в щебень. По плоскостям трещин нередко можно видеть зеркала скольжения, свидетельствующие о тектонических перемещениях отдельных блоков.

В южном борту карьера можно в миниатюре увидеть всю зональность химического выветривания с образованием зон выщелачивания.

Зона выщелачивания. Дуниты и серпентинизированные дуниты, как у поверхности, так и на глубине вдоль зон тектонических нарушений в разной степени подвергались процессам выветривания. Процессы выветривания выразились в разложении и выщелачивании материнских пород, в их карбонатизации, частичной нонтронитизации и керолитизации. Породы в большей части сохраняют основные черты первичной структуры материнских пород, в некоторых случаях эти породы могут переходить в кавернозно-пористые образования различной крепости.

Под влиянием процессов выветривания породы принимают зеленовато-серую или серовато-белую окраску, иногда с бурыми, желтыми или черными пятнами. Эта пестроцветная окраска обусловлена скоплениями различных минеральных агрегатов: магнезита, кальцита, нонтронита, керолита, минералов марганца и др.

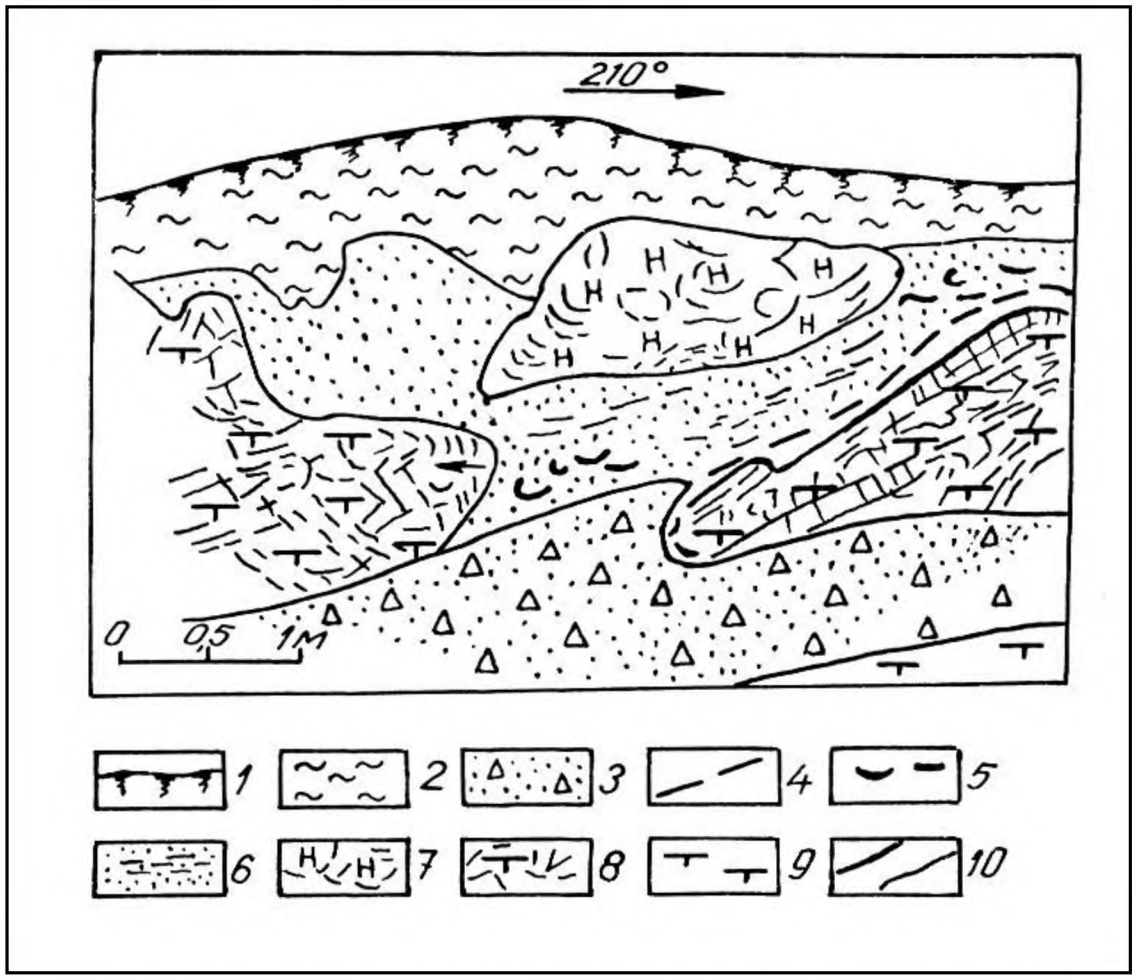


Рис.14. Карман коры выветривания серпентинизированных дунитов в борту щебеночного карьера (Елизаветинское месторождение).

Условные обозначения: 1 – почвенно-растительный слой; 2 – глины, суглинки; 3 – осыпь; 4 – скопления магнезита; 5 – жеоды бурых железняков; 6 – охристые бурые железняки; 7 – нонтронитизированные серпентиниты; 8 – зона дезинтеграции дунитов; 9 – дуниты с корочкой выветривания; 10 – геологические границы.

Тектонические трещины (сместители, разломы), многочисленные трещины отдельности, а также микропоры и пустоты, образовавшиеся вследствие выветривания и выщелачивания эндогенных минералов, выполнены преимущественно магнезитом, местами кальцитом, доломитом или керолитом, кварцем, опалом с образованием их гнезд и прожилков. Мощность некоторых прожилков магнезита достигает 2-3 см и более.

Рыхлые, землистые выветрелых дунитов представляют собой породы, подвергшиеся более глубокому изменению. Они не только дезинтегрированы механически, но и разложены и преобразованы химически. Они находятся в таком состоянии, что при слабом ударе рассыпаются на мелкий щебень или сыпучую землистую массу зеленовато-серого или грязно-серого цвета. На некоторых участках поверхность щебня покрыта многочисленными мельчайшими черными дендритами марганцевых минералов, а иногда пленками карбонатов, на которых также наблюдаются ветвистые дендриты марганцевых образований.

Зона охр залегает в верхней части разреза и представлена рыхлой буровато-желтой или лимонно-желтой слабо сцементированной массой, состоящей из порошковатых и комковатых образований гетита, гидрогетита, гематита, магнетита, и марганцовых минералов. Охристые порошковатые руды заполняют также имеющиеся на поверхности карманообразные и воронкообразные углубления, развитые вдоль зон тектонических нарушений и уходящие на глубину на многие метры.

Такие взаимоотношения руд с подстилающими породами можно наблюдать в основном карьере. Среди охристых руд в железорудном карьере можно наблюдать останцовые глыбы и куски выветрелых карбонатизированных дунитов и серпентинитов, выделяющихся на буром фоне серовато-зеленой окраской. Здесь же отмечаются отдельные глыбы и куски кремнисто-железистых пород желтовато-бурого или бурого цвета.

Описываемые породы относятся к природно-легированным хромоникелевым железным рудам.

В ряде мест кремнисто-железистые породы слагают значительные участки. В некоторых обнажениях они образуют скальные выступы, положительные формы рельефа, что объясняется их сравнительно высокой прочностью. В карьере студенты могут познакомиться с различными формами выветривания: физического, химического, органического.

Здесь видно как разные продукты выветривания влияют на величину естественных откосов. Уменьшение механической прочности первичных ультраосновных пород приводит к уменьшению угла откоса искусственных выработок (карьера). Рыхлые породы в результате воздействия на них талой воды очень быстро оплывают. Здесь же в карьере можно проследить процессы естественной рекультивации земель.

3.3. Шабровское рудное поле

Шабровский рудный район расположен в 25 км к юго-западу от г. Екатеринбурга. В пределах Шабровского рудного района (рис.15) развиты месторождения железистых кварцитов, гондитов, родонитов, мраморов, тальк-магнезитового камня, талька, декоративно-облицовочного серпентинита и золота. Все они достаточно тесно сопряжены в пространстве, часто приурочиваются к одним и тем же тектоническим структурам – шовным зонам.

Шабровское рудное поле приурочено к полосе метаморфических пород, образующих крупную Шабровскую моноклиналь с крутопадающими крыльями и разделяющих Сысертский и Шабровский массивы гранодиоритов – гранитов (рис. 15).

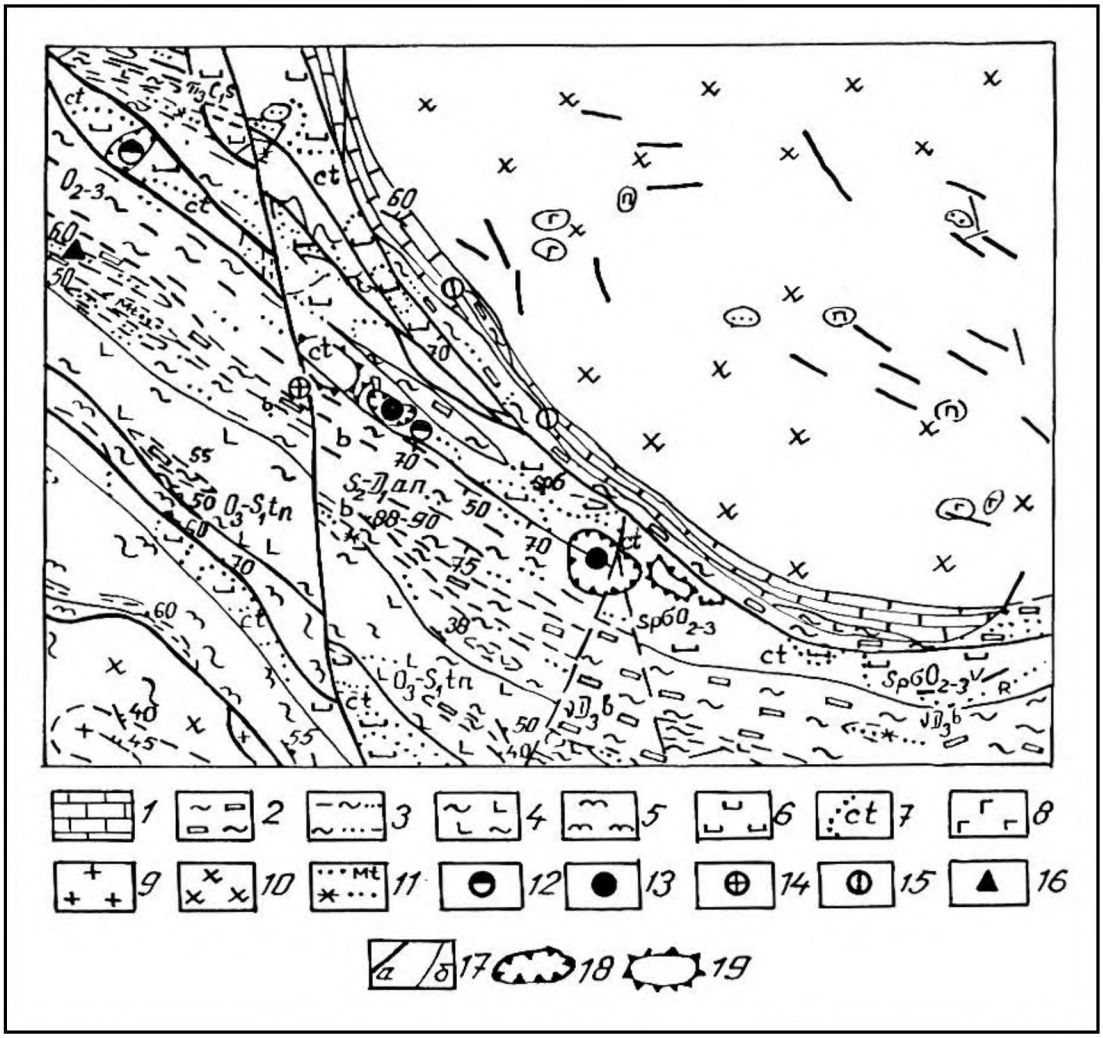


Рис. 15. Геологическое строение Шабровского рудного поля:

1 – мраморы; 2 – сланцы преимущественно углисто-графит-кварцевые; 3 – серицит-кварцевые, филлитовидные сланцы; 4 – зеленые сланцы по афировым базальтам; 5 – кристаллические сланцы; 6 – серпентиниты; 7 – тальк-карбонатные породы; 8 – габбро; 9 – граниты; 10 – гранодиориты; 11 – кварциты магнетит- и марганецсодержащие; 12 – 16 месторождения: 12 –антигоритовых змеевиков, 13 – тальк-магнезитового камня, 14 – золота, 15 – мрамора, 16 – железистых кварцитов; 17 границы разломов (а), стратиграфические (б); 18 – карьеры; 19 - отвалы

Среди метаморфических толщ в Шабровском районе, по последним данным геологосъемочных работ (Г. В. Ярославцев и др., 1995 г.), выделяется четыре свиты (сверху вниз): кунгурковская (D_1kn), андреевская (S_2-D_1an), тенякская (O_3-S_1tn) и саитовская (R_2st).

Основание разреза слагают высокометаморфизованные породы **саитовской свиты** (**R_2st**): кристаллические сланцы мусковитовые, биотитовые и мусковит-биотитовые, часто с гранатом, частично мигматизированные; амфиболиты, участками биотитизированные, часто с гранатом, частично мигматизированные; прослои железистых кварцитов, единичные линзы мраморов. Мощность более 1000 м.

Тенякская свита (**O_3-S_1tn**) представлена преимущественно вулканогенными образованиями основного состава, преобразованными в зеленосланцевой и эпидот-амфиболитовой фациях регионального метаморфизма. Мощность 600-800 м. Породы свиты имеют преимущественно моноклинальное падение на СВ под углом 30-60 °. Контакт пород свиты с нижележащими образованиями саитовской свиты везде тектонический, а с породами вышележащей андреевской свиты согласный.

Андреевская свита (**S_2-D_1an**) развита в виде широкой полосы и ряда небольших линз в юго-западной части района. В составе свиты преобладают серицит-кварцевые (филлитовидные), хлорит-серицит-кварцевые, альбит-серицит-кварцевые, серицит-биотит-кварцевые и слюдисто-кварцитовые сланцы по алевролитам и песчаникам; углисто-графит-кварцевые сланцы; кварциты железистые, магнетитсодержащие, марганецсодержащие и углисто-графитсодержащие. Мощность свиты превышает 1700 м.

Кунгурковская свита (**D_1kn**) развита в северной части площади и представлена метаморфизованными вулканогенными и вулканогенно-осадочными образованиями. Мощность более 2000 м. Границы свиты, как нижняя, так и верхняя, повсеместно тектонические. На контакте с телами гранитоидов породы свиты ороговикованы.

Среди пород метаморфизованного вулканогенно-осадочного комплекса широко развиты протрузии гипербазитов дунит-гарцбургитовой (альпинотипной) формации, контролируемые зонами глубинных разломов. Возраст протрузий ультрабазитов 401+12 млн. лет (Пушкарев,1999), габбро, габбро-диабазов D_{2-3}, гранитоидов поздней фазы 312-262 млн. лет (А. А. Машаров, 1990 г.).

Тела ультрабазитов фиксируются в виде линейно вытянутого пояса, согласного с общим простиранием пород района. Все эти массивы по существу представляют собой бескорневые тектонические линзы, залегающие согласно со сланцеватостью вмещающих их метаморфизованных вулканогенных и осадочных пород. Ультрабазиты гидротермально изменены, представлены серпентинитами, тальк-карбонатными и другими породами. На Шабровском тальковом месторождении среди тальк-карбонатных пород встречаются

жильные тела талько-хлоритов и хлоритолитов (мощностью до 0,1-1,0 м). Они характеризуются повышенным (до 5-10 %) содержанием магнетита.

Формирование интрузивных тел Шабровского комплекса (C_1) происходило в три фазы: в первую формировались гранодиориты; во вторую – граниты и адамеллиты; в третью – мелкозернистые граниты, граниты, гранит-порфиры, лейкократовые граниты, пегматиты. Шабровский массив округлой формы занимает площадь 50-55 км^2. В массиве много ксенолитов, провесов кровли, что свидетельствует о незначительном эрозионном срезе. Вмещающие породы – преимущественно пироксениты и габбро.

Сложен массив среднезернистыми, часто порфировидными, биотитовыми, реже роговообманково-биотитовыми гранодиоритами. Вмещающими массив породами являются: с севера ультрабазиты и габбро Уктусского массива, с запада, юга и востока – сланцы андреевской свиты и частично вулканиты кунгурковской свиты. Мощность массива 2,0 - 2,5 км. Западный контакт массива тектонический.

Осиновский комплекс (C_1) сложнопостроенный, формировался в четыре фазы: 1 – кварцевые диориты, гранодиориты; 2 – мелко- среднезернистые граниты; 3 – дайки лейкократовых гранитов, пегматитов; 4 – дайки порфировидных, мелкозернистых гранитов. В объеме массива резко преобладают граниты второй фазы.

Описание маршрута

Т.Н. 1. Начинается маршрут на Белоусовском месторождении благородных змеевиков, расположенном в 500 м к северу от автобусной остановки (автобус № 105). Карьер по отработке Белоусовского месторождения расположен на небольшой возвышенности в пределах поселка Шабровский. Проходка карьера проводилась с применением буро-взрывных работ, поэтому по причинам безопасности разработка месторождения остановлена.

Карьер вскрывает небольшую часть Большой линзы тальк-карбонатных пород, в зоне преимущественного развития благородных змеевиков. Здесь по художественно-декоративным свойствам выделено три разновидности змеевика - пятнистый, полосчатый и пятнисто-полосчатый.

Тальк-карбонатные породы занимают здесь не менее половины площади месторождения. Форма их залежей чрезвычайно сложная и обусловлена очертаниями пород кровли массива ультрабазитов, с одной стороны, и тел антигоритовых серпентинитов, с другой.

Т.Н. 2. Далее маршрут переходит на Северо-Шабровское месторождение железистых кварцитов, которое находится в районе п. Шабровского к западу от Белоусовского карьера. Месторождение в центральной части рассекается затопленным карьером после отработки Вознесенской золотой россыпи (рис. 16).

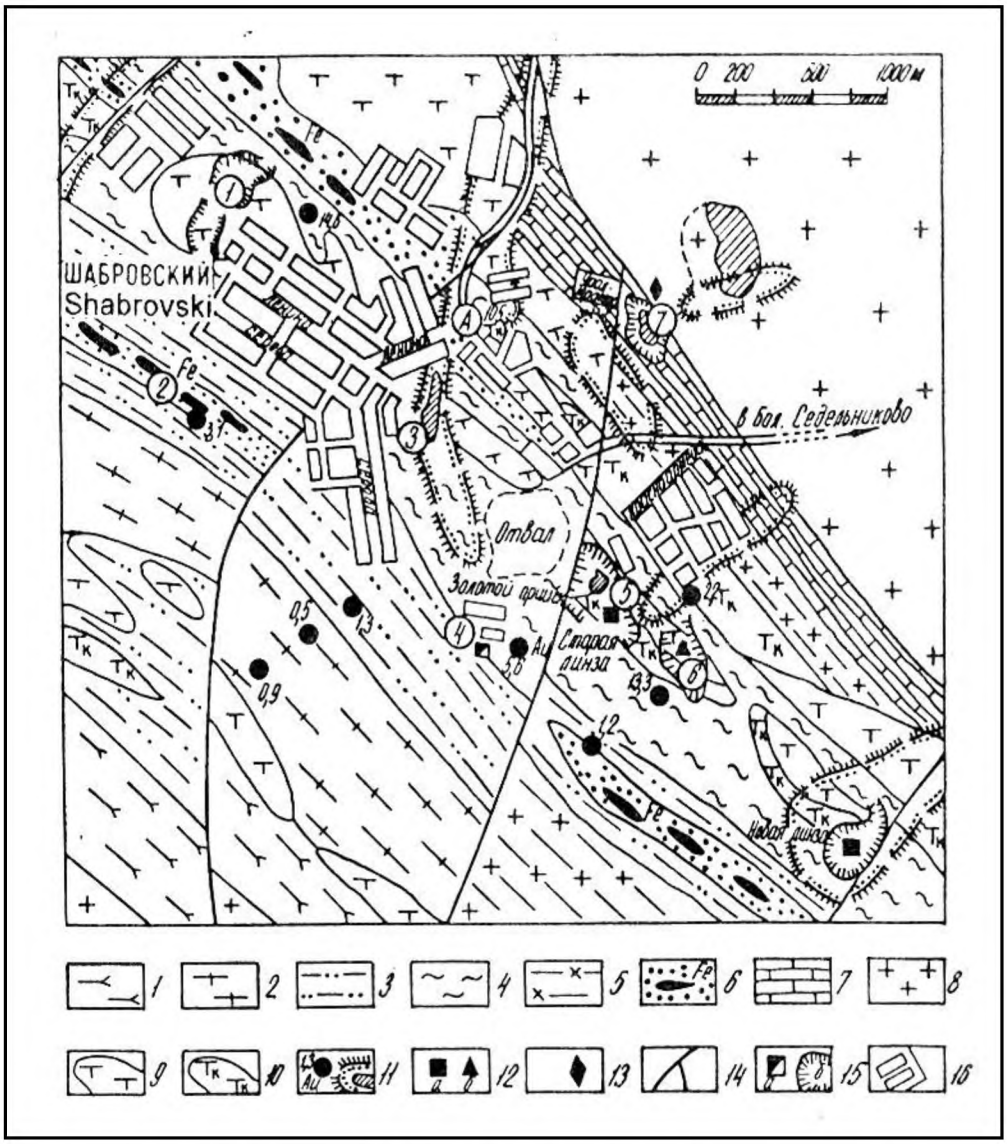


Рис. 16. Схематическая геологическая карта Шабровского рудного поля:
1 – амфиболиты; 2 – актинолитовые сланцы; 3 – серицито-кварцевые сланцы с карбонатом; 4 – филлиты; 5 – серицит-хлоритовые сланцы; 6 – железистые кварциты; 7 – мраморы; 8 – гранодиориты; 9 – серпентиниты; 10 – тальк-карбонатные породы; 11 – золотопроявления и контуры россыпей; 12 – месторождения талька (а) и змеевиков (б); 13 – месторождения мрамора; 14 – тектонические нарушения; 15 – шахта (а) и контуры карьеров (б); 16 – поселок Шабры

При отработке россыпи старатели породы вскрыши укладывали в узкие отвалы, которые расположены по бортам карьера. Взяв пробы песчано-глинистого материала с днища россыпи в западной сухой части выработки, где раньше размещалась промывальная установка, промываем их здесь же в карьере. Увидеть мелкие знаки золота в ковше – обычное дело.

От Вознесенской россыпи по бетонному тротуару перемещаемся в южном направлении к тальковой обогатительной фабрике, посещение которой можно предусмотреть в программе экскурсии, далее по асфальтовой дороге к карьеру тальк-магнезитового камня «Старая линза».

По возрасту выросших на отвалах деревьев студенты могут определить время отработки россыпи, а также наблюдать регуляторы естественной рекультивации открытой горной выработки.

Т.Н. 3. Шабровское месторождение тальк-магнезитового камня известно с 80-х годов 19-го столетия. В этот период оно отрабатывалось кустарным способом, и только возросшие потребности горно-металлургического и цементного производства в огнеупорном сырье в 1927 г положили начало планомерным разведочным работам на месторождении с последующей его механизированной эксплуатацией. Добыча тальк-магнезитового камня производилась карьерным способом со специальной технологией отработки и была прекращена в 1978 г. На момент остановки добычных работ глубина карьера составила чуть более 50 м. Буровыми скважинами месторождение разведано до глубины 200-220 м.

Производство огнеупорных тальк-магнезитовых блоков осуществлялось непосредственно в карьере машинами вертикальной и горизонтальной резки состемы А. М. Столярова. Отходы от распиловки шли на получение чистого высококачественного талька, который извлекался здесь же на обогатительной фабрике путем флотации. Подъем на поверхность нарезанных кирпичей осуществлялось с помощью трех лебедочных установок, которые в настоящее время можно видеть на бортах карьера.

Борта карьера очень крутые, а в некоторых участках с высокими вертикальными уступами (стенками), поэтому при подходе к краю этой искусственной выработки со стороны обогатительной фабрики перед исследователем открывается потрясающая панорама – идеальный срез ультраосновного массива со всеми деталями его внутреннего строения (рис. 18).



Рис. 17. Панорама карьера «Старая линза»

Маршрут по Шабровскому карьеру «Старая линза» начинается с его общего обзора (рис. 17). При спуске в карьер во вскрышных более пологих бортах выходят вмещающие породы, представленные в основном филлитовыми сланцами с тонкими маломощными прослойками мраморизованных известняков, слюдисто-кварцевых, серицит-хлоритовых и хлоритовых сланцев, с тонкими кварцевыми прожилками и будинками.

При переходе со вскрышных бортов на добычные, хорошо наблюдается северо-восточный контакт между вмещающими сланцами и продуктивным телом гипербазитов, превращенных в тальк-карбонатные породы (рис. 18). Контакт резкий, достаточно ровный с крутым, почти вертикальным падением. Участками фиксируются полости отслоения, в некоторых из них можно наблюдать разгрузку трещинных подземных вод в виде красочных водопадов. Вода пригодная для питья.

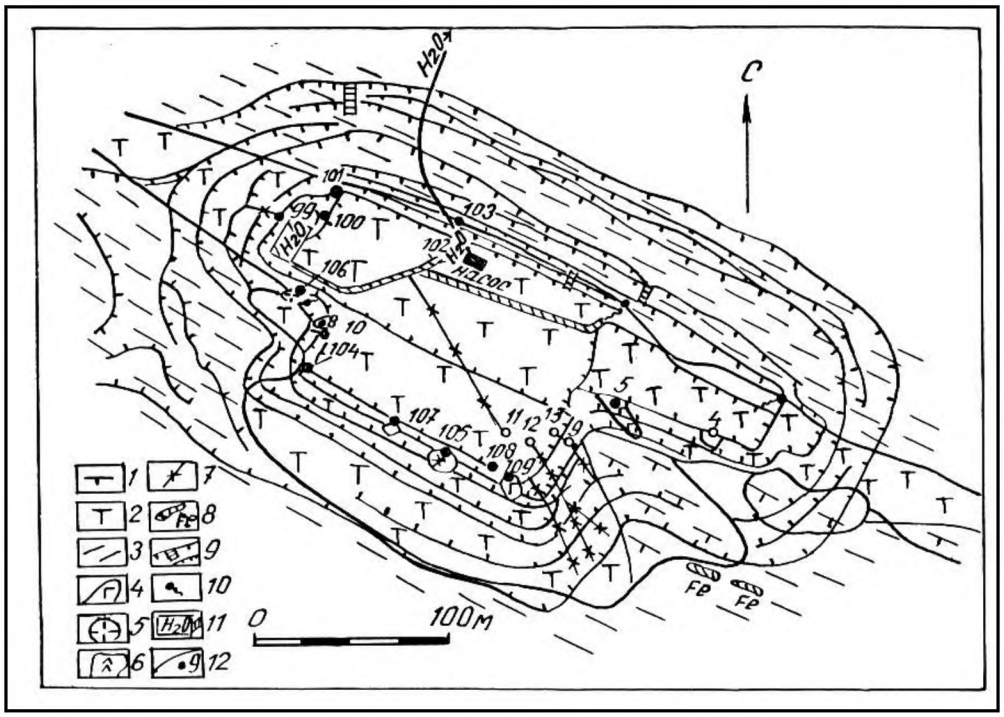


Рис. 18. Геологический план карьера «Старая линза»:

1 – серпентиниты; 2 – тальк-карбонатные породы; 3 – филлитовидные сланцы; 4 – габброиды; 5 – плагиограниты; 6 – лиственит; 7 – хлоритолиты по дайкам основного состава; 8 – железистые кварциты; 9 – контуры бортов карьера и лестницы; 10 – выходы трещинных вод; 11 – дренажные канавы; 12 – точки наблюдений

Наибольшую площадь вскрытых бортов карьера «Старая линза» (см. рис. 18) занимают тальк-карбонатные породы светло-серого цвета, массивной или сланцевой текстуры. На 40-50 % порода состоит из талька и на 50-60 % из карбоната, представленного магнезит-брейнеритовой разновидностью. Из рудных минералов чаще всего встречается гематит, очень редко встречаются кристаллики магнетита и хромита. Эта порода и являлась объектом добычных работ.

В юго-восточной части юго-западной стенки карьера хорошо «отпрепарированы» две дайки основного состава, секущие массив в субмеридиональном направлении. На дневной поверхности дайки выходов скорей всего не имели и вскрываются только карьером. Габброиды имеют мелкозернистую структуру, массивную текстуру. Окраска темная, серовато-зеленая. Породы метаморфизованные и состоит из вторичного амфибола, полевого шпата, карбоната и эпидота.

В западном борту карьера вскрыто тектоническое нарушение, которое сопровождается мощными излияниями трещинных вод.

Поднявшись на поверхность, на борту карьера можно осмотреть систему лебедочного хозяйства.

При спуске в карьер следует обратить внимание на технику безопасности работы в карьерах. Крутые борта карьера обусловлены крутым падением рудного тела, углы падения в сланцах также составляют 70-90 градусов. По вскрытым тектоническим трещинам и разломам в карьере наблюдается дренирование подземных вод. Следует обратить внимание на то, что спуск по лестнице может осуществляться только небольшими партиями (не более 5 человек на одном прогоне).

Необходимо также обратить внимание студентов на осыпи и оползни на стенках карьера обусловленные просачивающимися подземными водами. Накапливаемые на дне карьера воды поднимаются трубами на дневную поверхность. Вся территория в плане обвалована по бортам карьера для предотвращения прорыва поверхностных вод, а также прохода к обрывистым бортам скота.

Т.Н. 4. Продолжая маршрут, по дороге, выходим на северный борт карьера «Новая линза» (рис. 19), вскрывающим крупное тело тальк-магнезитовых пород. Перед нами разворачивается панорама карьера, показывающая технологию разработки с применением буровзрывных работ, экскавации с последующей вывозкой горной массы железнодорожными составами по узкоколейке на обогатительную фабрику.

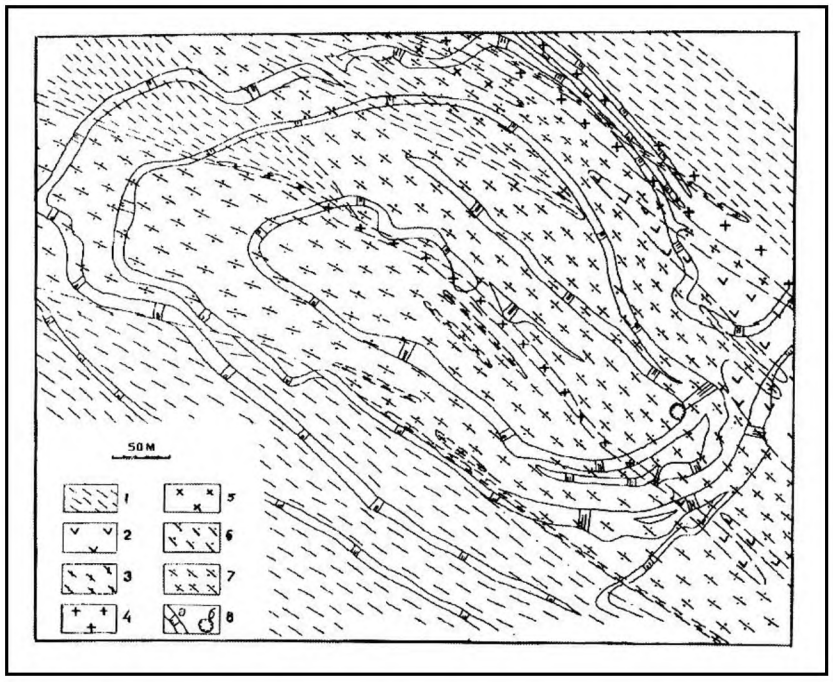


Рис. 19. Геологический план карьера «Новая линза»:
1 – сланцы; 2 – серпентиниты; 3 – амфиболиты; 4 – плагиограниты; 5 – диориты; 6 – хлоритовые метасоматиты; 7 – тальк-карбонатные породы; 8 – карьер: а - борта, б - водосборный зумф

Геологическое строение «Новой линзы» во многом схоже с таковым «Старой линзы». Отличие состоит в том, что здесь развиты дайки только среднего и кислого состава.

Т.Н.5. В западной части пос. Шабровский расположен отработанный мраморный карьер, а вблизи дороги на Б.Седельниково недавно заложен новый мраморный карьер. Он вскрывает полосу мрамора мощностью 80-90 м вдоль гранитоидов шабровской интрузии. Падение полосчатого мрамора на северо-восток под углом 70 °. Мрамор мелкозернистый, светло-серого цвета с оттенками от светло-голубого до темно-синего. Текстура неотчетливо полосчатая. Полируемость породы хорошая. В верхних горизонтах широко проявлены процессы карста. Пустоты в настоящее время заполнены глинами и бурыми железняками. На борту старого мраморного карьера расположен цех по обработке крупноблочных глыб мрамора, змеевика, гранитов и других облицовочных пород. Здесь можно ознакомиться с технологией обработки камня.

3.4. Шиловское месторождение

Шиловское месторождение более известно как меднорудное на восточной окраине пос. Медный (авт. № 185). Оно открыто в 1703 г. крестьянином И. Шиловым «со товарищами». Собственно Шиловское месторождение (рис. 21) расположено на краю поселка Медный, представлено карьером (35х15х10 м) и группой небольших горных выработок. В карьере обнажаются тела скарнов (в торцевой части карьера) на контакте габбро,

габбро-диоритов (забой слева) с мраморизованными известняками (правая часть карьера). Золотосодержащая медная минерализация наблюдается в маломощных зонах бортов карьера.

К северо-востоку от карьера на расстоянии нескольких сот метров по простиранию рудных скарнов размещаются еще несколько заросших карьеров со штольнями в их бортах и около десятка обрушенных шахт. Поэтому при движении по лесу необходимо соблюдать осторожность.

Шиловское месторождение локализуется в юго-восточном экзоконтакте Верхисетского массива гранитоидов. В этом экзоконтакте развиты сравнительно небольшие интрузии среднего-основного (от диоритов до габбро) состава. На контакте одного из них (Решетинского) с известняками сформировались скарны Шиловского месторождения. На контакте диоритов (реже габбро) с известняками развиты гранатовые, гранат-пироксеновые, гранат-эпидотовые скарны с магнетитом и наложенной медно-сульфидной минерализацией (Мурзин, Сазонов, 1990; Сазонов и др., 1994).

Месторождение локализовано в тектонической структуре с простиранием на северо-восток. Скарновые тела встречаются на всем протяжении этого разлома. Однако они вскрывались преимущественно шахтным способом. На современном этапе крепление шахт прогнило и поэтому горные выработки представляют большую опасность для посетителей.

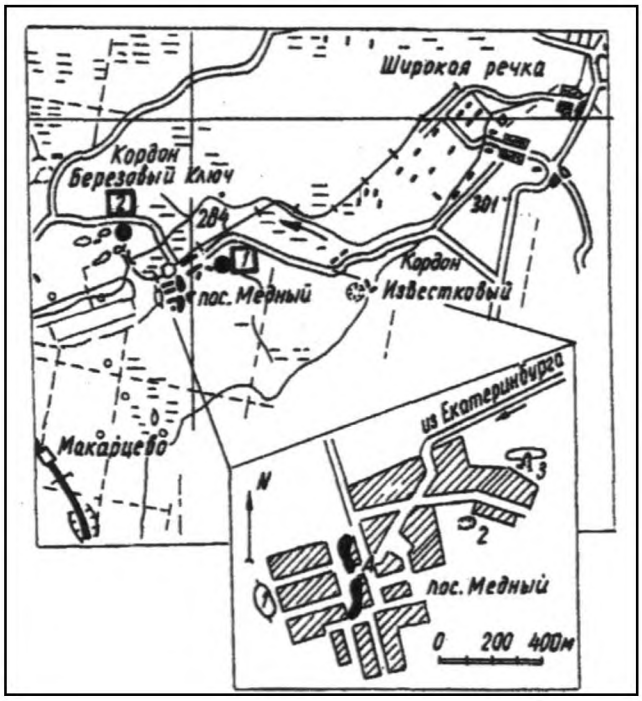


Рис. 20. Географическая схема Шиловской экскурсии:
1 — Шиловское медно-скарное месторождение;
2 — Пушкинское золоторудное месторождение.
На врезке: 1, 2 - обнажения доступные для осмотра;
3 – карьер Шиловского месторождения

Медно-магнетитовые руды отработаны практически полностью. Медно-судьфидная минерализация фиксируется в тектонических нарушениях северо-западной ориентировки, локализуясь как в скарнах, так и в пропилитизированных габбро.

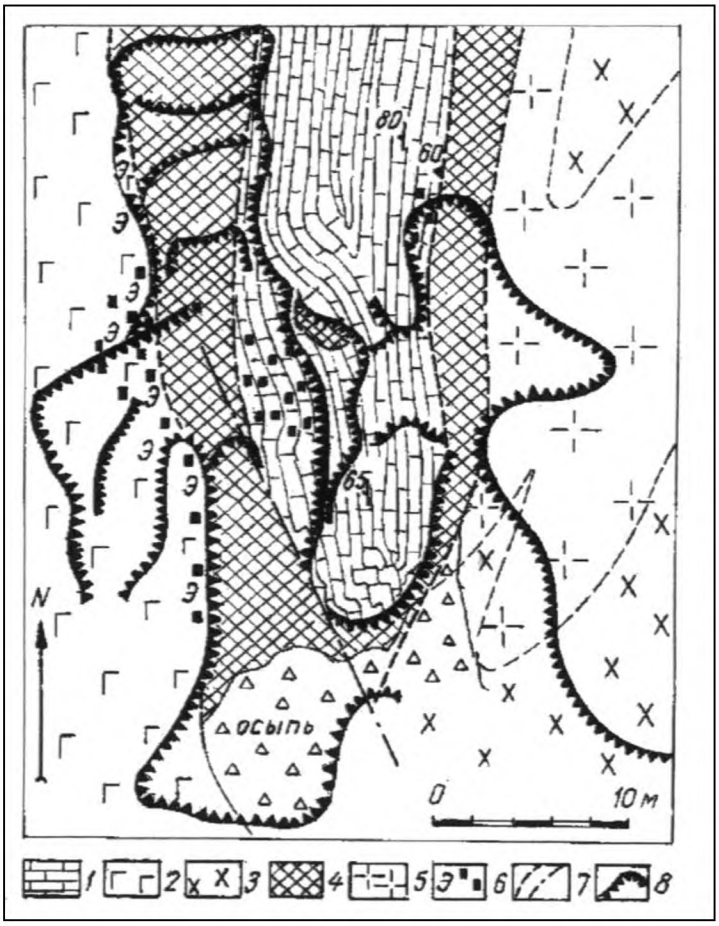


Рис. 22. Геологическая карта Шиловского месторождения:
1 – мраморизованные известняки, участками с сульфидами (черные квадраты);
2 – меланократовые габбро;
3 – диориты;
4 – скарны (гранатовые, гранат-пироксеновые, гранат-эпидотовые с магнетитом и сульфидами);
5 – грано-диориты (иногда дайки аплитов) с участками развития кварц-серицитовых метасоматитов;
6 – места развития эпидотизации (э) и сульфидизации (черные квадраты);
7 – контакты пород и разрывные нарушения; 8 – границы карьера

В скарнах выделяются участки перекристаллизованных эпидозитов, сложенные зеленым эпидотом и кальцитом.

Характерной для месторождения является повышенная (участками до промышленной) золотоносность руд. На окраине поселка можно видеть затопленные выработки на месте старательской отработки небольших золоторудных россыпей. Бассейн р. Шиловки, вдоль русла которой сейчас размещается крупный торфяник, является золотоносным.

Здесь, в окрестностях пос. Медный расположено одно из наиболее крупных на Урале месторождений торфа. Размер торфяника здесь достигает 20 квадратных километров, мощность достигает 6-9 метров. Торф древесно-осоковый, в кусках коричневого цвета, с остатками древесины и коры, главным образом березы, реже ольхи и ивы. Осоковыми формами сложена большая часть залежей торфяников, которые залегают непосредственно на магматических породах. Заторфовывание водоемов – одна из природных угроз для человека, она приводит к постепенному сокращению водоемов и последующему их исчезновению. Начало такого процесса несколько различается для озер с пологими и крутыми берегами. При зарастании болот с пологими берегами зарастание дна происходит в строгом порядке и зависит от глубины. На глубоких местах (2,0-2,5 м) поселяются водные лилии, на глубинах 1,0-1,5 м растут камыш и тростник, а прибрежных зонах – осоки. После отмирания этих растений на дне водоема отлагаются их остатки – стебли, корневища, листья. При этом лишь часть этих остатков разлагается, другая остается в полуразрушенном состоянии. Такое накопление растительных остатков со временем приводит к обмелению водоема. В дальнейшем более молодые растения вынуждены сдвигать свои ареалы обитания на большую глубину, отдаляясь от берега. В конце концов, все озеро высыхает, покрываясь осокой.

Несколько иной способ зарастания озер отмечается в случае наличия крутых берегов. При глубине прибрежных зон более 2,0 метров развитием пользуются растения, способные держаться на поверхности воды. Они прикрепляются ко дну у береговой линии и распространяют свои стебли далеко от берега. Переплетаясь между собой, стебли таких растений образуют прочную сеть, на которой могут развиваться другие растения-сателлиты. Питательной средой таких растений являются: растворенные в воде соли, мелкая пыль, попадающая в воду из атмосферы. Разрастание таких колоний растений приводит, в конечном счете, к полному покрытию всей водной поверхности озер. В процессе отмирания растительности происходит естественное обмеление водоемов и последующее их исчезновение. Однако при обмелении озера до приемлемых глубин в нем могут поселяться упомянутые выше растения, характерные для мелководных водоемов которые ускоряют процессы его исчезновения.

В связи с интенсивным проведением дренажных работ ранее заболоченные участки торфяников стали сухими. В летнее время, особенно в засушливую погоду, над торфяниками носится пыль, что является чрезвычайно

опасным в случае возгорания торфа. При такой большой мощности отложений торфа тушение сильно затруднено из-за возможности подземных пожаров. В настоящее время разработка торфа на участке Медном временно прекращена, за несколько лет площадь покрылась подлеском, который в определенной степени спасает торфяник от случайных пожаров. Торфяники поселка Медный являются главным объектом наблюдения студентов групп ЗЧС.

В данном районе, наряду с заторфовыванием озер, можно наблюдать процессы заболачивания лесов и лугов. Здесь, наряду с природными процессами, определенную роль играют техногенные процессы, связанные, прежде всего, со строительством плотин, запруд и других гидротехнических сооружений. Заболачивание связывается с созданием условий избыточной увлажненности участков, когда полезная для человека луговая или лесная растительность меняется на болотную. При этом из обращения изымается часть полезных земель

Кроме упомянутых выше процессов заболачивания культурных угодий и заторфовывания водоемов, значительную опасность на данном участке представляют собой древние шахты и глубокие шурфы, крепления которых давно прогнили. Студентам запрещается подходить близко к этим горным выработкам и заглядывать в них во избежание осыпей и провалов, что имело место в прошлом. Студентам следует напомнить некоторые правила поведения в таких участках. Все опасные участки развития старых горных выработок должны быть ограждены, а также иметь предупредительные знаки.

Кроме того, на участке Шиловского месторождения студентам следует напоминать правила противопожарной безопасности в связи с широким развитием здесь легковоспламеняющихся торфяников.

3.5. Березовское рудное поле

Березовское рудное поле расположено в 12км на северо-восток от г. Екатеринбурга. Оно является крупнейшим на Урале собственно золоторудным объектом. Ввод его в эксплуатацию (1748 г.) определил начало золотой промышленности региона, да и Российского государства в целом. Практически до конца 50-х гг. XX столетия Березовское рудное поле было крупнейшим по запасам золота в бывшем СССР. Месторождение на сегодня отрабатывается на горизонте до 520 м. Структурным бурением установлено, что в центральной и южной частях месторождения оруденение прослеживается до глубины 1 - 1,2 км.

Березовское рудное поле широко известно в мире. Оно рассматривается как классический золоторудный объект кварц-жильного типа во всех курсах полезных ископаемых практически во всем мире. Березовское месторождение представлено крупной серией даек гранитоид-порфиров, имеющих преимущественно субмеридиональное и северо-восточное, реже субширотное простирание. Большая часть даек имеет крутое (до вертикального) падение. Дайки по большей части березитизированы, вмещают «лестничные» кварцевые жилы, ориентированные по нормали к зальбандам даек. Кроме лестничных, на

месторождении развиты красичные кварцевые жилы. Последние представляют собой разновиднсти жил, вышедших из даек во вмещающие породы или же не имеющие связи с дайками иформирующиеся по тектонически ослабленным зонам (разломам), ориентированным, как правило, широтно или субширотно.

Вулканиты и вулканогенно-осадочные толщи в пределах Березовского рудного поля имеют моноклинальное залегание, полого падают на север и подразделяются на две толщи: нижнюю – чередование базальтовых лав, туфобрекчий, туффитов, кремнистых осадков, и верхнюю – диабазы. Общая мощность толщ превышает 1,2 км.

Описание маршрута

Начало маршрута — южный фланг Березовского рудного поля.

Т.Н.1. На остановке общественного транспорта «Каменные Палатки» в скальном обнажении с этим же названием можно наблюдать типичные шарташские адамеллиты, а также разноориентированные трещины, характерные для Шарташского массива в целом, горизонтальные и пологопадающие, волнисто изогнутые трещины обусловливают матрацевидную отдельность, отчетливо подчеркнутую процессами выветривания.

На примере фигур «Каменных палаток» наблюдают результаты физического выветривания в гранитах, а также продукты эоловой деятельности: ***дефляции и коррозии***. Подобные изменения потенциально можно ожидать на техногенных объектах.

Т.Н.2. Далее маршрут проходит через Шарташский щебеночный карьер. Борта карьера представлены средне-крупнозернистыми адамеллитами. Величина зерен биотита в них составляет 0,1 – 3 мм, а количество не превышает 5 – 10 % от общей массы.

Т.Н.3. Карьер расположен в северо-восточном эндоконтакте Шарташского массива адамеллитов. Здесь можно наблюдать адамеллиты, а также даечный комплекс, гранит-пегматиты и кварцевые жилы. Шарташский каменный карьер эксплуатируется как щебеночный — запасы составляют 33,6 млн. $м^3$.В бортах, а также в донной части карьера можно наблюдать дайки гранит-порфиров, лампрофиров, аплитов, пегматитов, кварцевых с калишпатом жил.

Шарташский и Изоплитовый карьеры в настоящее время разрабатываются частными предпринимателями. Значительно проще посещение «Сибирского» карьера, вскрывающего южную часть Шарташского массива. Карьер расположен вблизи Сибирского тракта (остановка автобусов № 31, 1 - «Путевка»).



Рис. 22. Сибирский карьер по добыче облицовочных блоков гранитоидов

Сибирский разрабатывает монументальные блоки для облицовки или каменных архитектурных изделий, особенно на ранних стадиях разработки.

Отбор блоков гранитоидов осуществляется газо-плазменной резкой и клиновым отслоением через серию шпуров. Данную технологию можно видеть в северном забое карьера. Здесь же можно наблюдать самую мощную (около 1 м) дайку лампрофиров, выполняющую субмеридиональную трещину скалывания. Более мелкие дайки широко развиты в южном борту карьера (рис. 24). В бортах карьера картируются многочисленные дайки кислого состава: аплиты, гранит-порфиры, пегматиты.



Рис. 23. Дайка лампрофира (справа) и пересечение двух пегматитовых прожилков (слева) в гранитоидах Сибирского карьера

Во всех карьерах, пройденных в гранитоидах, следует обратить внимание студентов на крутые борта карьеров, что возможно только в крепких, устойчивых породах. На этих же объектах следует обратить внимание на систему водоотлива, которая защищает карьеры от затопления. Продолжаем маршрут в г. Березовском.

Т.Н. 5. Расположена на северной окраине г. Березовский в районе хвостохранилища. Здесь на правом берегу р. Пышмы высятся отходы от обогащения золотосодержащих руд. Отходы представлены тонко- и мелкозернистым кварцевым материалом. На хвостохранилище хорошо наблюдаются процессы ветровой и дождевой эрозии. В ветреную погоду поднимается кварцевая пыль, которая может вызвать у человека болезнь, известную под названием силикоз.

В данном маршруте в окрестностях г. Березовского для студентов специальности ЗЧС следует особое внимание обратить на провалы, которые расположены над шахтными полями. Здесь категорически нельзя вести строительство жилых зданий и сооружений. Обратить внимание на возможностях защиты таких территорий от потенциальной угрозы провалов.

3.6. Гора Хрустальная

На Среднем Урале в южной эндоконтактовой части Верх-Исетского гранитоидного массива расположен ряд крупных месторождений стекловидного и молочно-белого кварца.

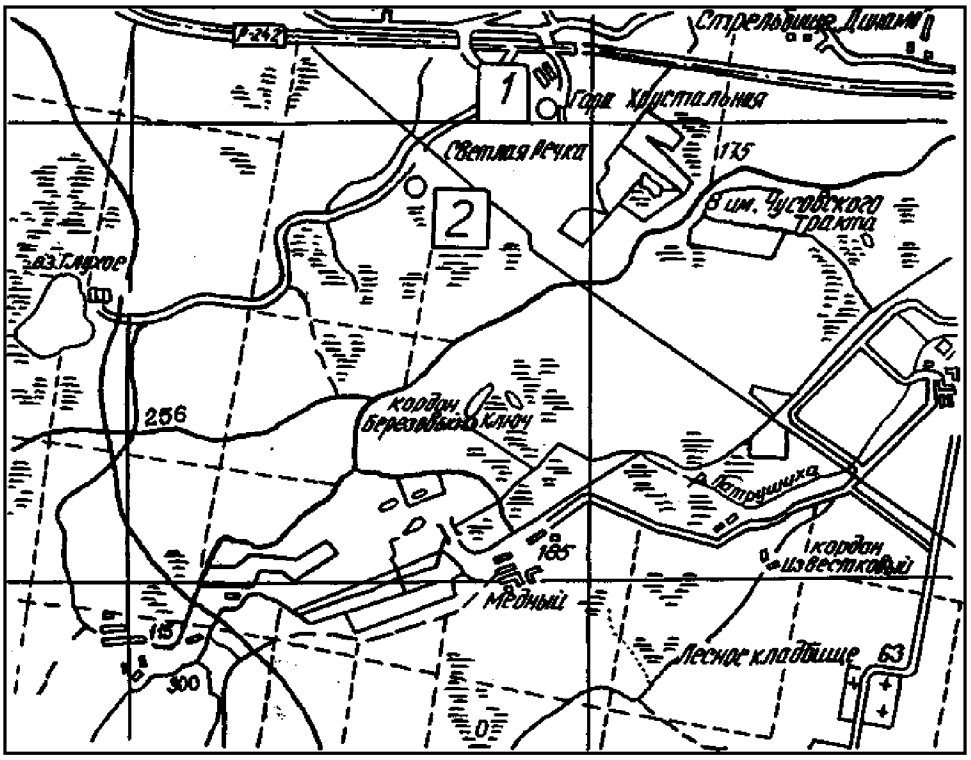


Рис. 24. Географическая схема размещения месторождений кварцевого сырья

Наиболее значительными и разведанными из них являются гора Хрустальная (1) и Светлореченское (2).

Кварц является наиболее распространенным минералом в природе, на описываемых месторождениях содержит большое количество минеральных и газово-жидких включений, довольно сильно «загрязнен» химически. В основном используется для варки различных специальных стекол, в качестве шихты для выращивания искусственных кристаллов кварца, в качестве заполнителя фильтров водоочистки, для футеровки различных агрегатов, в строительстве и для других нужд. При желании и дополнительных затратах всегда можно выбрать участки кварца, пригодные и для более ответственных назначений, но обычно это пока экономически нецелесообразно.

Понятие «молочно-белый кварц» сложилось исторически и не несет генетической или минералогической информации, в какой-то мере определяя лишь его замутненность газово-жидкими включениями.

Район месторождений характеризуется напряженной структурно-тектонической обстановкой. Восточная часть южного замыкания Верх-Исетского гранитоидного массива разбита многочисленными различно ориентированными тектоническими нарушениями преимущественно субмеридионального простирания. В эндоконтактовой зоне главного тела Верх-Исетского гранитоидного массива почти повсеместно развиты гранитоиды повышенной основности – диориты, кварцевые диориты, залегающие среди биотит-амфиболовых гнейсов. Возраст гранитоидов установлен как позднепалеозойский, т. к. они прорывают все породы района. Это подтверждается и определением абсолютного возраста (260-340 млн. лет).

Месторождение горы Хрустальной представляет собой (Оболкин, 1981) крупное тело, вытянутое на 370-380 м в СВ (330-340 °) направлении. Форма его каплевидная в плане и неправильная в разрезе (рис. 26).

На глубину месторождение имеет тупое выклинивание с пологим падением (погружением) ЮЗ контакта к СВ под углом 8-10 °. Падение восточного контакта жильного тела крутое (75-90 °) к востоку, западный контакт до гор. 310-270 м падает к западу. Длина тела по вертикали непостоянная и колеблется от 90 м в его западной части до 190 м восточной. Ширина тела достигает 140 м.

Восточный контакт тела четкий крутопадающий (75-90 °) и контролируется тектоническим нарушением, западный контакт имеет более сложную конфигурацию, обусловленную заполнением пегматоидным и кварцевым материалом крупноглыбовой зоны брекчирования в диоритах.

Породы западного блока представлены сильно метаморфизованными диоритами. В них встречается тонкая и редкая вкрапленность пирита и халькопирита, а темноцветный минерал превращен в агрегат мелкочешуичатого биотита.

В породах восточного блока наблюдаются метасоматические образования, состоящие из биотита (флогопита), хлорита и тальковых сланцев, образованных по серпентинитам.

В жильном кварце месторождения выявлено и исследовано 22 минерала, являющихся вредными примесями: сера самородная, пирит, рутил, брусит, псиломелан, гематит, гидрогетит, апатит, графит, опал, магнетит, серицит, флогопит, альмандин, эпидот, мусковит, биотит, хлорит, актинолит, микроклин, калишпат, кальцит.

По степени минерализации кварц месторождения разделяется на две природные разновидности: мономинеральный или слабоминерализованный (до 8 %) и сильноминерализованный (более 8 %). По данным минералогических анализов (60 проб), содержание твердых минералогических примесей в первом типе кварце в среднем составляет 1,1 %, а во втором – 16,1 %.



Рис.25. Панорама Светлореченского месторождения кварца.
Кварцевая жила светлого оттенка

Другой характерной особенностью жильного кварца месторождения горы Хрустальной является его разлистованность. Впервые это подробно описано Г. Н. Вертушковым в начале 40-х годов и объяснено разлистованием кварца по плоскостям срастания полисинтетических бразильских двойников.

Кварц месторождения горы Хрустальной содержит значительное количество газово-жидких включений. Большинство из них располагаются в системах трещин и являются вторичными.

Светлореченское месторождение жильного кварца расположено в юго-восточной части Верх-Исетского антиклинория. Данные разведочных работ показывают, что месторождение имеет зональное строение. Внешняя зона представлена пегматоидной породой, иногда с выделением в них кристаллов мусковита и калиевого шпата, размером от 1 до 5 см и измененными окварцованными диоритами, представляющими собой эруптивную брекчию, внутренняя – сложена массивным кварцем (кварцевое ядро).

Кварцевое ядро представляет собой крупное тело, простирающееся в северо-западном (330 °) направлении на 300 м.

Выклинивание жильного тела по простиранию в северо-западной и юго-восточной частях. А восточный и западный контакты падают в разные стороны (рис. 26). На глубину тело имеет тупое выклинивание с пологим юго-восточным падением (погружением) под углом 5-10 °. Форма тела линзовидная в плане и приближающаяся к трапециевидной в разрезе.

Восточный и западный контакт тела четкий и контролируется тектоническими нарушениями. Кварцевое тело рассечено системами трещин, в основном северо-западного и северо-восточного простирания с углами падения 30-70 °. Трещины обычно ожелезнены. В кварцевом ядре, особенно в нижнем эндоконтакте, достаточно много ксенолитов вмещающих пород, представленных диоритами и мусковитизированными гранитами. Размеры их достигают 7,5х30 м. Длинные оси ориентированы по простиранию тела параллельно его нижнему контакту.

Кварцевое ядро сложено кварцем светло-серого, серого, белого или дымчато-серого цвета с участками прозрачного или полупрозрачного кварца. Структура кварца среднезернистая, местами крупнозернистая до гигантозернистой. Текстура массивная, реже сланцеватая. Последняя, обусловлена разлистованием кварца по плоскостям срастания полисинтетических бразильских двойников.

Длина тела по вертикали не постоянна и колеблется от 120 м в его центральной части, постепенно уменьшаясь, до 20 м в направлении северного выклинивания и до 80 м в направлении южного выклинивания. Ширина тела достигает 140 м.

В кварце месторождения выявлены и исследованы 17 минералов, являющихся вредными примесями: группа полевых шпатов (в основном микроклин), кальцит, мусковит, биотит, альмандин, хлорит, эпидот, лимонит, гематит, пирит, актинолит, молибденит, пиролюзит, графит, турмалин, рутил, сфен. Наиболее распространены микроклин, мусковит, биотит, эпидот, лимонит, актинолит, кальцит.

Кварц Светлореченского месторождения содержит значительное количество газово-жидких включений. Большинство из них располагаются в системах трещин и являются вторичными. Гораздо реже встречаются первичные включения, которые в основном сгруппированы по зонам роста

индивидов. Их цепочки косо ориентированы по плоскостям трещин с вторичными включениями.

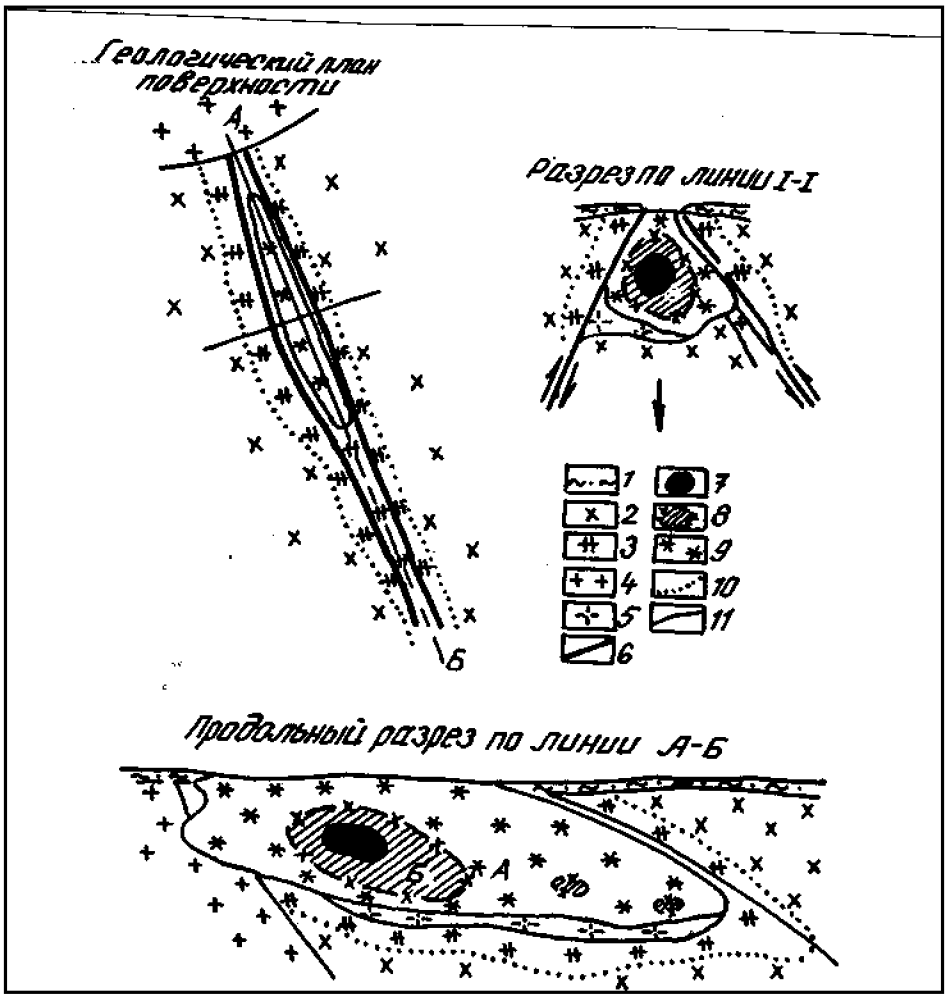


Рис. 26. Геологическое строение Светлореченского месторождения

Условные обозначения:

1 - рыхлые отложения; 2 - диориты; 3 - диориты окварцованные, полевошпатизированные, мусковитизированные, аплитовой структуры; 4 -граниты биотитовые; 5 - пегматиты; 6 - тектонические нарушения; 7-9 - зоны распространения кварца с различным коэффициентом светопропускания, 10 - граница изменения диоритов; 11 - геологические границы.

Характерной особенностью локализации крупных месторождений жильного кварца является их приуроченность к большим тектоническим нарушениям (месторождение горы Хрустальной) или тектоническим нарушениям, оперяющим под острым углом более мощную тектоническую зону (Светлореченское месторождение).

Формирование кварцевых тел происходило путем многократного раскрытия и заполнения трещин, образующихся при перемещении и расхождении блоков вмещающих пород и кристаллизации кварца в трещинных полостях в тектонически ослабленных зонах. Полученные результаты показывают несомненную связь крупных кварцевых месторождений с

тектоническими нарушениями южного обрамления Верх-Исетского гранитоидного массива.

Наиболее важными объектами наблюдения на участке с позиций специальности «Защита в чрезвычайных ситуациях» являются процессы формирования коры выветривания по породам различной устойчивости. Кварцевое тело в силу большой прочности образует в рельефе гребневидное тело, в то время как рыхлые продукты выветривания по измененным диоритам создают понижения в рельефе. Следует отметить, как меняется уровень обводненности карьера в зависимости от работы откачных насосов. С месторождениями кварца следует знакомить также как с объектами народнохозяйственного значения. Кварц данных месторождений потенциально может стать объектом получения особо чистого сырья – ценного продукта современных технологий. На промплощадке следует знакомить студентов с технологиями получения кварцевой продукции.

3.7. Билимбаевское месторождение

Участок расположен в 3,5 км южнее от г. Билимбай Свердловской области. От железнодорожной станции Билимбай карьер расположен в 7 км на восток. Добыча известняка ведется здесь, главным образом в Галкинском карьере, который в плане имеет изометричную форму, высота его бортов составляет около 20 метров.

Участок исследований расположен в Улсовско-Билимбаевской складчато-блоковой зоне, разделяющей два антиклинория: Уфалейский и Вишерско-Чусовской, которые, в свою очередь, входят в пределы Центрально-Уральского поднятия.

Галкинский карьер вскрывает известняки Билимбаевской свиты ордовикской системы. В разрезе свиты, кроме упомянутых известняков встречаются также: слабо метаморфизованные породы (филлиты), алевролиты, эффузивные образования. В известняках встречается фауна ордовикского возраста – остатки морских лилий, головоногих моллюсков. В известняках отмечаются находки остатков флоры в виде битуминозных примесей. Известняки в карьере сильно трещиноваты, преобладают разрывы с юго-восточными и юго-западными падениями. Углы падения пологие – 23-37 градусов. Мощность мезозойских пород, слагающих породы вскрыши составляет 4-5 метров, однако на отдельных участках она возрастает до 30-40 метров.

Известняки состоят преимущественно из кальцита – $CaCO_3$. Изредка встречается примесь доломита. Содержание двух минералов в породе составляет более 99,0 %, поэтому они представляют высококачественное флюсовое сырье для металлургической промышленности. Окраска известняков светлая, светло-серая, примеси железа местами придают породе рыжую окраску.

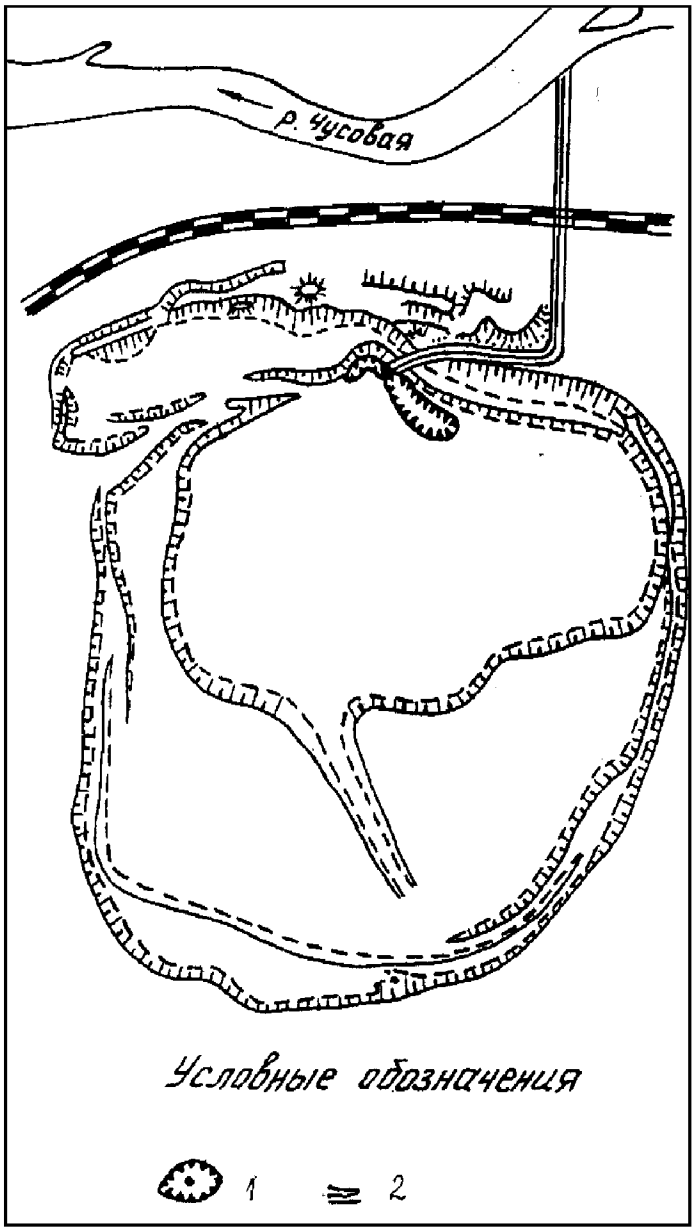


Рис. 27. План Галкинского карьера
Условные обозначения: 1 – зумпф карьера, 2 – водоотлив

Состав пород в карьере, а также обильные водопритоки создают на этом участке условия для карстовых процессов, которые здесь наблюдаются в изобилии. Следует, однако, отметить, что на поверхности пород чаще отмечаются суффозионные процессы, связанные с вымыванием (выносом) механических частиц фильтрующейся водой, что сопровождается оседанием пород с образованием провалов и воронок. Такая суффозия называется механической, при химическом растворении ее называют химической и в этом случае растворимая часть породы выносится в виде раствора.

Внимание студентов обращается на многочисленных следах начальных процессов суффозии, проявленных в геоморфологи. Делается акцент на различиях карстовой и суффозионной деятельности в различных по литологии породах.



Рис. 28. Вид северо-восточного борта Галкинского карьера

Закарстованность района Галкинского карьера составляет на поверхности около 25 %, с глубиной она уменьшается и к глубине 100 м практически не фиксируется. Под закарстованностью принимают соотношение закарстованных площадей участка к его общей, суммарной, площади. Снижение общей закарстованности с глубиной обусловлено несколькими причинами. Главная из них – снижение количества трещин и их объема по мере увеличения глубины, что, в свою очередь, снижает объем циркулирующей воды, а также скорость ее движения. Заполнителями карстовых полостей являются глины и суглинки, а также щебень и песок. Форма пустот клиновидная со сужением вниз.

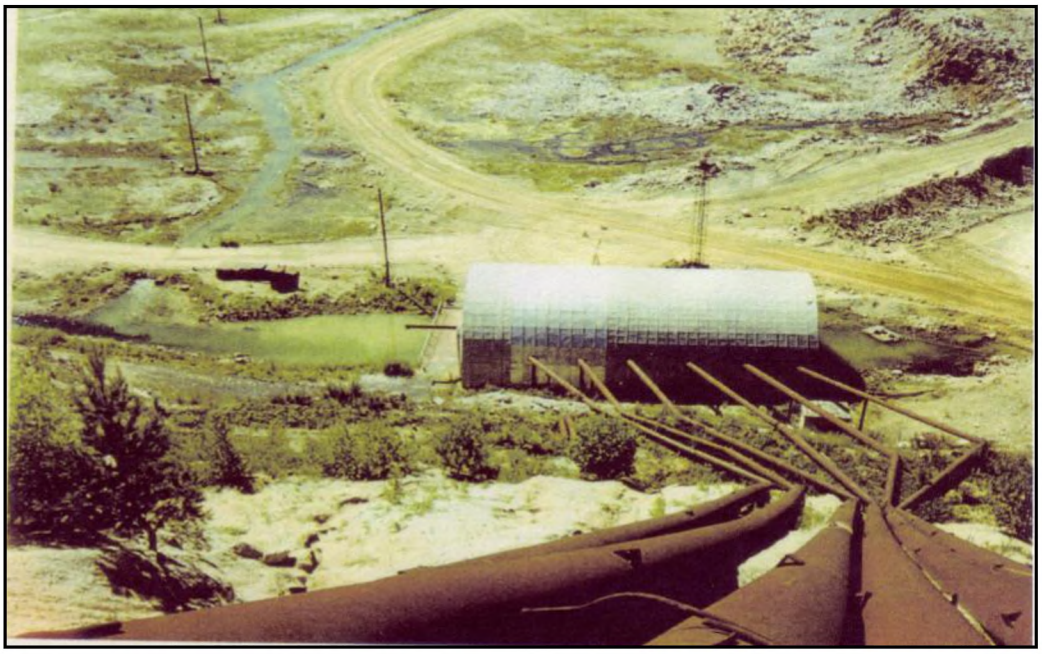


Рис 29. Система осушения Галкинского карьера: водосборные канавы, зумпф, модуль с насосами и водопроводные трубы

Водопроницаемость известняков близка нулю, поэтому обводненность карьера имеет трещинный характер. Общий водоприток в карьере составляет около 1500 м^3/час, однако, в настоящее время ежегодно он постепенно возрастает, в связи с изменением технологии процесса добычи и привлечения водных ресурсов из р. Чусовой. Плотность известняков составляет 2,70 г/см^3, временное сопротивление одноосному сжатию перпендикулярно слоистости – 130,0 МПа, а параллельно слоистости – до 55,0 МПа.

Известняки светло-серого цвета, часто массивной текстуры, скрытокристаллической структуры. Иногда отмечается мелкокристаллическая структура, которая фиксирует локальные участки слабого метаморфизма пород. В таких случаях в прослоях терригенных пород отмечаются переходы к филлитовидным разностям. В зонах наименее метаморфизованных пород можно встретить фауну ордовикского возраста. Элементы залегания известняков определяются с трудом. Такая возможность представляется благодаря наличию прослоев терригенных пород: алевролитов, алевропесчаников, реже – вулканитов.

Осушение карьера производится методом поверхностного дренажа, который включает в себя дренажные канавы и зумпф, куда вода стекается самотеком. Накопленная таким образом вода затем поднимается насосами вверх и сбрасывается в Чусовую. Перепад уровней воды в зумпфе карьера и реке Чусовой составляет 28 м.

В окрестностях Галкинского карьера, в поле развития известняков наблюдаются многочисленные воронки – небольшие карстовые провалы, фиксирующие начало карстообразования (рис. 31). Размер воронок различный, иногда не превышающий 1 метра. Как показывают результаты наблюдений, образование наблюдаемых воронок «молодого» карста началось сравнительно недавно и, по всей вероятности, увязывается с началом работ карьера. В данном маршруте студенты знакомятся с процессами суффозии и карста, производят локальное картирование воронок и описывают их. Для закрепления навыков работы с горным компасом здесь, в карьере, проводится массовый замер трещин с последующим построением розы-диаграммы трещиноватости.

На участке студенты знакомятся также с системой водоотлива, осушения месторождения. Характерной особенностью этого района являются многочисленные оползни, на которых можно наблюдать «пьяный лес». В самом карьере студенты знакомятся с характером выветривания известняков и других пород. При этом продукты всех этих процессов рекомендуется тщательно документировать, некоторые элементы – фотографировать и делать зарисовки.



Рис. 31. Свежая суффозионная воронка на левобережной пойменной террасе р. Чусовой, в 50 м от русла

3.8. Суффозионные процессы вдоль линий метро

Маршрут проходит непосредственно в пределах городской черты, сначала вдоль ул. 8-е Марта, где наблюдаются многочисленные разрушения домов, которые обтянуты стальными конструкциями. Начало маршрута на перекрестке улиц 8-е Марта и Декабристов. Наибольшему разрушению здесь подвергся старый дом с магазином «Гастроном», который стоит на ветке строящегося метро между станциями «Геологическая» и «Бажовская».

При движении к центру города студенты наблюдают здание сравнительно недавно построенного цирка, которое несет следы многочисленных реконструкций, призванных укрепить постройку. Причины деформаций в здании цирка могут объясняться двумя причинами. С одной стороны, строение стоит в непосредственной близости от сложной развязки двух веток метро, а, с другой – цирк, расположенный на контакте с активно живущим разломом, который расположен по руслу реки Исеть.

Инженерные меры защиты предприняты к старому зданию на перекрестке улиц 8-е Марта – Куйбышева. Как и в других местах, здесь здание «обвязано» стальным каркасом для предотвращения его дальнейшего развала.

Далее студенты наблюдают суффозионные процессы на западном берегу городского пруда. Каменная ограда пруда в нижней части в значительной степени разрушена. На улице Набережная рабочей молодежи видны следы

нового асфальта, закрывающего трещины, появившиеся в результате формирования оползневых процессов вдоль западного берега городского пруда.

Далее маршрут проходит между станциями метро «Уральская» и «Динамо». Вследствие процессов осушения, понижения уровня подземных вод, вдоль линии метро развиваются суффозионные процессы, которые приводят к многочисленным деформациям зданий и сооружений. Водопонижение осуществляется здесь с 1993 года с помощью 5 скважин диаметром 890 мм и насосами. Снижение уровня грунтовых вод привело к развитию суффозионных процессов, которые осуществляются путем механического выноса частиц фильтрующейся водой. Через некоторое время этот процесс привел к образованию пустот и полостей, что, в свою очередь, привело к проседанию зданий и сооружений и их видимых деформаций. Для спасения домов применены инженерные меры защиты, многочисленные стяжки.

Опасные явления природного и техногенного характера можно наблюдать в самом центре города, в районе городской «плотинки». На западном берегу городского пруда, на уровне поверхности воды наблюдаются процессы подмыва берега, что грозит обвалом чугунной ограды. Особенно хорошо заметны эти процессы зимой, когда наблюдения можно вести в непосредственной близости со льда. В 150 метрах от «плотинки» на север, в районе городского драмтеатра берег пруда укреплен бетонным сооружением.

В основании городской «плотинки» расположены две арки, одна из них недавно укреплена бетоном, в ней сделан переход. Другая арка, расположенная со стороны площади 1905 года, находится в аварийном состоянии. Только благодаря арочной конструкции потолки в ней не обрушиваются.

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Паняк С.Г. Динамическая геология. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. 280 с.

Огородников В.Н., Поленов Ю.А., Григорьев В.В., Паняк С.Г., Дубейковский С.Г. Учебная геологическая практика. Изд-во УГГГА, Екатеринбург, 1995. 223 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Огородников В.Н., Сазонов В.Н., Поленов Ю.А. Геологические маршруты по Екатеринбуржью. Изд-во УГГГА, Екатеринбург, 1997. 227 с.

Стефан Григорьевич Паняк
Татьяна Сергеевна Бобина

УЧЕБНАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА

Учебное пособие

для студентов специальности
21.05.04 – «Горное дело» (ГД)

Корректура кафедры геологии и защиты в чрезвычайных ситуациях

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат 60x84 1/16. Печать на ризографе.
Печ. л. 6.0. Уч.- изд. л. 5.8. Тираж 100 экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский государственный горный университет
Лаборатория множительной техники

МИНОБРНАУКИ РОССИЙ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Председатель учебно-методического комиссии _____ С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

ФТД.В.01 ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ТРУДА

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Технологическая безопасность и горноспасательное дело

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией
Управление персоналом	Горнотехнологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____ *(подпись)*	Председатель _____ *(подпись)*
Абрамов С.М.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 10.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……..…3

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ…….……..….6

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ……..…8

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ……..12

ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ……...……...….13

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ……...…..28

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа в высшем учебном заведении - это часть учебного процесса, метод обучения, прием учебно-познавательной деятельности, комплексная целевая стандартизованная учебная деятельность с запланированными видом, типом, формами контроля.

Самостоятельная работа представляет собой плановую деятельность обучающихся по поручению и под методическим руководством преподавателя.

Целью самостоятельной работы студентов является закрепление тех знаний, которые они получили на аудиторных занятиях, а также способствование развитию у студентов творческих навыков, инициативы, умению организовать свое время.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- предполагает освоение курса дисциплины;
- помогает освоению навыков учебной и научной работы;
- способствует осознанию ответственности процесса познания;
- способствует углублению и пополнению знаний студентов, освоению ими навыков и умений;
- формирует интерес к познавательным действиям, освоению методов и приемов познавательного процесса,
- создает условия для творческой и научной деятельности обучающихся;
- способствует развитию у студентов таких личных качеств, как целеустремленность, заинтересованность, исследование нового.

Самостоятельная работа обучающегося выполняет следующие функции:

- развивающую (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей студентов);
- информационно-обучающую (учебная деятельность студентов на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной);
- ориентирующую и стимулирующую (процессу обучения придается ускорение и мотивация);
- воспитательную (формируются и развиваются профессиональные качества бакалавра и гражданина);
- исследовательскую (новый уровень профессионально-творческого мышления).

Организация самостоятельной работы студентов должна опираться на определенные требования, а, именно:

- сложность осваиваемых знаний должна соответствовать уровню развития студентов;
- стандартизация заданий в соответствии с логической системой курса дисциплины;
- объем задания должен соответствовать уровню студента;
- задания должны быть адаптированными к уровню студентов.

Содержание самостоятельной работы студентов представляет собой, с одной стороны, совокупность теоретических и практических учебных заданий, которые должен выполнить студент в процессе обучения, объект его деятельности; с другой стороны - это способ деятельности студента по выполнению соответствующего теоретического или практического учебного задания.

Свое внешнее выражение содержание самостоятельной работы студентов находит во всех организационных формах аудиторной и внеаудиторной деятельности, в ходе самостоятельного выполнения различных заданий.

Функциональное предназначение самостоятельной работы студентов в процессе лекций, практических занятий по овладению специальными знаниями заключается в самостоятельном прочтении, просмотре, прослушивании, наблюдении, конспектировании, осмыслении, запоминании и воспроизведении определенной информации. Цель и планирование самостоятельной работы студента определяет преподаватель. Вся информация осуществляется на основе ее воспроизведения.

Так как самостоятельная работа тесно связана с учебным процессом, ее необходимо рассматривать в двух аспектах:

1. аудиторная самостоятельная работа – практические занятия;

2. внеаудиторная самостоятельная работа – подготовка к практическим занятиям (в т.ч. подготовка к практико-ориентированным заданиям и др.).

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;

- уровень образования и степень подготовленности студентов;

- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

Таким образом, самостоятельная работа студентов является важнейшей составной частью процесса обучения.

Методические указания по организации самостоятельной работы и задания для обучающихся по дисциплине «*Технологии интеллектуального труда*» обращают внимание студента на главное, существенное в изучаемой дисциплине, помогают выработать умение анализировать явления и факты, связывать теоретические положения с практикой, а также облегчают подготовку к сдаче *зачета*.

Настоящие методические указания позволят студентам самостоятельно овладеть фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности, и направлены на формирование компетенций, предусмотренных учебным планом поданному профилю.

Видами самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «*Технологии интеллектуального труда*» являются:

- самостоятельное изучение тем курса (в т.ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);

- подготовка к практическим (семинарским) занятиям (в т.ч. ответы на вопросы для самопроверки, подготовка к выполнению практико-ориентированных заданий);

- подготовка к зачету.

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Особенности информационных технологий для людей с ограниченными возможностями.

Информационные технологии
Универсальный дизайн
Адаптивные технологии

Тема 2. Тифлотехнические средства/ Сурдотехнические средства/ Адаптивная компьютерная техника (Материал изучается по подгруппам в зависимости от вида ограничений здоровья обучающихся)

Брайлевский дисплей
Брайлевский принтер
Телевизионное увеличивающее устройство
Читающая машина
Экранные лупы
Синтезаторы речи
Ассистивные тифлотехнические средства
Ассистивные сурдотехнические средства
Адаптированная компьютерная техника
Ассистивные технические средства

Тема 3. Дистанционные образовательные технологии

Дистанционные образовательные технологии
Иинформационные объекты

Тема 4. Интеллектуальный труд и его значение в жизни общества

Система образования
Образовательная среда вуза
Интеллектуальный труд
Интеллектуальный ресурс
Интеллектуальный продукт

Тема 5. Развитие интеллекта – основа эффективной познавательной деятельности

Личностный компонент
Мотивационно-потребностный компонент
Интеллектуальный компонент
Организационно-деятельностный компонент
Гигиенический компонент
Эстетический компонент
Общеучебные умения
Саморегуляция

Тема 6. Самообразование и самостоятельная работа студента – ведущая форма умственного труда.

Самообразование
Самостоятельная работа студентов
Технологии интеллектуальной работы
Технологии групповых обсуждений

Тема 7. Технологии работы с информацией студентов с ОВЗ и инвалидов

Традиционные источники информации
Технологии работы с текстами
Технологии поиска, фиксирования, переработки информации
Справочно-поисковый аппарат книги
Техника быстрого чтения
Реферирование
Редактирование
Технология конспектирования
Методы и приемы скоростного конспектирования

Тема 8. Организация научно-исследовательской работы

Доклад
Реферат
Курсовая работа
Выпускная квалификационная работа
Техника подготовки работы
Методика работы над содержанием Презентация

Тема 9. Тайм-менеджмент

Время
Планирования времени
Приемы оптимизации распределения времени

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ

Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка рекомендуемой литературы к дисциплине. При работе с книгой необходимо научиться правильно ее читать, вести записи. Самостоятельная работа с учебными и научными изданиями профессиональной и общекультурной тематики– это важнейшее условие формирования научного способа познания.

Основные приемы работы с литературой можно свести к следующим:

• составить перечень книг, с которыми следует познакомиться;

• перечень должен быть систематизированным;

• обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и выпускных квалификационных работ это позволит экономить время);

• определить, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть;

• при составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями, которые помогут сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время;

• все прочитанные монографии, учебники и научные статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц);

• если книга – собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора;

• следует выработать способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать). Таким образом, чтение текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации.

От того, насколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия. Грамотная работа с книгой, особенно если речь идет о научной литературе, предполагает соблюдение ряда правил, для овладения которыми необходимо настойчиво учиться. Это серьёзный, кропотливый труд. Прежде всего, при такой работе невозможен формальный, поверхностный подход. Не механическое заучивание, не простое накопление цитат, выдержек, а сознательное усвоение прочитанного, осмысление его, стремление дойти до сути – вот главное правило. Другое правило – соблюдение при работе над книгой определенной последовательности. Вначале следует ознакомиться с оглавлением,

содержанием предисловия или введения. Это дает общую ориентировку, представление о структуре и вопросах, которые рассматриваются в книге.

Следующий этап – чтение. Первый раз целесообразно прочитать книгу с начала до конца, чтобы получить о ней цельное представление. При повторном чтении происходит постепенное глубокое осмысление каждой главы, критического материала и позитивного изложения; выделение основных идей, системы аргументов, наиболее ярких примеров и т.д. Непременным правилом чтения должно быть выяснение незнакомых слов, терминов, выражений, неизвестных имен, названий. Студентам с этой целью рекомендуется заводить специальные тетради или блокноты. Важная роль в связи с этим принадлежит библиографической подготовке студентов. Она включает в себя умение активно, быстро пользоваться научным аппаратом книги, справочными изданиями, каталогами, умение вести поиск необходимой информации, обрабатывать и систематизировать ее.

Выделяют четыре основные установки в чтении текста:

- информационно-поисковая (задача – найти, выделить искомую информацию);
- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить, как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);
- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);
- творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к тексту связано существование и нескольких видов чтения:

- библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;
- просмотровое – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;
- ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц; цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;
- изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;
- аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач.

Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым, или, в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной и научной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках образовательной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с текстом. Научная методика работы с литературой предусматривает также ведение записи прочитанного. Это позволяет привести в систему знания, полученные при чтении, сосредоточить внимание на главных положениях, зафиксировать, закрепить их в памяти, а при необходимости вновь обратиться к ним.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала.

Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного. Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Как правильно составлять конспект? Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта. Выделите главное, составьте план, представляющий собой перечень заголовков, подзаголовков, вопросов, последовательно раскрываемых затем в конспекте. Это первый элемент конспекта. Вторым элементом конспекта являются тезисы. Тезис - это кратко сформулированное положение. Для лучшего усвоения и запоминания материала следует записывать тезисы своими словами. Тезисы, выдвигаемые в конспекте, нужно доказывать. Поэтому третий элемент конспекта - основные доводы, доказывающие истинность рассматриваемого тезиса. В конспекте могут быть положения и примеры. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли. При оформлении

конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Конспектирование –наиболее сложный этап работы. Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы. Конспект ускоряет повторение материала, экономит время при повторном, после определенного перерыва, обращении к уже знакомой работе. Учитывая индивидуальные особенности каждого студента, можно дать лишь некоторые, наиболее оправдавшие себя общие правила, с которыми преподаватель и обязан познакомить студентов:

1. Главное в конспекте не объем, а содержание. В нем должны быть отражены основные принципиальные положения источника, то новое, что внес его автор, основные методологические положения работы. Умение излагать мысли автора сжато, кратко и собственными словами приходит с опытом и знаниями. Но их накоплению помогает соблюдение одного важного правила – не торопиться записывать при первом же чтении, вносить в конспект лишь то, что стало ясным.

2. Форма ведения конспекта может быть самой разнообразной, она может изменяться, совершенствоваться. Но начинаться конспект всегда должен с указания полного наименования работы, фамилии автора, года и места издания; цитаты берутся в кавычки с обязательной ссылкой на страницу книги.

3. Конспект не должен быть «слепым», безликим, состоящим из сплошного текста. Особо важные места, яркие примеры выделяются цветным подчеркиванием, взятием в рамочку, оттенением, пометками на полях специальными знаками, чтобы можно было быстро найти нужное положение. Дополнительные материалы из других источников можно давать на полях, где записываются свои суждения, мысли, появившиеся уже после составления конспекта.

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ

Практико-ориентированные задания выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций. Это могут быть ситуации, требующие применения умений и навыков, специфичных для соответствующего профиля обучения (знания содержания предмета), ситуации, требующие организации деятельности, выбора её оптимальной структуры личностно-ориентированных ситуаций (нахождение нестандартного способа решения).

Кроме этого, они выступают средством формирования у студентов умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач. Они строятся на основе ситуаций, возникающих на различных уровнях осуществления практики и формулируются в виде производственных поручений (заданий).

Под практико-ориентированными заданиями понимают задачи из окружающей действительности, связанные с формированием практических навыков, необходимых в повседневной жизни, в том числе с использованием элементов производственных процессов.

Цель практико-ориентированных заданий – приобретение умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Задачи практико-ориентированных заданий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний студентов при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- обучение приемам решения практических задач;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Важными отличительными особенностями практико-ориентированных задания от стандартных задач (предметных, межпредметных, прикладных) являются:

- значимость (познавательная, профессиональная, общекультурная, социальная) получаемого результата, что обеспечивает познавательную мотивацию обучающегося;
- условие задания сформулировано как сюжет, ситуация или проблема, для разрешения которой необходимо использовать знания из разных разделов основного предмета, из другого предмета или из жизни, на которые нет явного указания в тексте задания;

- информация и данные в задании могут быть представлены в различной форме (рисунок, таблица, схема, диаграмма, график и т.д.), что потребует распознавания объектов;

- указание (явное или неявное) области применения результата, полученного при решении задания.

Кроме выделенных четырех характеристик, практико-ориентированные задания имеют следующие:

1. по структуре эти задания – нестандартные, т.е. в структуре задания не все его компоненты полностью определены;

2. наличие избыточных, недостающих или противоречивых данных в условии задания, что приводит к объемной формулировке условия;

3. наличие нескольких способов решения (различная степень рациональности), причем данные способы могут быть неизвестны учащимся, и их потребуется сконструировать.

При выполнении практико-ориентированных заданий следует руководствоваться следующими общими рекомендациями:

- для выполнения практико-ориентированного задания необходимо внимательно прочитать задание, повторить лекционный материал по соответствующей теме, изучить рекомендуемую литературу, в т.ч. дополнительную;

- выполнение практико-ориентированного задания включает постановку задачи, выбор способа решения задания, разработку алгоритма практических действий, программы, рекомендаций, сценария и т. п.;

- если практико-ориентированное задание выдается по вариантам, то получить номер варианта исходных данных у преподавателя; если нет вариантов, то нужно подобрать исходные данные самостоятельно, используя различные источники информации;

- для выполнения практико-ориентированного задания может использоваться метод малых групп. Работа в малых группах предполагает решение определенных образовательных задач в рамках небольших групп с последующим обсуждением полученных результатов. Этот метод развивает навыки сотрудничества, достижения компромиссного решения, аналитические способности.

ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ

1. В соответствии с опросником «Саморегуляция» (ОС) (модификация методики А.К. Осницкого) оцените свои качества, возможности, отношение к деятельности в протоколе (132 высказывания) по 4-х бальной шкале: 4 балла – да; 3 балла – пожалуй да; 2 балла – пожалуй нет; 1 балл – нет.

Текст опросника

1. Способен за дело приниматься без напоминаний.
2. Планирует, организует свои дела и работу.
3. Умеет выполнить порученное задание.
4. Хорошо анализирует условия.
5. Учитывает возможные трудности.
6. Умеет отделять главное от второстепенного.
7. Чаще всего избирает верный путь решения задачи.
8. Правильно планирует свои занятия и работу.
9. Пытается решить задачи разными способами.
10. Сам справляется с возникающими трудностями.
11. Редко ошибается, умеет оценить правильность действий.
12. Быстро обнаруживает свои ошибки.
13. Быстро находит новый способ решения.
14. Быстро исправляет ошибки.
15. Не повторяет ранее сделанных ошибок.
16. Продумывает свои дела и поступки.
17. Хорошо справляется и с трудными заданиям.
18. Справляется с заданиями без посторонней помощи.
19. Любит порядок.
20. Заранее знает, что будет делать.
21. Аккуратен и последователен.
22. Продумывает, все до мелочей.
23. Ошибается чаще из-за того, что смысл задания целом не понят, хотя все детали продуманы.
24. Старателен, хотя часто не выполняет заданий.
25. Долго готовится, прежде чем приступить к делу.
26. Избегает риска.
27. Сначала обдумывает, потом делает.
28. Решения принимает без колебаний.
29. Уверенный в себе.
30. Действует решительно, настойчив.
31. Предприимчивый, решительный.
32. Активный.
33. Ведущий.
34. Реализует почти все, что планирует.
35. Начатое дело доводит до конца.
36. Предпочитает действовать, а не обсуждать.

37. Обдумывает свои дела и поступки.
38. Анализирует свои ошибки и неудачи.
39. Планирует дела, рассчитывает свои силы.
40. Прислушивается к замечаниям.
41. Редко повторяет одну и ту же ошибку.
42. Знает о своих недостатках.
43. Сделает задание на совесть.
44. Как всегда сделает на отлично.
45. Для него важно качество, а не отметка.
46. Всегда проверяет правильность работы.
47. Старается довести дело до конца.
48. Стирается добиться лучших результатов.
49. Действует самостоятельно, мало советуясь с другими.
50. Предпочитает справляться с трудностями сам.
51. Может принять не зависимое от других решение.
52. Любит перемену в занятиях.
53. Легко переключается с одной работы на другую.
54. Хорошо ориентируется в новых условиях.
55. Аккуратен.
56. Внимателен.
57. Усидчив.
58. С неудачами и ошибками обычно справляется.
59. Неудачи активизируют его.
60. Старается разобраться в причинах неудач.
61. Умеет мобилизовать усилия.
62. Взвешивает все «за» и «против».
63. Старается придерживаться правил.
64. Всегда считается с мнением других.
65. Его нетрудно убедить в чем-то.
66. Прислушивается к замечаниям.
67. Нужно напоминать о том, что необходимо закончить дело.
68. Не планирует, мало организует свои дела, и работу.
69. Не выполняет заданий оттого, что отвлекается.
70. Условия анализирует плохо.
71. Не учитывает возможных трудностей.
72. Не умеет отделять главное от второстепенного.
73. Пути решения выбирает не лучшие.
74. Не умеет планировать работу и занятия.
75. Не пытается решать задачи разными способами.
76. Не может справиться с трудностями без помощи других.
77. Часто допускает ошибки в работе, часто их повторяет.
78. С трудом находит ошибки в своей работе.
79. С трудом находит новые способы решения.
80. С большим трудом и долго исправляет ошибки.

81. Повторяет одни и те же ошибки.
82. Часто поступает необдуманно, импульсивно.
83. С трудными заданиями справляется плохо.
84. Не справляется с заданием без напоминаний и помощи.
85. Не любит порядок.
86. Часто не знает заранее, что ему предстоит делать.
87. Непоследователен и неаккуратен.
88. Ограничивается лишь общими сведениями, общим впечатлением.
89. Ошибается чаще из-за того, что не продуманы мелочи, детали.
90. Не очень старателен, но задания выполняет.
91. Приступает к делу без подготовки.
92. Часто рискует, ищет приключений.
93. Сначала сделает, лотом подумает.
94. Решения принимает после раздумий и колебаний.
95. Часто сомневается в своих силах.
96. Нерешителен, небольшие помехи уже останавливают его.
97. Нерешительный.
98. Вялый, безучастный.
99. Ведомый.
100. Задумывает много, а делает мало.
101. Редко, когда начатое дело доводит до конца.
102. Предпочитает обсуждать, а не действовать.
103. Действует без раздумий, «с ходу».
104. Не анализирует ошибок.
105. Не планирует почти ничего, не рассчитывает своих сил.
106. Не прислушивается к замечаниям.
107. Часто повторяет одну и ту же ошибку.
108. Не хочет знать и исправлять свои недостатки.
109. Сделает «спустя рукава».
110. Сделает как получится.
111. Сделает из-за угрозы получения плохой оценки.
112. Не проверяет правильность результатов своих действий.
113. Часто бросает работу, не доделав ее.
114. Результат неважен – лишь бы поскорее закончить работу.
115. О его трудностях и делах знают почти все.
116. Всегда надеется на друзей, на их помощь.
117. Действует по принципу: как все, так и я!
118. Любит однообразные занятия.
119. С трудом переключается с одной работы на другую.
120. Плохо ориентируется в новых условиях.
121. Неаккуратен.
122. Невнимателен.
123. Неусидчив.
124. Ошибку может исправить, если его успокоить.

125. Неудачи быстро сбивают с толку.
126. Равнодушен к причинам неудач.
127. С трудом мобилизуется на выполнение задания.
128. Поступает необдуманно, импульсивно.
129. Не придерживается правил.
130. Не считается с мнением окружающих.
131. Его трудно убедить в чем-либо.
132. Не прислушивается к замечаниям.

Ключ для обработки и интерпретации данных

В тесте оценивается 132 характеристики саморегуляции. Они разбиты на тройки.

Всего 22 пары противоположных характеристик.

1. Целеполагание - 23. Неустойчивость целей.
2. Моделирование условий - 24. Отсутствие анализа условий.
3. Программирование действий - 25. Спонтанность действий.
4. Оценивание результатов - 26. Ошибки в работе.
5. Коррекции результатов и способ» действий - 27. Повторные ошибки.
6. Обеспеченность регуляции в целом - 28. Импульсивность.
7. Упорядоченность деятельности - 29. Непоследовательность, неаккуратность.
8. Детализация регуляции действий - 30. Поверхностность.
9. Осторожность в действиях - 31. Необдуманность, рискованность.
10. Уверенность в действиях - 32. Неуверенность в своих силах.
11. Инициативность в действиях - 33. Нерешительность.
12. Практическая реализуемость намерений - 34. Незавершенность дел.
13. Осознанность действий - 35. Действия наобум.
14. Критичность в делах и поступках -36. Равнодушие к недостаткам.
15. Ориентированность на оценочный балл -37. Попустительство.
16. Ответственность в делах и поступках - 38. Безответственность в делах.
17. Автономность - 39. Зависимость в действиях.
18. Гибкость, пластичность в действиях - 40. Инертность в работе.
19. Вовлечение полезных привычек в регуляцию действий - 41. «Плохиш».
20. Практичность, устойчивость в регуляции действий - 42. Равнодушие к ошибкам, неудачам.
21. Оптимальность (адекватность) регуляции усилий - 43. Отсутствие последовательности.
22. Податливость воспитательным воздействиям - 44. Самодостаточность.

Необходимо найти сумму в каждой из троек характеристик и сопоставить ее с их противоположностью.

4-6 баллов - слабое проявление характеристики.

7-9 баллов - ситуативное проявление.

10-12 баллов - выраженность характеристики.

Бланк для ответов

ФИ_____
Пол_____ Возраст (дата рождения)_____ Гр._____ Дата_____ № ___

Шкала ответов

4 – да; 3 – пожалуй да; 2 – пожалуй нет; 1 – нет.

№			S		№		S
1	1			23	67		
	2				68		
	3				69		
2	4			24	70		
	5				71		
	6				72		
3	7			25	73		
	8				74		
	9				75		
4	10			26	76		
	11				77		
	12				78		
5	13			27	79		
	14				80		
	15				81		
6	16			28	82		
	17				83		
	18				84		
7	19			29	85		
	20				86		
	21				87		
8	22			30	88		
	23				89		
	24				90		
9	25			31	91		
	26				92		
	27				93		

10	28			32	94	
	29				95	
	30				96	
11	31			33	97	
	32				98	
	33				99	
12	34			34	100	
	35				101	
	36				102	
13	37			35	103	
	38				104	
	39				105	
14	40			36	106	
	41				107	
	42				108	
15	43			37	109	
	44				ПО	
	45				111	
16	46			38	112	
	47				113	
	48				114	
17	49			39	115	
	50				116	
	51				117	
18	52			40	118	
	53				119	
	54				120	
19	55			41	121	
	56				122	
	57				123	
20	58			42	124	
	59				125	
	60				126	

21	61			43	127	
	62				128	
	63				129	
22	64			44	130	
	65				131	
	66				132	

Качественные характеристики саморегуляции

№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции	№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции
1	Целеполагание	За дело приниматься без напоминаний, планирует, организует свои дела и работу. Задания и поручения выполняет.	23	Неустойчивость целей	Не планирует, мало организует свою работу. Нужно напоминать о том, что необходимо закончить дело. Отвлекается.
2	Моделирование условий	Анализирует условия предстоящей деятельности, возможные трудности. Выделяет главное.	24	Отсутствие анализа условий	Не умеет отделять главное от второстепенного. Не предвидит ход дел, возможные трудности.
3	Программирование действий	Правильно планирует свои занятия и работу, избирает верный путь решения задачи.	25	Спонтанность действий	Не умеет планировать работу в занятия, затрудняется в выборе путей решения задач.
4	Оценивание результатов	Редко ошибается, умеет оценить правильность действий. Быстро обнаруживает свои ошибки.	26	Ошибки в работе	Часто допускает ошибки в работе, часто их повторяет. Не находит ошибок в своей работе.
5	Коррекция результатов и способов действий	Быстро находит новый способ решения. Быстро исправляет ошибки.	27	Повторные ошибки	С трудом находит новые способы решения. Повторяет одни и те же ошибки.
6	Обеспеченность регуляции в целом	Продумывает свои дела и поступки. Справляется с заданиями без посторонней помо-	28	Импульсивность	Часто поступает необдуманно, импульсивно. С трудными заданиями справляется плохо.

№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции	№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции
		щи.			
7	Упорядоченность деятельности	Любит порядок. Аккуратен и последователен.	29	Непоследовательность	Часто не знает заранее, что ему предстоит делать, непоследователен и неаккуратен.
8	Детализация регуляции действий	Продумывает, все до мелочей. Ошибается чаще из-за того, что смысл задания целом не понят, хотя все детали продуманы.	30	Поверхностность	Ограничивается лишь общими сведениями, общим впечатлением. Ошибается чаще из-за того, что не продуманы мелочи, детали.
9	Осторожность в действиях	Долго обдумывает и готовится, прежде чем приступить к делу. Избегает риска.	31	Необдуманность, рискованность	Приступает к делу без подготовки. Сначала сделает, лотом подумает.
10	Уверенность в действиях	Уверенный в себе. Решения принимает без колебаний. Решителен. Настойчив.	32	Неуверенность в своих силах	Решения принимает после колебаний. Сомневается в своих силах. Нерешителен.
11	Инициативен в действиях.	Предприимчивый, решительный. Активный. Ведущий.	33	Нерешительность	Нерешительный. Вялый, безучастный. Ведомый.
12	Практическая реализуемость намерений	Реализует почти все, что планирует. Начатое дело доводит до конца.	34	Незавершенность дел	Редко, когда начатое дело доводит до конца. Предпочитает обсуждать, а не действовать.
13	Осознанность действий	Обдумывает, планирует свои дела и поступки. Анализирует свои ошибки и неудачи.	35	Действия наобум	Действует без раздумий, «с ходу», не рассчитывает своих сил.
14	Критичность в делах и поступках	Знает о своих недостатках. Редко повторяет ошибки. Прислушивается к замечаниям.	36	Равнодушие к недостаткам	Часто повторяет одну и ту же ошибку. Не хочет знать и исправлять свои недостатки.

№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции		№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции
15	Ориентированность на оценочный балл	Сделает задание на совесть. Для него важно качество, а не отметка.		37	Попустительство	Делает все «спустя рукава», как получится. Делает из-за угрозы плохой оценки.
16	Ответственность в делах и поступках	Гарантирует доведение дел до конца. Всегда проверяет правильность работы.		38	Безответственность в делах	Не проверяет результатов своих действий. Часто бросает работу, не доделав до конца.
17	Автономность	Действует и принимает самостоятельные решения. Предпочитает сам справляться с трудностями.		39	Зависимость в действиях	Всегда надеется на друзей, на их помощь.
18	Гибкость, пластичность в действиях	Легко переключается с одной работы на другую. Хорошо ориентируется в новых условиях.		40	Инертность в работе	Любит однообразные занятия. С трудом переключается с одной работы на другую.
19	Вовлечение полезных привычек в регуляцию действий	Аккуратен. Внимателен. Усидчив.		41	«Плохиш»	Неаккуратен. Невнимателен. Неусидчив.
20	Практичность, устойчивость в регуляции действий	Справляется с неудачами и ошибками. Неудачи активизируют его. Старается разобраться в их причинах.		42	Равнодушие к ошибкам, неудачам	Неудачи быстро сбивают с толку. Равнодушен к их причинам.
21	Оптимальность (адекватность) регуляции усилий	Взвешивает все «за» и «против». Умеет мобилизовать усилия.		43	Отсутствие последовательности	Поступает необдуманно. С трудом мобилизуется на выполнение задания.
22	Податливость воспитательным воздействиям	Всегда считается с мнением других. Прислушивается к замечаниям.		44	Самодостаточность	Не считается с мнением окружающих. Не прислушивается к замечаниям.

Задание: На основе самодиагностики саморегуляции сформулируйте рекомендации по саморегуляции.

2. Выберите научную статью по своей специальности и напишите к ней аннотацию, реферат, конспект, рецензию.

Методические указания

АННОТАЦИЯ (от лат. annotatio - замечание, пометка) – это краткая характеристика статьи, рукописи, книги, в которой обозначены тема, проблематика и назначение издания, а также содержатся сведения об авторе и элементы оценки книги.

Перед текстом аннотации даются выходные данные (автор, название, место и время издания). Эти данные можно включить в первую часть аннотации.

Аннотация обычно состоит из двух частей. В первой части формулируется основная тема книги, статьи; во второй части перечисляются (называются) основные положения. Говоря схематично, аннотация на книгу (прежде всего научную или учебную) отвечает на вопросы о чем? из каких частей? как? для кого? Это ее основные, стандартные смысловые элементы. Каждый из них имеет свои языковые средства выражения.

Аннотация на книгу помещается на оборотной стороне ее титульного листа и служит (наряду с ее названием и оглавлением) источником информации о содержании работы. Познакомившись с аннотацией, читатель решает, насколько книга может быть ему нужна. Кроме того, умение аннотировать прочитанную литературу помогает овладению навыками реферирования.

Языковые стереотипы, с помощью которых оформляется каждая смысловая часть аннотации:

1. Характеристика содержания текста:

В статье (книге) рассматривается…; Статья посвящена…; В статье даются…; Автор останавливается на следующих вопросах…; Автор затрагивает проблемы…; Цель автора – объяснить (раскрыть)…; Автор ставит своей целью проанализировать…;

2. Композиция работы:

Книга состоит из … глав (частей)…; Статья делится на … части; В книге выделяются … главы.

3. Назначение текста:

Статья предназначена (для кого; рекомендуется кому)…; Сборник рассчитан…; Предназначается широкому кругу читателей…; Для студентов, аспирантов…; Книга заинтересует…

РЕФЕРАТ (от лат.referre- докладывать, сообщать) – это композиционно организованное, обобщенное изложение содержания источника информации (статьи, ряда статей, монографии и др.). Реферат отвечает на вопрос: «Какая информация содержится в первоисточнике, что излагается в нем?»

Реферат состоит из трех частей: общая характеристика текста (выходные данные, формулировка темы); описание основного содержания; выводы референта. Изложение одной работы обычно содержит указание на тему и композицию реферируемой работы, перечень ее основных положений с приведением аргументации, реже - описание методики и проведение эксперимента, результатов и выводов исследования. Такой реферат называется про-

стым информационным. Студенты в российских вузах пишут рефераты обычно на определенные темы. Для написания таких тематических рефератов может быть необходимо привлечение более чем одного источника, по крайней мере двух научных работ. В этом случае реферат является не только информационным, но и обзорным.

Реферирование представляет собой интеллектуальный творческий процесс, включающий осмысление текста, аналитико-синтетичесокое преобразование информации и создание нового текста. Реферат не должен превращаться в «ползанье» по тексту. Цель реферирования – создать «текст о тексте». Реферат – это не конспект, разбавленный «скрепами» типа *далее автор отмечает…* Обильное цитирование превращает реферат в конспект. При чтении научного труда важно понять его построение, выделить смысловые части (они будут основой для плана), обратить внимание на типичные языковые средства (словосочетания, вводные конструкции), характерные для каждой части. В реферате должны быть раскрыты проблемы и основные положения работы, приведены доказательства этих положений и указаны выводы, к которым пришел автор. Реферат может содержать оценочные элементы, например: *нельзя не согласиться, автор удачно иллюстрирует* и др. Обратите внимание, что в аннотации проблемы научного труда лишь обозначаются, а в реферате - раскрываются.

Список конструкций для реферативного изложения**:**

Предлагаемая вниманию читателей статья (книга, монография) представляет собой детальное (общее) изложение вопросов…; Рассматриваемая статья посвящена теме (проблеме, вопросу…);

Актуальность рассматриваемой проблемы, по словам автора, определяется тем, что…; Тема статьи (вопросы, рассматриваемые в статье) представляет большой интерес…; В начале статьи автор дает обоснование актуальности темы (проблемы, вопроса, идеи); Затем дается характеристика целей и задач исследования (статьи);

Рассматриваемая статья состоит из двух (трех) частей…; Автор дает определение (сравнительную характеристику, обзор, анализ)…; Затем автор останавливается на таких проблемах, как…; Автор подробно останавливается на истории возникновения (зарождения, появления, становления)…; Автор подробно (кратко) описывает (классифицирует, характеризует) факты…; Автор доказывает справедливость (опровергает что-либо)…; Автор приводит доказательства справедливости своей точки зрения…; В статье дается обобщение…, приводятся хорошо аргументированные доказательства…;

В заключение автор говорит о том, что…; Несомненный интерес представляют выводы автора о том, что…; Наиболее важными из выводов автора представляются следующие…; Изложенные (рассмотренные) в статье вопросы (проблемы) представляют интерес не только для…, но и для…

КОНСПЕКТИРОВАНИЕ – письменная фиксация основных положений читаемого или воспринимаемого на слух текста. При конспектировании происходит свертывание, компрессия первичного текста.

КОНСПЕКТ- это краткое, но связное и последовательное изложение значимого содержания статьи, лекции, главы книги, учебника, брошюры. Запись-конспект позволяет восстановить, развернуть с необходимой полнотой исходную информацию, поэтому при конспектировании надо отбирать новый и важный материал и выстраивать его в соответствии с логикой изложения. В конспект заносят основные (существенные) положения, а также фактический материал (цифры, цитаты, примеры). В конспекте последующая мысль должна вытекать из предыдущей (как в плане и в тезисах). Части конспекта должны быть связаны внутренней логикой, поэтому важно отразить в конспекте главную мысль каждого абзаца. Содержание абзаца (главная мысль) может быть передано словами автора статьи (возможно сокращение высказывания) или может быть изложено своими словами более обобщенно. При конспектировании пользуются и тем и другим приемом, но важно передать самые главные положения автора без малейшего искажения смысла.

Различают несколько видов конспектов в зависимости от степени свернутости первичного текста, от формы представления основной информации:

1. конспект-план;
2. конспект-схема;
3. текстуальный конспект.

Подготовка конспекта включает следующие этапы:

1. Вся информация, относящаяся к одной теме, собирается в один блок – так выделяются смысловые части.
2. В каждой смысловой части формулируется тема в опоре на ключевые слова и фразы.
3. В каждой части выделяется главная и дополнительная по отношению к теме информация.
4. Главная информация фиксируется в конспекте в разных формах: в виде тезисов (кратко сформулированных основных положений статьи, доклада), выписок (текстуальный конспект), в виде вопросов, выявляющих суть проблемы, в виде назывных предложений (конспект-план и конспект-схема).
5. Дополнительная информация приводится при необходимости.

РЕЦЕНЗИЯ - это письменный критический разбор какого-либо произведения, предполагающий, во-первых, комментирование основных положений (толкование авторской мысли; собственное дополнение к мысли, высказанной автором; выражение своего отношения к постановке проблемы и т.п.); во-вторых, обобщенную аргументированную оценку, в третьих, выводы о значимости работы.

В отличие от рецензии ОТЗЫВ дает самую общую характеристику работы без подробного анализа, но содержит практические рекомендации: анализируемый текст может быть принят к работе в издательстве илина соискание ученой степени.

Типовой план для написания рецензии и отзывов:

1. Предмет анализа: *В работе автора…; В рецензируемой работе…; В предмете ана*лиза…

2. Актуальность темы: Работа посвящена актуальной теме…; Актуальность темы обусловлена…; Актуальность темы не вызывает сомнений (вполне очевидна)…

3. Формулировака основного тезиса: Центральным вопросом работы, где автор добился наиболее существенных (заметных, ощутимых) результатов, является…; В работе обоснованно на первый план выдвигается вопрос о…

4. Краткое содержание работы.

5. Общая оценка: Оценивая работу в целом…; Таким образом, рассматриваемая работа…; Автор проявил умение разбираться в…; систематизировал материал и обобщил его…; Безусловной заслугой автора является новый методический подход (предложенная классификация, некоторые уточнения существующих понятий); Автор, безусловно, углубляет наше представление об исследуемом явлении, вскрывает новые его черты…

6. Недостатки, недочеты: Вместе с тем вызывает сомнение тезис о том…; К недостаткам (недочетам) работы следует отнести допущенные автором длинноты в изложении (недостаточную ясность при изложении)…; Работа построена нерационально, следовало бы сократить…; Существенным недостатком работы является…; Отмеченные недостатки носят чисто локальный характер и не влияют на конечные результаты работы…; Отмеченные недочеты работы не снижают ее высокого уровня, их скорее можно считать пожеланиями к дальнейшей работе автора…; Упомянутые недостатки связаны не столько с…, сколько с…

7. Выводы: Представляется, что в целом работа… имеет важное значение…; Работа может быть оценена положительно, а ее автор заслуживает…; Работа заслуживает высокой (положительной, отличной) оценки…; Работа удовлетворяет всем требованиям…, а ее автор, безусловно, имеет (определенное, законное, заслуженное, безусловное) право…

Задание

а) Выберите научную статью по своей специальности и напишите к ней аннотацию, реферат, конспект, рецензию.

3. Проанализируйте отрывок из студенческой курсовой работы, посвященной проблеме связи заголовка и текста. Соответствует ли язык сочинения нормам научного стиля? На основании анализа проведите правку текста:

Заголовок, будучи неотъемлемой частью газетных публикаций, определяет лицо всей газеты. Сталкиваясь с тем или иным периодическим изданием, читатель получает первую информацию о нем именно из заголовков. На примере газеты «Спорт – экспресс» за апрель – май 1994 г. я рассмотрю связь: заголовок – текст, ведь, как говорится в народной мудрости «встречают по одежке, а провожают – по уму». Но даже при наличии прекрасной одежки (заглавий) и величайшего ума (самих материалов) стилистическая концепция газеты будет не полной, если будет отсутствовать продуманная и логичная связь между содержанием и заголовком. Итак, стараясь выбрать наиболее продуманные заглавия,

я попытаюсь проследить за тем, по какому принципу строится связь между содержанием и заголовком самой популярной спортивной газеты России «Спорт – экспресс». А к тому же я остановлюсь и на классификации заголовков по типу их связей с газетным текстом вообще.

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *зачету* по дисциплине «*Технологии интеллектуального труда*» обучающемуся рекомендуется:

1. повторить пройденный материал и ответить на вопросы, используя конспект и материалы лекций. Если по каким-либо вопросам у студента недостаточно информации в лекционных материалах, то необходимо получить информацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины «*Технологии интеллектуального труда*».

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса;

2. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* особое внимание необходимо уделять схемам, рисункам, графикам и другим иллюстрациям, так как подобные графические материалы, как правило, в наглядной форме отражают главное содержание изучаемого вопроса;

3. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* (в случаях, когда отсутствует иллюстративный материал) особое внимание необходимо обращать на наличие в тексте словосочетаний вида «во-первых», «во-вторых» и т.д., а также дефисов и перечислений (цифровых или буквенных), так как эти признаки, как правило, позволяют структурировать ответ на предложенное задание.

Подобную текстовую структуризацию материала слушатель может трансформировать в рисунки, схемы и т. п. для более краткого, наглядного и удобного восприятия (иллюстрации целесообразно отразить в конспекте лекций – это позволит оперативно и быстро найти, в случае необходимости, соответствующую информацию);

4. следует также обращать внимание при изучении материала для подготовки к *зачету* на словосочетания вида «таким образом», «подводя итог сказанному» и т.п., так как это признаки выражения главных мыслей и выводов по изучаемому вопросу (пункту, разделу). В отдельных случаях выводы по теме (разделу, главе) позволяют полностью построить (восстановить, воссоздать) ответ на поставленный вопрос (задание), так как содержат в себе основные мысли и тезисы для ответа.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

ФТД.В.02 СРЕДСТВА КОММУНИКАЦИИ В УЧЕБНОЙ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Технологическая безопасность и горноспасательное дело

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией
Управление персоналом	Горнотехнологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Абрамов С.М.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 10.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ…….……..…3

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ……..…..….6

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ…….…..…8

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ……12

ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ……...…….…14

ПОДГОТОВКА РЕФЕРАТА……...….36

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ……..…..45

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа в высшем учебном заведении - это часть учебного процесса, метод обучения, прием учебно-познавательной деятельности, комплексная целевая стандартизованная учебная деятельность с запланированными видом, типом, формами контроля.

Самостоятельная работа представляет собой плановую деятельность обучающихся по поручению и под методическим руководством преподавателя.

Целью самостоятельной работы студентов является закрепление тех знаний, которые они получили на аудиторных занятиях, а также способствование развитию у студентов творческих навыков, инициативы, умению организовать свое время.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- предполагает освоение курса дисциплины;
- помогает освоению навыков учебной и научной работы;
- способствует осознанию ответственности процесса познания;
- способствует углублению и пополнению знаний студентов, освоению ими навыков и умений;
- формирует интерес к познавательным действиям, освоению методов и приемов познавательного процесса,
- создает условия для творческой и научной деятельности обучающихся;
- способствует развитию у студентов таких личных качеств, как целеустремленность, заинтересованность, исследование нового.

Самостоятельная работа обучающегося выполняет следующие функции:

- развивающую (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей студентов);
- информационно-обучающую (учебная деятельность студентов на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной);
- ориентирующую и стимулирующую (процессу обучения придается ускорение и мотивация);
- воспитательную (формируются и развиваются профессиональные качества бакалавра и гражданина);
- исследовательскую (новый уровень профессионально-творческого мышления).

Организация самостоятельной работы студентов должна опираться на определенные требования, а, именно:

- сложность осваиваемых знаний должна соответствовать уровню развития студентов;
- стандартизация заданий в соответствии с логической системой курса дисциплины;
- объем задания должен соответствовать уровню студента;
- задания должны быть адаптированными к уровню студентов.

Содержание самостоятельной работы студентов представляет собой, с одной стороны, совокупность теоретических и практических учебных заданий, которые должен выполнить студент в процессе обучения, объект его деятельности; с другой стороны - это способ деятельности студента по выполнению соответствующего теоретического или практического учебного задания.

Свое внешнее выражение содержание самостоятельной работы студентов находит во всех организационных формах аудиторной и внеаудиторной деятельности, в ходе самостоятельного выполнения различных заданий.

Функциональное предназначение самостоятельной работы студентов в процессе лекций, практических занятий по овладению специальными знаниями заключается в самостоятельном прочтении, просмотре, прослушивании, наблюдении, конспектировании, осмыслении, запоминании и воспроизведении определенной информации. Цель и планирование самостоятельной работы студента определяет преподаватель. Вся информация осуществляется на основе ее воспроизведения.

Так как самостоятельная работа тесно связана с учебным процессом, ее необходимо рассматривать в двух аспектах:

1. аудиторная самостоятельная работа – практические занятия;

2. внеаудиторная самостоятельная работа – подготовка к практическим занятиям (в т.ч. подготовка к практико-ориентированным заданиям и др.).

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;

- уровень образования и степень подготовленности студентов;

- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

Таким образом, самостоятельная работа студентов является важнейшей составной частью процесса обучения.

Методические указания по организации самостоятельной работы и задания для обучающихся по дисциплине «*Средства коммуникации в учебной и профессиональной деятельности*» обращают внимание студента на главное, существенное в изучаемой дисциплине, помогают выработать умение анализировать явления и факты, связывать теоретические положения с практикой, а также облегчают подготовку к сдаче *зачета*.

Настоящие методические указания позволят студентам самостоятельно овладеть фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности, и направлены на формирование компетенций, предусмотренных учебным планом поданному профилю.

Видами самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «*Средства коммуникации в учебной и профессиональной деятельности*» являются:

- самостоятельное изучение тем курса (в т.ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);

- подготовка к практическим (семинарским) занятиям (в т.ч. подготовка к выполнению практико-ориентированных заданий, подготовка реферата);

- подготовка к зачету.

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Сущность коммуникации в разных социальных сферах. Основные функции и виды коммуникации

Коммуникации
Межличностное общение
Речевые способности
Профессиональное общение

Тема 2. Специфика вербальной и невербальной коммуникации

Вербальная коммуникация
Невербальная коммуникация

Тема 3. Эффективное общение

Эффективное общение
Обратная связь
Стиль слушания

Тема 4. Основные коммуникативные барьеры и пути их преодоления в межличностном общении. Стили поведения в конфликтной ситуации

Конфликт
Барьер речи

Тема 5. Виды и формы взаимодействия студентов в условиях образовательной организации

Группа
Коллектив
Групповое давление
Феномен группомыслия
Феномен подчинения авторитету
Обособление
Диктат
Подчинение
Вызов
Выгода
Соперничество
Сотрудничество
Взаимодействие
Взаимопонимание

Тема 6. Формы, методы, технологии самопрезентации

Самопрезенгация
Публичное выступление

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ

Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка рекомендуемой литературы к дисциплине. При работе с книгой необходимо научиться правильно ее читать, вести записи. Самостоятельная работа с учебными и научными изданиями профессиональной и общекультурной тематики– это важнейшее условие формирования научного способа познания.

Основные приемы работы с литературой можно свести к следующим:

• составить перечень книг, с которыми следует познакомиться;

• перечень должен быть систематизированным;

• обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и выпускных квалификационных работ это позволит экономить время);

• определить, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть;

• при составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями, которые помогут сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время;

• все прочитанные монографии, учебники и научные статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц);

• если книга – собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора;

• следует выработать способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать). Таким образом, чтение текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации.

От того, насколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия. Грамотная работа с книгой, особенно если речь идет о научной литературе, предполагает соблюдение ряда правил, для овладения которыми необходимо настойчиво учиться. Это серьёзный, кропотливый труд. Прежде всего, при такой работе невозможен формальный, поверхностный подход. Не механическое заучивание, не простое накопление цитат, выдержек, а сознательное усвоение прочитанного, осмысление его, стремление дойти до сути – вот главное правило. Другое правило – соблюдение при работе над книгой определенной последовательности. Вначале следует ознакомиться с оглавлением, содержанием предисловия или введения. Это дает общую ориентировку, представление о структуре и вопросах, которые рассматриваются в книге.

Следующий этап – чтение. Первый раз целесообразно прочитать книгу с начала до конца, чтобы получить о ней цельное представление. При повторном чтении происходит постепенное глубокое осмысление каждой главы, критического материала и позитивного изложения; выделение основных идей, системы аргументов, наиболее ярких примеров и т.д. Непременным правилом чтения должно быть выяснение незнакомых слов, терминов, выражений, неизвестных имен, названий. Студентам с этой целью рекомендуется заводить специальные тетради или блокноты. Важная роль в связи с этим принадлежит библиографической подготовке студентов. Она включает в себя умение активно, быстро пользоваться научным аппаратом книги, справочными изданиями, каталогами, умение вести поиск необходимой информации, обрабатывать и систематизировать ее.

Выделяют четыре основные установки в чтении текста:

- информационно-поисковая (задача – найти, выделить искомую информацию);
- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить, как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);
- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);
- творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к тексту связано существование и нескольких видов чтения:

- библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;
- просмотровое – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;
- ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц; цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;
- изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;
- аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач.

Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе –

поиск тех суждений, фактов, по которым, или, в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной и научной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках образовательной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с текстом. Научная методика работы с литературой предусматривает также ведение записи прочитанного. Это позволяет привести в систему знания, полученные при чтении, сосредоточить внимание на главных положениях, зафиксировать, закрепить их в памяти, а при необходимости вновь обратиться к ним.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала.

Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного. Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Как правильно составлять конспект? Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта. Выделите главное, составьте план, представляющий собой перечень заголовков, подзаголовков, вопросов, последовательно раскрываемых затем в конспекте. Это первый элемент конспекта. Вторым элементом конспекта являются тезисы. Тезис - это кратко сформулированное положение. Для лучшего усвоения и запоминания материала следует записывать тезисы своими словами. Тезисы, выдвигаемые в конспекте, нужно доказывать. Поэтому третий элемент конспекта - основные доводы, доказывающие истинность рассматриваемого тезиса. В конспекте могут быть положения и примеры. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть

логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Конспектирование –наиболеесложный этап работы. Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы. Конспект ускоряет повторение материала, экономит время при повторном, после определенного перерыва, обращении к уже знакомой работе. Учитывая индивидуальные особенности каждого студента, можно дать лишь некоторые, наиболее оправдавшие себя общие правила, с которыми преподаватель и обязан познакомить студентов:

1. Главное в конспекте не объем, а содержание. В нем должны быть отражены основные принципиальные положения источника, то новое, что внес его автор, основные методологические положения работы. Умение излагать мысли автора сжато, кратко и собственными словами приходит с опытом и знаниями. Но их накоплению помогает соблюдение одного важного правила – не торопиться записывать при первом же чтении, вносить в конспект лишь то, что стало ясным.

2. Форма ведения конспекта может быть самой разнообразной, она может изменяться, совершенствоваться. Но начинаться конспект всегда должен с указания полного наименования работы, фамилии автора, года и места издания; цитаты берутся в кавычки с обязательной ссылкой на страницу книги.

3. Конспект не должен быть «слепым», безликим, состоящим из сплошного текста. Особо важные места, яркие примеры выделяются цветным подчеркиванием, взятием в рамочку, оттенением, пометками на полях специальными знаками, чтобы можно было быстро найти нужное положение. Дополнительные материалы из других источников можно давать на полях, где записываются свои суждения, мысли, появившиеся уже после составления конспекта.

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ

Практико-ориентированные задания выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций. Это могут быть ситуации, требующие применения умений и навыков, специфичных для соответствующего профиля обучения (знания содержания предмета), ситуации, требующие организации деятельности, выбора её оптимальной структуры личностно-ориентированных ситуаций (нахождение нестандартного способа решения).

Кроме этого, они выступают средством формирования у студентов умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач. Они строятся на основе ситуаций, возникающих на различных уровнях осуществления практики и формулируются в виде производственных поручений (заданий).

Под практико-ориентированными заданиями понимают задачи из окружающей действительности, связанные с формированием практических навыков, необходимых в повседневной жизни, в том числе с использованием элементов производственных процессов.

Цель практико-ориентированных заданий – приобретение умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Задачи практико-ориентированных заданий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний студентов при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- обучение приемам решения практических задач;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Важными отличительными особенностями практико-ориентированных задания от стандартных задач (предметных, межпредметных, прикладных) являются:

- значимость (познавательная, профессиональная, общекультурная, социальная) получаемого результата, что обеспечивает познавательную мотивацию обучающегося;
- условие задания сформулировано как сюжет, ситуация или проблема, для разрешения которой необходимо использовать знания из разных разделов основного предмета, из другого предмета или из жизни, на которые нет явного указания в тексте задания;

- информация и данные в задании могут быть представлены в различной форме (рисунок, таблица, схема, диаграмма, график и т.д.), что потребует распознавания объектов;

- указание (явное или неявное) области применения результата, полученного при решении задания.

Кроме выделенных четырех характеристик, практико-ориентированные задания имеют следующие:

1. по структуре эти задания – нестандартные, т.е. в структуре задания не все его компоненты полностью определены;

2. наличие избыточных, недостающих или противоречивых данных в условии задания, что приводит к объемной формулировке условия;

3. наличие нескольких способов решения (различная степень рациональности), причем данные способы могут быть неизвестны учащимся, и их потребуется сконструировать.

При выполнении практико-ориентированных заданий следует руководствоваться следующими общими рекомендациями:

- для выполнения практико-ориентированного задания необходимо внимательно прочитать задание, повторить лекционный материал по соответствующей теме, изучить рекомендуемую литературу, в т.ч. дополнительную;

- выполнение практико-ориентированного задания включает постановку задачи, выбор способа решения задания, разработку алгоритма практических действий, программы, рекомендаций, сценария и т. п.;

- если практико-ориентированное задание выдается по вариантам, то получить номер варианта исходных данных у преподавателя; если нет вариантов, то нужно подобрать исходные данные самостоятельно, используя различные источники информации;

- для выполнения практико-ориентированного задания может использоваться метод малых групп. Работа в малых группах предполагает решение определенных образовательных задач в рамках небольших групп с последующим обсуждением полученных результатов. Этот метод развивает навыки сотрудничества, достижения компромиссного решения, аналитические способности.

ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Организуйте коллективную сетевую деятельность.

Методические указания:

Под организацией **коллективной сетевой деятельности** понимают совместные действия нескольких пользователей в сети электронных коммуникаций, направленные на получение информации. Участники совместной сетевой деятельности могут быть объединены общими целями, интересами, что позволяет им обмениваться мнениями, суждениями, а также совершать действия с различными объектами, такими как фотографии, программы, записи, статьи, представленными в цифровом виде.

Подобное взаимодействие может заключаться в различных его видах, таких как:

- - общение;
- - обмен данными;
- - организация трудовой деятельности;
- - совместное времяпрепровождение за сетевыми развлечениями.

Рассмотрим каждый из них. Одним из примеров организации **общения** в сети

Интернет могут служить популярные на сегодняшний день сообщества **Livejournal** (www.livejoumal.ru), **Facebook** (www.facebook.com), **Twitter** (http://t witter.com) и др.

По своей сути это социальные сети, которые работают в режиме реального времени, позволяя участникам взаимодействовать друг с другом. Так, социальная сеть Livejournal (Живой журнал) предоставляет возможность публиковать свои и комментировать чужие записи, вести коллективные блоги («сообщества»), получать оперативную информацию, хранить фотографии и видеоролики, добавлять в друзья других пользователей и следить за их записями в «ленте друзей» и др.

Facebook позволяет создать профиль с фотографией и информацией о себе, приглашать друзей, обмениваться с ними сообщениями, изменять свой статус, оставлять сообщения на своей и чужой «стенах», загружать фотографии и видеозаписи, создавать группы (сообщества по интересам).

Система Twitter позволяет пользователям отправлять короткие текстовые заметки, используя web-интерфейс, sms-сообщения, средства мгновенного обмена сообщениями (например, Windows Live Messenger), сторонние программы-клиенты. Отличительной особенностью Твиттера является публичная доступность размещенных сообщений, что роднит его с **блогами** (онлайн-дневник, содержимое которого, представляет собой регулярно обновляемые записи — **посты).**

Другим способом общения, безусловно, является **электронная почта.** Принципы создания ящика электронной почты подробно рассматривались в практикуме параграфа 2.12. При всех своих плюсах электронная почта не позволяет организовать двусторонний оперативный диалог, максимально приближенный к обычному разговору. Отправив письмо, человек уверен, что оно оперативно будет доставлено в ящик адресата, но будет ли получен быстрый ответ? Кроме того, переписка может растянуться, что сводит к минимуму решение возможных актуальных проблем человека в настоящий момент времени.

Именно поэтому возникла необходимость в самостоятельном классе программ, которые выполняли бы две основные задачи:

- 1. Показать, находится ли собеседник в данный момент в сети Интернет, готов ли он общаться.
- 2. Отправить собеседнику короткое сообщение и тут же получить от него ответ.

Такие программы получили название IMS (англ. Instant Messengers Service —

служба мгновенных сообщений). Часто такие программы называют **интернет-пейджерами.** В качестве примера подобных программ можно привести Windows Live Messenger, Yahoo!Messenger, ICQ.

Так, программа Windows Live Messenger является одним из компонентов Windows Live — набора сетевых служб от компании Microsoft. Ранее мы познакомились с такими его модулями, как Семейная безопасность и Киностудия. Доступ к Messenger можно получить по адресу http://download.ru.msn.com/ wl/messenger, либо через кнопку **Пуск** на своем персональном компьютере (предварительно установив основные компоненты службы Windows Live).

В настоящее время произошла интеграция Messenger и программы Skype, функции которой будут рассмотрены позже.

Чтобы начать «разговор», достаточно выполнить двойной щелчок мыши на имени собеседника и ввести сообщение в соответствующее окно. Если друга нет на месте, можно оставить ему сообщение, и он увидит его, когда снова войдет в программу.

Коммуникацию в реальном масштабе времени возможно осуществить с помощью **чатов** (англ. Chatter — болтать). Если ваш компьютер оснащен видеокамерой, вы сможете начать видеочат. Одной из наиболее интересных особенностей видео- чата в Messenger является то, что он позволяет делать через Интернет все, что ранее можно было делать только при личном общении. Например, можно легко обмениваться фотографиями и видеть, как собеседник реагирует на них.

Теперь рассмотрим, каким образом можно организовать коллективную сетевую деятельность, связанную с **обменом данными.** Сразу отметим, что для передачи или открытия доступа к файлам в локальной сети используются стандартные возможности операционной системы компьютера. Для этого достаточно в настройках определенной директории открыть общий доступ на чтение или запись другими пользователями сети.

В настоящее время популярнейшим способом обмена данными является размещение файлов на различных видеохостингах и в социальных сетях. **Хостинг** — это услуга по предоставлению вычислительных мощностей для размещения информации на сервере, постоянно находящемся в сети Интернет. Для размещения видеофайлов, как правило, используются такие крупные видеохос- тинги, как YouTube (www.youtube.com), Rutube (http://mtube.ru). Социальные сети, например Одноклассники (www.odnoklassniki.rn), ВКонтакте (http://vk.com) и др., также можно использовать для размещения видеофотоматериалов.

Хранение, обмен файлов возможно организовать и с помощью облачных сервисов, таких как Яндекс.Диск, SkyDrive, iCloud и т.д. Перечислим ряд достоинств подобного способа организации работы:

- не требуется денежных вложений - сервисы бесплатны;
- возможность резервного хранения данных;
- доступность информации из любой точки мира с разных устройств, подключенных к Интернету;
- пользователь самостоятельно определяет доступность к файлам другим людям;
- большой размер облачного хранилища (7-10 Гб);
- информация не привязана к одному компьютеру;
- доступ к файлам, хранящимся на устройствах с разными аппаратными платформами (Windows, Android, iOS).

В качестве примера рассмотрим работу с программой Яндекс.Диск, которую предварительно следует установить на свой компьютер с адреса http://disk. yandex.ru/download. После инсталляции программы на вашем устройстве создается папка Яндекс.Диск, в которой будет находиться ряд папок, таких как Документы, Музыка, Корзина. Теперь, после того как мы добавим, изменим или удалим файл в папке Яндекс.Диск на своем компьютере, то же самое автоматически произойдет на серверах Яндекс, т. е. происходит процесс синхронизации.

Поделиться файлом с друзьями через web-интерфейс можно, выполнив следующие действия:

1. Зайти в свой почтовый ящик на сервисе Яндекс.

2. Выполнив команду **Файлы/Документы,** выделить нужный файл из списка.

3. Установить переключатель на панели предпросмотра в положение **Публичный** и нажать на одну из кнопок, расположенных ниже, что гарантирует публикацию ссылки на файл в одной из социальных сетей (ВКонтакте, Facebook и т.д.) либо отправку по электронной почте (рис. 1).



Рис. 1. Ссылка на файл

Другой возможностью публикации ссылки на файл - получение ее через ОС Windows. В этом случае порядок действий следующий:

- 1. Открыть папку Яндекс.Диск.
- 2. Выполнить щелчок правой кнопкой мыши на нужном файле.
- 3. В контекстном меню выбрать пункт **Яндекс.Диск: Скопировать публичную ссылку.**

Теперь в буфере обмена находится ссылка на файл, например, http://yadi.Sk/d/91nV8FjiOYnX, с которой вы можете поделиться со своими друзьями.

Перейдем к описанию организации **трудовой деятельности** как способа совместного сетевого взаимодействия. Она может выглядеть самой разной, от простого общения в видеоконференциях, заканчивая использованием серьезных корпоративных решений для управления рабочим процессом в компании. Примерами таких решений являются:

1. 1С-Битрикс: Корпоративный Портал (http://www.lc-bitrix.ru/products/

intranet/) — система управления внутренним информационным ресурсом компании для коллективной работы над задачами, проектами и документами.

2. Мегаплан (www.megaplan.ru) — онлайн-сервис для управления бизнесом.

3. TeamLab (www.teamlab.com/ru) — многофункциональный онлайн-сервис для совместной работы, управления документами и проектами.

4. BaseCamp (http://basecamp.com) — онлайн-инструмент для управления проектами, совместной работы и постановки задач по проектам.

Рассмотрим эти решения на примере облачного сервиса **Мегаплан,** который относится к **модели SaaS** (англ. Software as a service — программное обеспечение как услуга). В рамках модели SaaS заказчики платят не за владение программным обеспечением как таковым, а за его аренду (т. е. за его использование через web-интерфейс). Таким образом, в отличие от классической схемы лицензирования программного обеспечения заказчик несет сравнительно небольшие периодические затраты (от 150 до 400 руб./мес.), и ему не требуется инвестировать значительные средства в приобретение ПО и аппаратной платформы для его развертывания, а затем поддерживать его работоспособность.

Используя на предприятии Мегаплан, можно получить множество современных эффективных средств управления персоналом компании, в частности:

- выстроить иерархическую структуру предприятия, прояснить уровни подчинения, сделать связи сотрудников внутри предприятия логичными и понятными каждому;

- система управления персоналом на предприятии позволит каждому руководителю контролировать деятельность своих подчиненных в режиме реального времени. Кроме того,

можно получать актуальную информацию, даже не находясь в офисе — для этого достаточно иметь доступ в Интернет;

- получить возможность обмениваться документами, выкладывать в общий доступ бизнес-планы, презентации, проекты и распоряжения, ускоряя обмен информацией внутри предприятия;

- системы обмена сообщениями и корпоративный форум делают общение, как деловое, так и личное, более живым и эффективным. Кроме того, выоказывания по ходу исполнения задачи, зафиксированные в Мегаплане, позволяют анализировать ход работы над проектом.

Зарегистрировавшись на вышеуказанном сайте, вы получите бесплатный доступ для знакомства с сервисом Мегаплан. Из трех решений предлагаемых компанией, а именно Совместная работа, Учет клиентов и Бизнес-менеджер, выберите первое — **Совместная работа.** Такой выбор дает возможность эффективно управлять проектами, задачами и людьми. Выбрав модуль **Сотрудники,** добавьте несколько сотрудников, заполнив их личные карточки. Много информации в карточки заносить необязательно, их всегда можно отредактировать, при этом не забывая нажимать на кнопку **Сохранить.** Заполненный модуль **Сотрудники** представлен на рис. 2.



Рис. 2. Модуль Сотрудники

Заполнив базу сотрудников, отметив все необходимые сведения в картотеке, вы получаете автоматизированную систему управления персоналом компании, которая более оперативно, чем любой менеджер по кадрам, будет оповещать вас обо всех изменениях, напоминать о днях рождения, давать доступ к картотеке и персональным сообщениям.

Теперь создайте отделы своей виртуальной организации. Для этого, находясь в модуле **Сотрудники,** выберите блок **Структура,** а в нем ссылку **Добавить отдел.** Чтобы добавить сотрудника в отдел, его надо перетащить мышью из списка **Нераспределенные.** После этого следует установить связь «Начальник-Подчиненный», используя ссылки **Начальники, Подчиненные.** Подобная ситуация представлена на рис. 3.

Красные стрелки на схеме обозначают вашу подчиненность, а зеленые — сотрудники подчиняются вам.

Для того чтобы организовать взаимодействие в команде, выберите модуль **Задачи** и поставьте перед каждым сотрудником задачу, указав сроки ее выполнения. Сотрудник может принять или отклонить задачу, делегировать ее своему подчиненному, комментировать задачу, оперировать списком своих задач (распечатывать, сортировать по признакам). Он может даже провалить задачу — и это немедленно станет известно всем, кто с ней связан.

Используя модуль **Документы,** попробуйте создать несколько текстовых документов (их объем не может превышать 300 Мб). Также имеется возможность импортировать имеющиеся документы, которые Мегаплан будет сортировать по типам: текстовые

документы, презентации, PDF-файлы, таблицы, изображения и др. Таким образом, можно хранить общие для всей компании договоры, банки, анкеты и другие важные файлы.

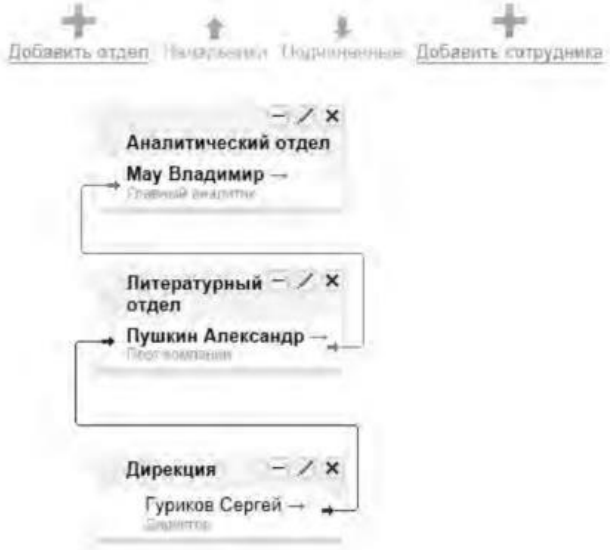


Рис. 3 Организационная структура предприятия

Модуль **Обсуждение** представляет собой корпоративный форум, в рамках которого можно рассматривать любые вопросы. Обсуждение тем может происходить в нескольких уже созданных разделах, а именно Новости, Отдых, Работа. Подобная ситуация представлена на рис. 4.

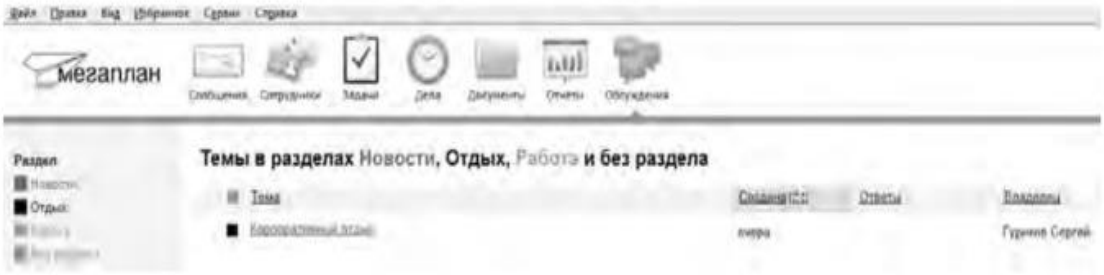


Рис. 4.Создание темы в модуле Обсуждение

Создайте несколько тем, воспользовавшись кнопкой **Добавить.** Обратите внимание на то, что вы можете ограничить просмотр обсуждаемых тем отдельным сотрудникам и группам. Корпоративный форум делает общение внутри компании более открытым. Возможность общения онлайн между сотрудниками, встреча которых могла бы и не произойти в реальной жизни, развивает неформальные отношения, вследствие которых совместная работа над проектами становится более комфортной. Работа над проектом, созданным в виртуальной среде, существенно упрощается за счет системы обмена сообщениями (модуль **Сообщения),** совместной работы, обработки файлов, находящихся в общем доступе.

Итак, освоение базовых функциональных операций в процессе работы с Мегапланом происходит очень быстро. С учетом того, что бесплатная версия продукта позволяет зарегистрировать трех пользователей, можно организовать сетевое взаимодействие, создав учебное предприятие и тем самым, усовершенствовать навыки взаимодействия исполнителей и руководителей в рабочем процессе.

Совместное времяпрепровождение за сетевыми развлечениями — последний вид сетевого взаимодействия, рассматриваемого нами. Сетевыми развлечениями в основном являются компьютерные игры. Вид взаимодействия в играх может быть различным: игроки могут соперничать друг с другом, могут быть в команде, а в некоторых играх возможны оба

вида взаимодействия. Соперничество может выражаться как напрямую, например игра в шахматы, так и в таблице рейтингов в какой-нибудь браузерной игре.

Существует особый жанр игр MMORPG (англ. Massive Multiplayer Online Role-playing Game, массовая многопользовательская онлайновая ролевая игра) — разновидность онлайновых ролевых игр, позволяющая тысячам людей одновременно играть в изменяющемся виртуальном мире через Интернет. Сообщество любителей игр в жанре MMORPG зарегистрировано в сети Интернет по адресу www.mmorpg.su.

Подобные игры, как правило, построены на технологии «клиент-сервер», но есть разновидности, где в качестве клиента выступает обычный браузер. Игрок в такой игре представляется своим **аватаром** — виртуальным представлением его игрового персонажа. Создатели игры поддерживают существование игрового мира, в котором происходит действие игры и который населен ее персонажами.

Когда геймеры попадают в игровой мир, они могут в нем выполнять различные действия вместе с другими игроками со всего мира. Разработчики MMORPG поддерживают и постоянно развивают свои миры, добавляя новые возможности и доступные действия для того, чтобы «гарантировать» интерес игроков. Яркими представителями подобного рода игр на сегодняшний день являются EverQuest, World of Warcraft, Anarchy Online, Asheron's Call, Everquest II, Guild Wars, Ragnarok Online, Silkroad Online, The Matrix Online, City of Heroes.

Задания:

а)Создайте свой аккаунт (если вы его не имеете) в одной из социальных сетей, например Livejournal или Facebook. Выполните скриншоты своего блога. Результат отправьте на электронную почту преподавателя.

б)Используя программу Windows Live Messenger, добавьте в друзья (по предварительной договоренности) своего преподавателя и свяжитесь с ним в режиме реального времени либо оставьте ему сообщение.

в)Установите на свой компьютер программу Яндекс.Диск. Предоставьте доступ к нескольким файлам своему преподавателю.

г)Создайте учебное предприятие, используя облачный сервис Мегаплан. Заполните информацией все имеющиеся в программе модули. Установите связи между отделами. Пригласите нескольких своих друзей в проект. Продемонстрируйте результат преподавателю, открыв ему доступ.

д)Напишите краткий отчет о результатах своей работы по созданию виртуального предприятия, указав в нем этапы его создания, результаты совместной сетевой деятельности.

е)Являетесь ли вы участником какой-либо игры в жанре MMORPG? Если да, расскажите об основных правилах той игры, в которой вы участвуете. Каким образом происходит ваше взаимодействие в ней с друзьями?

3. Организация форумов

Методические указания

В настоящее время перед каждым образовательным учреждением стоит задача формирования открытой информационной образовательной среды. Эффективным механизмом является использование коммуникационных возможностей сети Интернет. В частности, организация на сайтах или в информационных системах образовательных учреждений форумов (дискуссий).

Форум — это web-страница, созданная на основе клиент-серверной технологии для организации общения пользователей сети Интернет. Концепция форума основана на создании разделов, внутри которых происходит обсуждение различных тем в форме сообщений. От чата форум отличается тем, что общение может происходить не в реальном времени. Таким образом, человек имеет возможность подумать над своим ответом или над создаваемой темой.

По методу формирования набора тем форумы бывают:

- **тематические. В** рамках таких форумов пользователи обсуждают предварительно опубликованную статью, новость СМИ и т.д. Обсуждение происходит в одной или нескольких темах;

- **проблемные.** Для обсуждения предлагается ряд проблемных вопросов (тем). Обсуждение каждой проблемы происходит в своей ветке. Чаще всего в подобных типах форумов пользователь не имеет права создавать новую тему;

- **постоянно действующие форумы.** Форумы поддержки (помощи). По такому принципу строятся форумы технической поддержки, различные консультации и пр. Чаще всего это форумы с динамическим списком тем, где простые участники могут создавать новую тему в рамках тематики форума.

Форумы функционируют согласно определенным правилам, которые определяют администраторы и модераторы. **Администратор форума** следит за порядком во всех разделах, контролирует общение на ресурсе и соблюдение правил сайта. **Модератор форума** чаще всего следит за порядком в конкретном разделе, имеет более узкие права, чем администратор. Его основная задача — увеличивать популярность форума, количество участников и число интересных обсуждений. Дополнительные задачи:

- стимулировать появление новых интересных тем;
- стимулировать общение на форуме;
- не допускать конфликтных ситуаций на форуме, а в случае их возникновения — уметь найти выход из сложной ситуации;
- при появлении в темах **спама** (рассылка коммерческой и иной рекламы или иных видов сообщений (информации) лицам, не выражавшим желания их получать) немедленно сообщать об этом администратору сайта;
- следить за культурой сетевого общения.

Для каждого конкретного форума администратором могут быть созданы свои правила, но в целом их можно свести к следующим:

1. На форумах приветствуется поддержание дискуссии, обмен опытом, предоставление интересной информации, полезных ссылок.
2. Не нужно вести разговор на «вольные» темы и размещать бессодержательные (малосодержательные) или повторяющиеся сообщения. Под бессодержательными (малосодержательными) понимаются, в частности, сообщения, содержащие исключительно или преимущественно эмоции (одобрение, возмущение и т. д.).
3. Желательно проверять грамотность сообщений (например, редактором Microsoft Word) — ошибки затрудняют понимание вопроса или ответа и могут раздражать участников обсуждения.
4. Длинные сообщения желательно разбивать на абзацы пустыми строчками, чтобы их было удобно читать.
5. Запрещается размещать заведомо ложную информацию.
6. Не рекомендуется публиковать сообщения, не соответствующие обсуждаемой теме, в том числе личные разговоры в ветках форума.
7. Не следует писать сообщения сплошными заглавными буквами, так как это эквивалентно повышению тона, а также латинскими буквами. При этом сообщение считается нарушающим данное правило, если такого рода текстом набрано более трети всего сообщения.
8. Участники форума не должны нарушать общепринятые нормы и правила поведения. Исключено употребление грубых слов и ненормативной лексики, выражение расистских, непристойных, оскорбительных или угрожающих высказываний, нарушений законодательства в области авторского права или сохранности конфиденциальной информации.
9. Запрещено публично обсуждать нелегальное использование (в том числе взлом) программного обеспечения, систем безопасности, а также публикацию паролей, серийных номеров и адреса (ссылки), по которым можно найти что-либо из вышеназванного.

10. Не следует размещать в форумах, а также рассылать через личные сообщения коммерческую рекламу и спам.

Для создания форумов используется ряд программных решений, написанных на языке PHP (англ. Hypertext Preprocessor — предпроцессор гипертекста) и используемых для ведения своей базы данных сервер MySQL. К их числу относится **Invision Power Board** (www.invisionpower.com), **vBulletin** (www.vbulletin.com), **PHP Bulletin Board** (www.phpbb.com), **Simple Machines Forum** (www.simplemachines.org) и ряд других. Однако создать «движок форума» с помощью перечисленного программного обеспечения начинающему пользователю будет весьма непросто, поскольку и сами программы, и документация к ним написаны на английском языке.

Попробовать свои силы для создания тематического форума можно с использованием российских web-сервисов, предлагающих свои услуги в этом направлении. Остановим свой выбор на сервисе Forum2x2 (www.forum2x2.ru), который предлагает создание и хостинг форумов. Forum2x2 позволяет создать форум бесплатно, всего за несколько секунд и без всяких технических знаний, а после — мгновенно начать общение. Интерфейс форума является наглядным, простым в использовании и легко настраивается.

Определим следующую задачу — создать форум своего учебного заведения. Находясь на сайте сервиса Forum2x2, выберем кнопку **Создать бесплатный форум.** Пользователю будет предложено выбрать одну из четырех версий создания форумов: Phpbb3, Phpbb2, IPB и Punbb. Их краткая характеристика будет представлена в соответствующих вкладках. Воспользуемся самым простым из них - **Punbb,** который предоставляет только базовые опции web-форума, а следовательно, является оптимальным по скорости и простоте использования. Далее нам предстоит выполнить три простых шага:

- 1. Выбрать графический стиль форума.
- 2. Ввести название форума, его интернет-адрес, свой адрес электронной почты, пароль.
- 3. Прочитать информацию о недопустимом содержании создаваемого форума.

На этом создание форума можно считать завершенным. На рис. 5 представлен один из возможных примеров созданного форума.



Рис. 5 Внешний вид созданного форума

В своем электронном почтовом ящике вы обнаружите письмо от администрации сервиса Forum2x2, в котором будут даны несколько полезных советов для успешного начала работы форума, в частности:

- - поместить в форум несколько сообщений, чтобы задать тон обсуждения;
- - внести личный аспект в стиль оформления форума, подобрав цвета и шрифты;

- - сообщить по электронной почте друзьям о новом форуме и пригласить их поучаствовать в форуме;
- - поместить ссылки на форум на других сайтах, форумах и в поисковых системах.

Для администрирования вновь созданного форума необходимо ввести имя пользователя (Admin) и пароль, который вы выбрали при создании форума. После этого вы получаете доступ к ссылке **Панель администратора,** расположенной внизу страницы, которая имеет несколько вкладок (рис. 6).



Рис. 6. Вкладки Панели администратора

Вкладка **Главная** отображает информацию по статистике созданных сообщений, количестве пользователей и тем. Здесь же можно воспользоваться практическими советами по повышению посещаемости созданного форума. Попробуйте пригласить на созданный форум своих друзей, знакомых, с помощью ссылки **Адреса Email,** вводя в соответствующее поле их электронные адреса. Максимальное число приглашений, отправляемых за один раз, — десять.

Вкладка **Общие настройки** позволяет сконфигурировать форум в соответствии с личными целями администратора. В частности, можно изменить название сайта, его описание, определить конфигурацию защиты форума, определить E- mail администратора.

С помощью раздела **Категории и форумы** создайте свои форумы, определите порядок их вывода с помощью соответствующих кнопок **(Сдвинуть вверх, Сдвинуть вниз). Категория** представляет собой совокупность форумов, объединенных общей тематикой. Один из возможных примеров создания форумов приведен на рис. 7.

Сделанные изменения доступны для просмотра после нажатия на кнопку **Просмотр форума.** Находясь на вкладке **Общие настройки,** перейдите в раздел **Раскрутка форума** и выберите пункт **Поисковые системы.** Введите информацию для ваших мета-тегов, чтобы улучшить позицию вашего форума в поисковых системах. **Мета-теги** — это невидимые коды, используемые поисковиками для индексации и позиционирования вашего форума. Зарегистрируйте ваш форум в основных поисковых системах: Yandex, Google, Rambler.

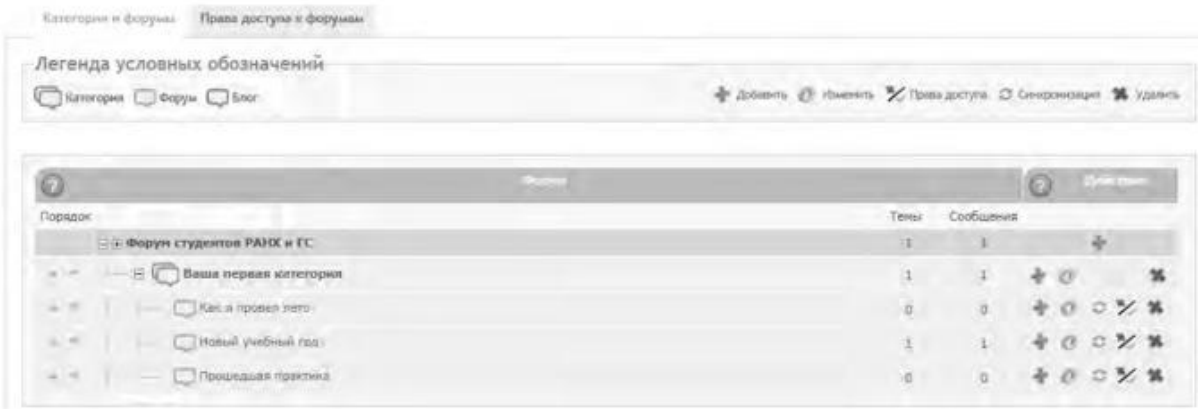


Рис. 7. Структура форумов

Используя вкладку **Оформление,** поэкспериментируйте с различными стилями для того, чтобы повысить привлекательность форума. Здесь же можно поменять версию «движка» форума.

Будучи администратором вашего форума, вы являетесь его единственным полноправным хозяином и полностью контролируете его. С помощью вкладки **Пользователи & Группы** создайте группу модераторов, ответственных за соблюдение установленных вами правил (правил орфографии, правил поведения на форуме и т.д.).

Перейдите на вкладку **Модули.** Здесь вы можете добавить к вашему форуму такие модули, как портал, календарь, галерея, чат или листы персонажей. Выберите ссылку **Портал.** Появится информация о том, что портал не инсталлирован. Нажмите ссылку — инсталлировать. Внешний вид созданного портала представлен на рис. 8.



Рис. 8. Созданный портал

На вкладке **Модули** попробуйте поработать с виджетами (гаджетами) форума, из которых и состоит портал. **Виджет** — это элемент интерфейса, предназначенный для облегчения доступа к информации.

Добавьте/удалите стандартные виджеты форума (Поиск, Календарь, Новости, Последние темы, Самые активные пользователи и др.), отслеживая изменения нажатием кнопки **Просмотр портала.** Оставьте наиболее удачный, с вашей точки зрения, вариант.

Итак, мы приобрели первоначальные практические навыки создания собственного форума и выполнили действия, направленные на увеличение его посещаемости. Кроме того, необходимо создать ссылку на форум с главной страницы сайта учебного заведения. Следует отметить, что, для того чтобы созданный форум не оставался в статичном виде, необходима большая работа администратора, модераторов по его поддержанию.

Альтернативным способом организации форумов является их развертывание в информационной системе учебного заведения. На современном отечественном рынке автоматизированных информационных систем управления учебным процессом представлено достаточно большое количество решений. Свой выбор остановим на ИС ModEUS (http://modeus.krf.ane.ru/index.php), которая разработана с учетом специфики российского образования и обеспечивает автоматизацию учебного процесса, в том числе и дистантного (учет учебного процесса, его планирование и публикация, подготовка отчетной документации).

После регистрации в системе ModEUS, нужно выбрать ссылку **Дискуссии.** Вы можете организовать дискуссию (форум) по любому из находящихся в системе курсов, щелкнув мышью по его названию.

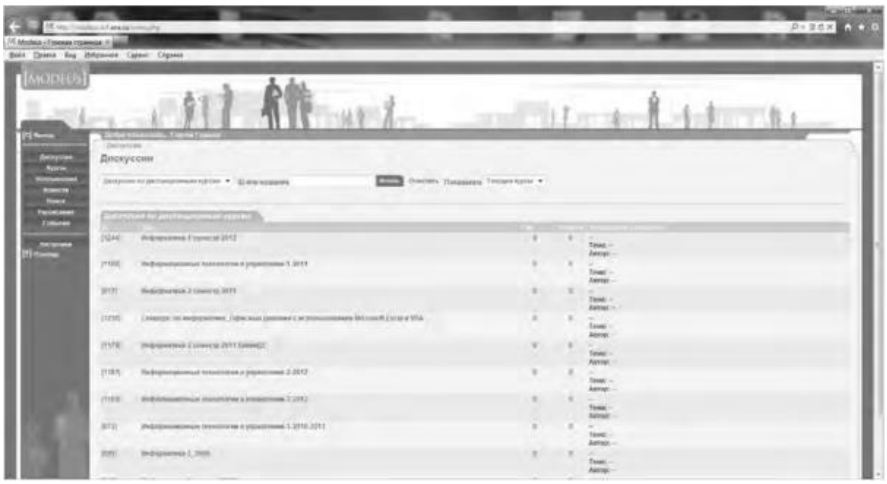


Рис. 9. Страница Дискуссии в ИС ModEUS

Создадим новую тему, нажав одноименную кнопку. Впишем в соответствующие поля название темы и вопрос, предлагаемый для обсуждения. Подобная ситуация представлена на рис. 437. Кроме того, мы имеем возможность прикрепить текстовый файл объемом не более 16 Мб, например список вопросов к экзамену.

После нажатия на кнопку **Создать** тема дискуссии отображается в системе (рис. 10), и любой из студентов может принять участие в ее обсуждении.

Таким образом, можно определить преимущества создания форума в информационной системе учебного заведения:

- - отсутствует необходимость иметь практические навыки работы по созданию web-страниц;
- - нет необходимости заботиться о раскрутке форума - студенты и преподаватели постоянно работают в системе.

В то же время есть и ряд недостатков, в частности:

- - форум доступен исключительно для студентов и преподавателей учебного заведения, в котором функционирует информационная система;
- - стандартизированный типовой интерфейс для всех выполняемых функций;
- - нет возможности организовать дискуссию на вольную тему.



Рис. 10 Создание новой темы



Рис. 11. Создана тема для дискуссии

Использование тестирующих систем в локальной сети образовательного учреждения

Теперь познакомимся с возможностями ИС ModEUS для **организации тестирования студентов в локальной сети образовательного учреждения.** Использование тестирования как наиболее объективного метода оценки качества образования широко используется в учебных заведениях России. Полнота охвата проверкой требований к уровню подготовки студентов предполагает методику конструирования тестовых заданий закрытого и открытого типа. К тестовым заданиям **закрытого типа** относятся задания, предполагающие выбор верного ответа из предложенных вопросов. Тестовые задания **открытого типа** требуют конструирования ответов с кратким и развернутым ответом. И тот, и другой тип заданий успешно реализуются в ИС ModEUS.

Прежде чем создать тестовое задание, необходимо зайти в один из учебных курсов, находящихся в репозитарии (хранилище данных), нажав кнопку **Курсы** в главном меню. Под «курсом» в ПС ModEUS понимается дисциплина, находящаяся в учебном плане.

Найдем в списке **Занятия курса** требуемое занятие и нажмем ссылку **Список заданий,** находящуюся справа от поля **Тип.** Для того чтобы добавить задание в занятие, нажмем кнопку **Добавить.** Подобная ситуация представлена на рис. 11.

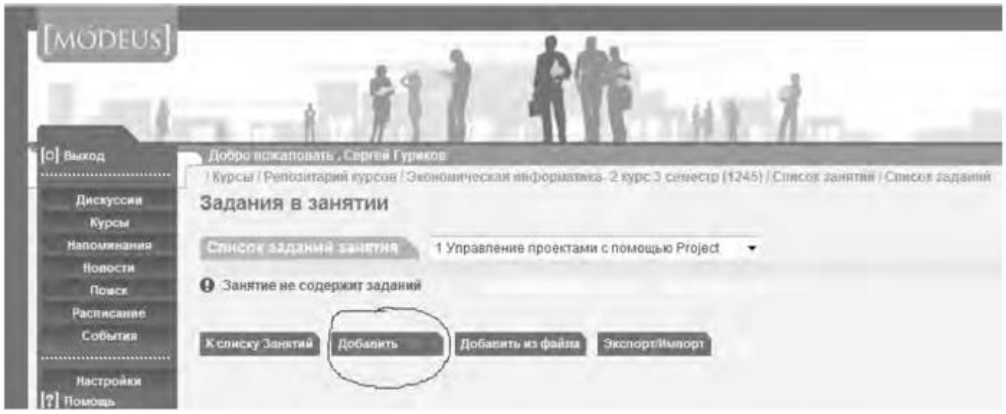


Рис.12. Добавление задания

Тип задания можно выбрать из раскрывающегося списка (рис. 12), кроме того, можно дать название новому заданию, установить балл и выбрать количество попыток сдачи.

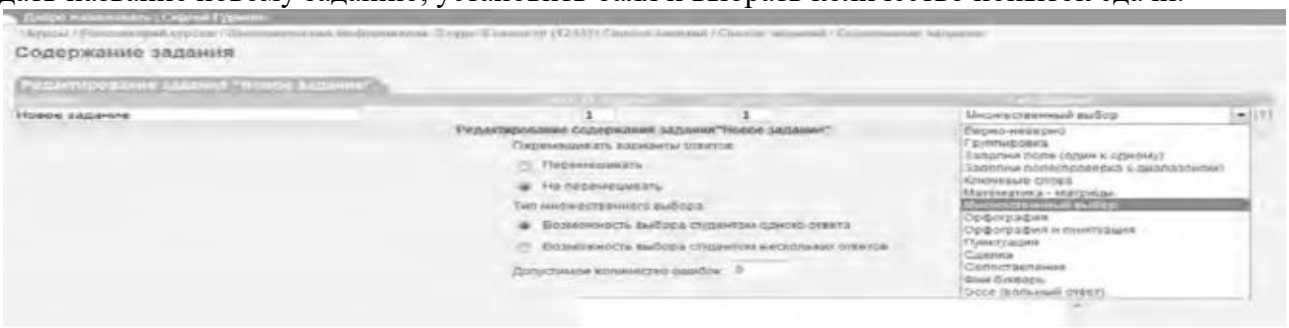


Рис.13. Выбор типа задания

Рассмотрим несколько примеров формирования вопросов закрытого и открытого типа в ИС ModEUS.

Тестовое задание со множественным выбором верных ответов (закрытый тип). Данный тип задания дает вам возможность задать вопрос и варианты ответов на него, из которых обучающийся должен выбрать верный (рис. 14). Правильным может быть один или несколько вариантов. Для того чтобы наполнить задание, выполните следующие действия:

- - в опции **Перемешивать варианты ответов** поставьте метку в поле **Перемешивать,** если вы хотите, чтобы указанные вами варианты ответов выводились на экран в различном порядке, поставьте метку в поле **Не перемешивать,** если варианты ответов должны выводиться всегда в одинаковом порядке;
- - в опции **Тип множественного выбора** поставьте метку в поле **Возможность выбора студентом одного ответа,** если обучающийся из предложенных вариантов ответов может выбрать только один верный, поставьте метку в поле **Возможность выбора студентом нескольких ответов,** если обучающийся может выбрать несколько верных ответов;
- - введите текст задания в поле **Текст задания;**
- - в случае если в задании присутствует приложение, укажите путь к этому приложению, нажав на кнопку I обзор... I и указав путь к файлу на жестком или сетевом диске. Приложением может быть документ любого формата, например изображение;
- - введите тексты вариантов ответов в соответствующие поля;
- - для добавления нового поля под вариант ответа нажмите на кнопку



- каждый вариант ответа может быть дополнен приложением. Для добавления к варианту ответа приложенияукажите путь к нему в поле **Добавить приложение,** нажав на кнопку 

и указав путь к файлу на жестком

или сетевом диске;

- установите флажки напротив одного или нескольких правильных вариантов ответа;

- нажмите на кнопку 

для сохранения задания в базе данных;

- нажмите на кнопку 

, чтобы сохранить задание и сразу

перейти к составлению нового задания.

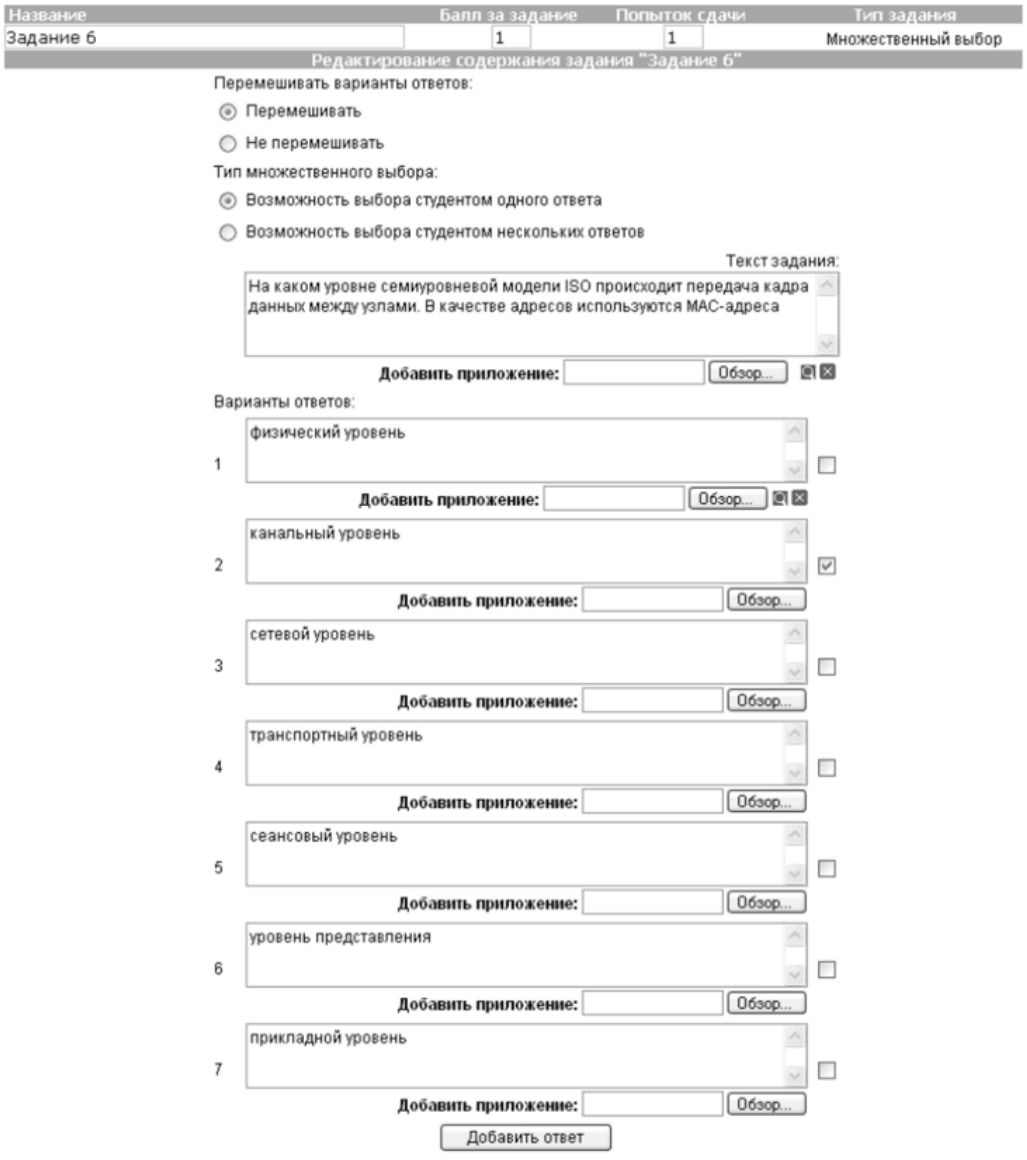


Рис. 14. Создание задания со множественным выбором верных ответов

Тестовое задание с добавлением слова (открытый тип). Данный тип задания (рис. 15) дает вам возможность задать вопрос, на который обучающийся должен ответить, введя ответ с клавиатуры в виде текста, цифры, слова, математической формулы и т.д. Для того чтобы наполнить задание, выполните следующие действия:

- - введите текст задания в поле **Текст задания;**
- - текст задания может представлять собой текст или текст в сочетании с

приложением. Чтобы добавить приложение (изображение или документ), нажмите на кнопку Обзор..., находящуюся под полем **Текст задания,** и
укажите путь к файлу на жестком или сетевом диске;

- - в поле **Вопрос** введите вопрос, на который должен ответить обучающийся;
- - в поле **Ответ** укажите правильный ответ;

- в пределах одного задания вы можете задать обучающемуся несколько вопросов. Для добавления вопроса нажмите на кнопку Добавить вопрос;

- нажмите на кнопку Зафиксировать для сохранения задания в базе данных;

- нажмите на кнопку Сохранить и добавить новое, чтобы сохранить задание и сразу перейти к составлению нового задания.

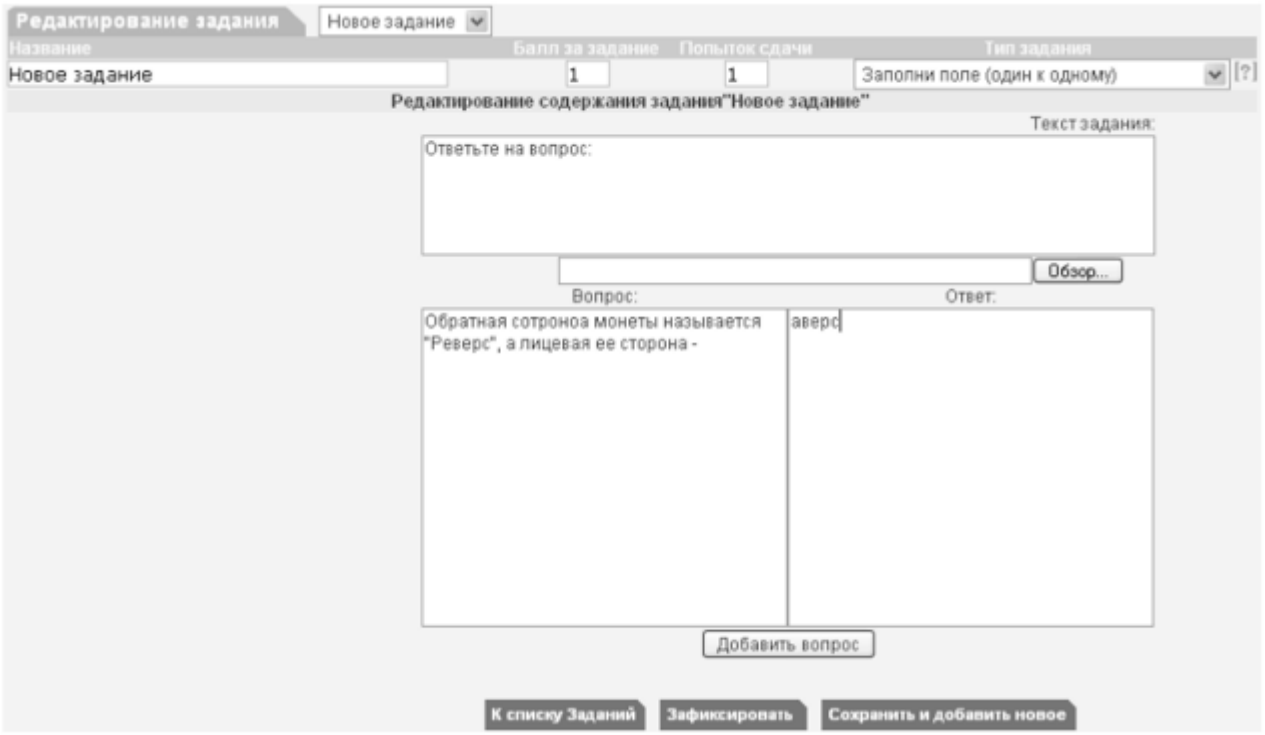


Рис. 15 Создание задания с добавлением слова

Кроме рассмотренных типов заданий, в ИС ModEUS существует и ряд других, в частности:

Верно - неверно. Данный тип задания предоставляет возможность обучающемуся выбрать один из вариантов ответа («верно» или «неверно») на поставленный вопрос.

Группировка. В данном типе задания обучающемуся необходимо распределить заданный список понятий по группам.

Заполни поле (проверка с диапазоном). Данный тип задания дает возможность задать вопрос, на который обучающийся должен ответить, введя с клавиатуры числовой ответ.

Сопоставление. Проверяется способность обучающихся сопоставить понятия по указанному принципу.

Эссе. Обучающийся отвечает в свободной форме на поставленный преподавателем вопрос. Вопрос может быть представлен в виде текста или любого другого документа.

Следует отметить, что в ИС ModEUS можно задать количество вопросов, время на проведение тестовых заданий, а также **мощность теста.** Мощность определяет количество заданий, которые будут предложены студенту для выполнения. Например, если в группе заданий десять вариантов заданий, а мощность группы равна пяти, то студенту будут предложены для выполнения пять заданий из десяти. После проведения тестирования в

информационной системе происходит автоматическое формирование оценок на основании выполненных студентами заданий.

Итак, мы завершили рассмотрение возможностей информационной системы, работающей в локальной сети учебного заведения для организации форумов и проведения тестирования студентов.

Настройка видео web-сессий

В настоящее время миллионы пользователей во всем мире используют видеосвязь с помощью сети Интернет для общения друг с другом. Достоинства такого способа общения очевидны: есть возможность слышать и визуально наблюдать собеседника, находящегося, возможно, за тысячи километров. Для обеспечения полноценной видеосвязи для захвата и воспроизведения видео и звука могут использоваться как встроенные в компьютер камера, микрофон или динамик, так и внешние устройства, такие как web-камера, головная гарнитура, а также следует обеспечить высокоскоростной доступ к Интернету.

Взаимодействие собеседников при организации видео web-сессий возможно в нескольких направлениях: видеоконференция и видеотелефония.

1. **Видеоконференция** — это технология интерактивного взаимодействия двух и более человек, при которой между ними происходит обмен информацией в режиме реального времени. Существует нескольких видов видеоконференций:

- **симметричная (групповая)** видеоконференция позволяет проводить сеансы показа презентаций или рабочего стола;
- **асимметричная** видеоконференция используется для дистанционного образования. Позволяет собрать в конференции множество участников таким образом, что все они будут видеть и слышать одного ведущего, он, в свою очередь, всех участников одновременно;
- **селекторное видеосовещание** — рассчитано на взаимодействие большой группы участников, при котором пользователи имеют возможность активно обсуждать действия при чрезвычайных ситуациях, оперативно решать текущие вопросы.

Для эффективной организации проведения web-конференций, маркетинговых презентаций, онлайн-обучения, совещаний и любых других видов онлайн-встреч существует ряд программных решений. В качестве примера можно привести программы Mirapolis Virtual Room (http://virtualroom.ru/), ВидеоМост (www.videomost.com), TrueConf Online (http://trueconf.ru/) и др.

2. Видеотелефония — реализуется посредством сеанса видеосвязи между двумя пользователями, во время которого они могут видеть и слышать друг друга, обмениваться сообщениями и файлами, вместе работать над документами и при этом находиться в разных местах в комфортной для себя обстановке.

Для того чтобы общаться с близкими и друзьями, можно бесплатно совершать видеозвонки с помощью таких программ, как Skype (http://www.Skype, com/intl/ru/get-skype), Mail.ru Агент (http://agent.mail.ru) и ряд других.

Для того чтобы проверить наличие встроенной web-камеры на компьютере, достаточно войти в меню **Пуск,** выбрать **Компьютер,** щелкнуть на нем правой кнопкой мыши и в контекстно-зависимом меню нажать пункт **Свойства.** Далее следует выбрать пункт меню **Диспетчер устройств,** а в нем пункт **Устройства обработки изображений.** Наличие в нем устройства, например, USB 2.0 Camera свидетельствует о наличии web-камеры.

Кроме того, в документации к компьютеру (Руководство пользователя) или другому устройству должны быть приведены сведения об установленных в систему устройствах и, в частности, инструкция по использованию встроенной камеры и программному обеспечению, отвечающему за данное устройство.

Одной из таких популярных утилит является ArcSoft WebCam Companion — пакет приложений для взаимодействия с web-камерой, который позволяет захватывать, редактировать изображения и записывать видео. Самостоятельно проведите ее инсталляцию,

воспользовавшись web-адресом http://arcsoft-webcam- companion.en.softonic.com. После установки данной программы на компьютер ее можно запустить на выполнение командой **Пуск/Все программы/ArcSoft WebCam Companion/WebCam Companion.** Интерфейс программы представлен несколькими разделами: Захват, Маска, Забавная рамка, Правка, Монитор, Другие приложения (рис. 16).



Рис. 16. Пункты меню программы ArcSoft WebCam Companion

Выберем значок **Захват,** а в нем пункт меню **Параметры web-камеры.** Откроется окно, представленное на рис. 17.

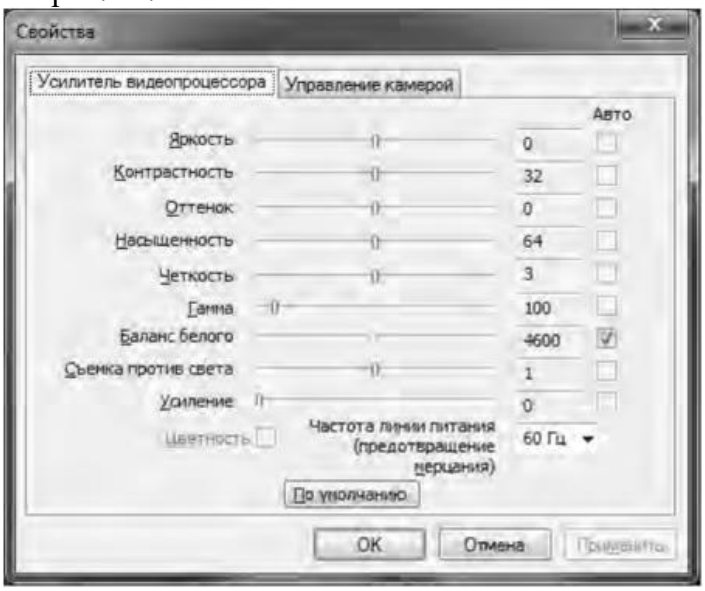


Рис. 17. Окно Свойства web-камеры

Как видно из рис. 17, в данном окне можно изменить основные параметры настройки web-камеры, одновременно наблюдая за результатом на экране. При желании настройки можно вернуть в исходное состояние, нажав на кнопку **По умолчанию.**

Теперь поговорим о том, как организовать web-сессию в такой популярной программе, как Skype. Ее большим преимуществом является такой факт, что звонки между абонентами являются бесплатными. Однако, если вы делаете звонок на мобильный или стационарный телефон, вам потребуется позаботиться о том, чтобы на вашем счете были деньги. Положить деньги на оплату разговоров в Skype вы можете с использованием такого сервиса, как Яндекс.Деньги (https://money.yandex.ru/).

Инсталлируйте программу Skype, воспользовавшись ее адресом в сети Интернет http://www.skype.com/intl/ru/get-skype. После установки программа становится доступной после выполнения команды **Пуск/Все программы/ Skype/Skype. В** окне регистрации введите свой логин и пароль. Обратите внимание на то, что если вы установите флажок в пункте **Автоматическая авторизация при запуске Skype,** то вам не придется каждый раз вводить свои данные.

Добавьте своих друзей, родственников в список контактов, воспользовавшись командой **Контакты/Добавить контакт.** Вам нужно ввести фамилию, имя знакомого, его контактный телефон, адрес электронной почты. В результате ваши контакты будут располагаться в группе **Контакты** и будут видны при каждом запуске программы.

Выполним настройку web-камеры. Последовательно нажмем **Инструменты/Настройки/Настройки видео.** Появится окно, представленное на рис. 18.

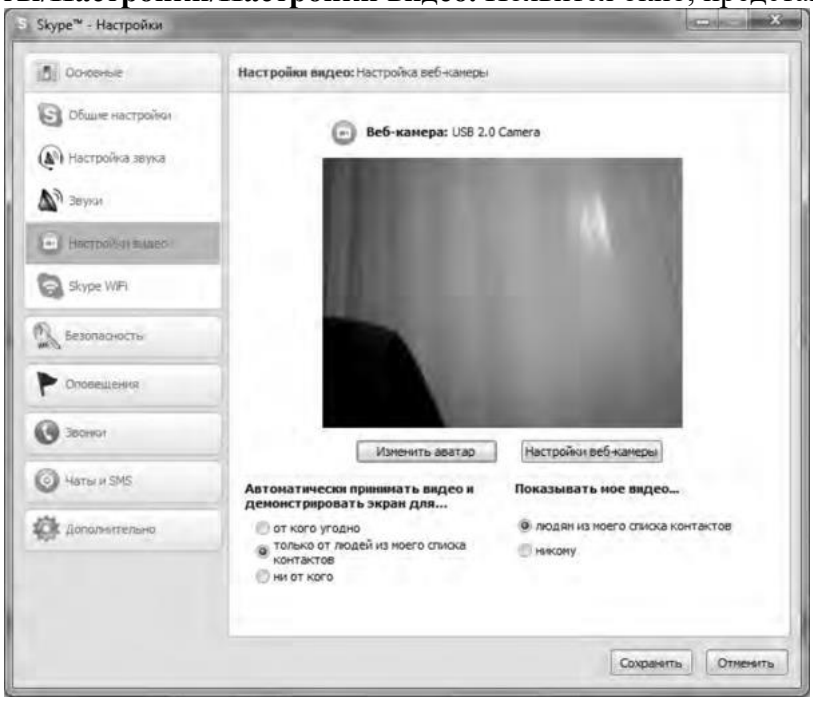


Рис.18. Окно Настройки

Если вы видите изображение - камера настроена и готова к работе. В противном случае, Skype выведет об этом текстовое сообщение. Теперь перейдем в меню **Настройка звука.** Проверьте, что поставлен флажок в опции **Разрешить автоматическую настройку микрофона.** Скажите несколько слов вслух, уровень громкости звука в опции **Громкость** должен изменяться. Окончательно проверить сделанные настройки можно с помощью контрольного звонка. Для этого, находясь в меню **Настройка** звука, выберите пункт **Сделать контрольный звонок в** Skype. В ходе контрольного звонка вы сможете сделать запись своего голоса в течение десяти секунд, а затем прослушать его. Если этот эксперимент окончится удачно, значит, все настройки выполнены правильно и программа готова к работе.

Теперь, когда мы завершили работу с настройками программы, можно попробовать сделать видеозвонок. Для этого необходимо совершить следующие действия:

1. Войти в программу Skype.
2. В группе **Контакты** щелчком мыши выбрать абонента. Во время звонка он должен быть в сети, о чем будет свидетельствовать соответствующий значок в программе Skype.
3. Нажать кнопку **Видеозвонок.**

Через несколько секунд соединение будет установлено и вы можете начать разговор, в процессе которого вы будете видеть и слышать своего собеседника. Подобная ситуация представлена на рис. 19.



Рис. 19 Сеанс связи установлен

Если во время разговоров у вас возникают неполадки со звуком, такие как сильный фоновый шум, эхо, задержка звука, «механический» звук или пропадание слов, следует убедиться в следующем:

1. Использует ли собеседник последнюю версию программы Skype? Информацию о версии программы можно получить, выполнив команду **По- мощь/О** Skype.
2. Нет ли рядом с микрофоном источников шума?
3. Не расположен ли микрофон рядом с динамиками?
4. Достаточно ли высокая скорость соединения?

Кроме того, когда программа Skype обнаруживает неполадки во время звонка, на экране появляется сообщение с рекомендациями, которые помогут вам повысить качество связи. Необходимо выполнить эти рекомендации.

Итак, вы получили теоретические сведения и практические навыки работы с организацией видео web-сессий, которые, несомненно, будут востребованы в вашей повседневной жизни.

Задания:

а)Зарегистрируйтесь на сервисе Forum2x2. Создайте форум своего учебного заведения, выбрав одну из четырех версий создания форумов. Выполните советы для успешного начала работы своего форума, приведенные в параграфе 5.4. После завершения работы отправьте на электронную почту преподавателя ссылку на созданный вами форум.

б)Установите на свой компьютер программу Skype. Сделайте видеозвонок вашему преподавателю (по предварительной договоренности).

2. Проведите диагностику стиля делового общения.

Инструкция. С помощью этого теста вы можете оценить свой стиль делового общения. Вам предложено 80 утверждений. Из каждой пары выберите одно — то, которое, как вы считаете, наиболее соответствует вашему поведению. Обратите внимание па то, что ни одна пара не должна быть пропущена. Тест построен таким образом, что ни одно из приведенных ниже утверждений не является ошибочным.

1. Я люблю действовать.
2. Я работаю над решением проблем систематическим образом.
3. Я считаю, что работа в командах более эффективна, чем на индивидуальной основе.
4. Мне очень нравятся различные нововведения.
5. Я больше интересуюсь будущим, чем прошлым.
6. Я очень люблю работать с людьми.
7. Я люблю принимать участие в хорошо организованных встречах.
8. Для меня очень важными являются окончательные сроки.

9. Я против откладываний и проволочек.
10. Я считаю, что новые идеи должны быть проверены прежде, чем они будут применяться на практике.
11. Я очень люблю взаимодействовать с другими людьми. Это меня стимулирует и вдохновляет.
12. Я всегда стараюсь искать новые возможности.
13. Я сам люблю устанавливать цели, планы и т.п.
14. Если я что-либо начинаю, то доделываю это до конца.
15. Обычно и стараюсь понять эмоциональные реакции других.
16. Я создаю проблемы другим людям.
17. Я надеюсь получить реакцию других на свое поведение.
18. Я нахожу, что действия, основанные на принципе «шаг за шагом», являются очень эффективными.
19. Я думаю, что хорошо могу понимать поведение и мысли других.
20. Я люблю творческое решение проблем.
21. Я все время строю планы на будущее.
22. Я восприимчив к нуждам других.
23. Хорошее планирование — ключ к успеху.
24. Меня раздражает слишком подробный анализ.
25. Я остаюсь невозмутимым, если на меня оказывают давление.
26. Я очень ценю опыт.
27. Я прислушиваюсь к мнению других.
28. Говорят, что я быстро соображаю.
29. Сотрудничество является для меня ключевым словом.
30. Я использую логические методы для анализа альтернатив.
31. Я люблю, когда одновременно у меня идут разные проекты.
32. Я постоянно задаю себе вопросы.
33. Делая что-либо, я тем самым учусь.
34. Полагаю, что я руководствуюсь рассудком, а не эмоциями.
35. Я могу предсказать, как другие будут вести себя в той или иной ситуации.
36. Я не люблю вдаваться в детали.
37. Анализ всегда должен предшествовать действиям.
38. Я способен оценить климат в группе.
39. У меня есть склонность не заканчивать начатые дела.
40. Я воспринимаю себя как решительного человека.
41. Я ищу такие дела, которые бросают мне вызов.
42. Я основываю свои действия на наблюдениях и фактах.
43. Я могу открыто выразить свои чувства.
44. Я люблю формулировать и определять контуры новых проектов.
45. Я очень люблю читать.
46. Я воспринимаю себя как человека, способного интенсифицировать, организовать деятельность других.
47. Я не люблю заниматься одновременно несколькими вопросами.
48. Я люблю достигать поставленных целей.
49. Мне нравится узнавать что-либо о других людях.
50. Я люблю разнообразие.
51. Факты говорят сами за себя.
52. Я использую свое воображение, насколько это возможно.
53. Меня раздражает длительная, кропотливая работа.
54. Мой мозг никогда не перестает работать.
55. Важному решению предшествует подготовительная работа.
56. Я глубоко уверен в том, что люди нуждаются друг в друге, чтобы завершить работу.

57. Я обычно принимаю решение, особо не задумываясь.
58. Эмоции только создают проблемы.
59. Я люблю быть таким же, как другие.
60. Я не могу быстро прибавить пятнадцать к семнадцати.
61. Я примеряю свои новые идеи к людям.
62. Я верю в научный подход.
63. Я люблю, когда дело сделано.
64. Хорошие отношения необходимы.
65. Я импульсивен.
66. Я нормально воспринимаю различия в людях.
67. Общение с другими людьми значимо само по себе.
68. Люблю, когда меня интеллектуально стимулируют.
69. Я люблю организовывать что-либо.
70. Я часто перескакиваю с одного дела на другое.
71. Общение и работа совместно с другими людьми являются творческим процессом.
72. Самоактуализация является крайне важной для меня.
73. Мне очень нравится играть идеями.
74. Я не люблю попусту терять время.
75. Я люблю делать то, что у меня получается.
76. Взаимодействуя с другими, я учусь.
77. Абстракции интересны для меня.
78. Мне нравятся детали.
79. Я люблю кратко подвести итоги, прежде чем прийти к какому-либо умозаключению.
80. Я достаточно уверен в себе.

Обработка результатов.

Обведите те номера, на которые вы ответили положительно, и отметьте их в приведенной ниже таблице. Посчитайте количество баллов по каждому стилю (один положительный ответ равен 1 баллу). Тот стиль, по которому вы набрали наибольшее количество баллов (по одному стилю не может быть более 20 баллов), наиболее предпочтителен для вас.
Если вы набрали одинаковое количество баллов по двум стилям, значит, они оба присущи вам.

Ключ

Стиль 1: 1, 8, 9, 13, 17, 24, 26, 31, 33, 40, 41, 48, 50, 53, 57, 63, 65, 70, 74, 79.
Стиль 2: 2, 7, 10, 14, 18, 23, 25, 30, 34, 37, 42, 47, 51, 55, 58, 62, 66, 69, 75, 78.
Стиль 3: 3, 6, 11, 15, 19, 22, 27, 29, 35, 38, 43, 46, 49, 56, 59, 64, 67, 71, 76, 80.
Стиль 4: 4, 5, 12, J6, 20, 21, 28, 32, 36, 39, 44, 45, 52, 54, 60, 61, 68, 72, 73, 77.

Интерпретация результатов

Стиль 1 — ориентация на действие. Характерно обсуждение результатов, конкретных вопросов, поведения, ответственности, опыта, достижений, решений. Люди, владеющие этим стилем, прагматичны, прямолинейны, решительны, легко переключаются с одного вопроса на другой.

Стиль 2 — ориентация на процесс. Характерно обсуждение фактов, процедурных вопросов, планирования, организации, контролирования, деталей. Человек, владеющий этим стилем, ориентирован на систематичность, последовательность, тщательность. Он честен, многословен и мало эмоционален.

Стиль 3 ориентация на людей. Характерно обсуждение человеческих нужд, мотивов, чувств, «духа работы в команде», понимания, сотрудничества. Люди этого стиля эмоциональны, чувствительны, умеют сопереживать окружающим.

Стиль 4 — ориентация на перспективу, на будущее. Людям этого стиля присуще обсуждение концепций, больших планов, нововведений, различных вопросов, новых методов, альтернатив. Они обладают хорошим воображением, полны идей, но мало реалистичны и порой их сложно понять.

Задания:

а) На основе самодиагностики определите стиль делового общения

б) Дайте обоснование рекомендаций по совершенствованию делового общения.

ПОДГОТОВКА РЕФЕРАТА

Общая характеристика реферата

Написание реферата практикуется в учебном процессе в целях приобретения магистрантом необходимой профессиональной подготовки, развития умения и навыков самостоятельного научного поиска: изучения литературы по выбранной теме, анализа различных источников и точек зрения, обобщения материала, выделения главного, формулирования выводов и т. п. С помощью реферата магистрант может глубже постигать наиболее сложные проблемы дисциплины, учится лаконично излагать свои мысли, правильно оформлять работу, докладывать результаты своего труда.

Реферат является первой ступенью на пути освоения навыков проведения научно-исследовательской работы. В «Толковом словаре русского языка» дается следующее определение: «**реферат** – краткое изложение содержания книги, статьи, исследования, а также доклад с таким изложением».

Различают два вида реферата:

- *репродуктивный* – воспроизводит содержание первичного текста в форме реферата-конспекта или реферата-резюме. В реферате-конспекте содержится фактическая информация в обобщённом виде, иллюстрированный материал, различные сведения о методах исследования, результатах исследования и возможностях их применения. В реферате-резюме содержатся только основные положения данной темы;
- *продуктивный* – содержит творческое или критическое осмысление реферируемого источника и оформляются в форме реферата-доклада или реферата-обзора. В реферате-докладе, наряду с анализом информации первоисточника, дается объективная оценка проблемы, и он имеет развёрнутый характер. Реферат-обзор составляется на основе нескольких источников и в нем сопоставляются различные точки зрения по исследуемой проблеме.

Магистрант для изложения материала должен выбрать продуктивный вид реферата.

Выбор темы реферата

Магистранту предоставляется право выбора темы реферата из рекомендованного преподавателем дисциплины списка. Выбор темы должен быть осознанным и обоснованным с точки зрения познавательных интересов автора, а также полноты освещения темы в имеющейся научной литературе.

Если интересующая тема отсутствует в рекомендованном списке, то по согласованию с преподавателем магистранту предоставляется право самостоятельно предложить тему реферата, раскрывающую содержание изучаемой дисциплины. Тема не должна быть слишком общей и глобальной, так как небольшой объем работы (до 20-25 страниц без учёта приложений) не позволит раскрыть ее.

Начинать знакомство с избранной темой лучше всего с чтения обобщающих работ по данной проблеме, постепенно переходя к узкоспециальной литературе. При этом следует сразу же составлять

библиографические выходные данные используемых источников (автор, название, место и год издания, издательство, страницы).

На основе анализа прочитанного и просмотренного материала по данной теме следует составить тезисы по основным смысловым блокам, с пометками, собственными суждениями и оценками. Предварительно подобранный в литературных источниках материал может превышать необходимый объем реферата.

Формулирование цели и составление плана реферата

Выбрав тему реферата и изучив литературу, необходимо сформулировать цель работы и составить план реферата.

Цель – это осознаваемый образ предвосхищаемого результата. Возможно, формулировка цели в ходе работы будет меняться, но изначально следует ее обозначить, чтобы ориентироваться на нее в ходе исследования. Формулирование цели реферата рекомендуется осуществлять при помощи глаголов: исследовать, изучить, проанализировать, систематизировать, осветить, изложить (представления, сведения), создать, рассмотреть, обобщить и т. д.

Определяясь с целью дальнейшей работы, параллельно необходимо думать над составлением плана, при этом четко соотносить цель и план работы. Правильно построенный план помогает систематизировать материал и обеспечить последовательность его изложения.

Наиболее традиционной является следующая **структура реферата**:

Титульный лист.

Оглавление (план, содержание).

Введение.

1. (полное наименование главы).
   1.1. (полное название параграфа, пункта);
   1.2. (полное название параграфа, пункта).
2. (полное наименование главы).
   2.1. (полное название параграфа, пункта);
   2.2. (полное название параграфа, пункта).

Основная часть

Заключение (выводы).

Библиография (список использованной литературы).

Приложения (по усмотрению автора).

Титульный лист оформляется в соответствии с Приложением.

Оглавление (план, содержание) включает названия всех глав и параграфов (пунктов плана) реферата и номера страниц, указывающие их начало в тексте реферата.

Введение. В этой части реферата обосновывается актуальность выбранной темы, формулируются цель и задачи работы, указываются используемые материалы и дается их краткая характеристика с точки зрения полноты освещения избранной темы. Объем введения не должен превышать 1-1,5 страницы.

Основная часть реферата может быть представлена двумя или тремя главами, которые могут включать 2-3 параграфа (пункта).

Здесь достаточно полно и логично излагаются главные положения в используемых источниках, раскрываются все пункты плана с сохранением связи между ними и последовательности перехода от одного к другому.

Автор должен следить за тем, чтобы изложение материала точно соответствовало цели и названию главы (параграфа). Материал в реферате рекомендуется излагать своими словами, не допуская дословного переписывания из литературных источников. В тексте обязательны ссылки на первоисточники, т. е. на тех авторов, у которых взят данный материал в виде мысли, идеи, вывода, числовых данных, таблиц, графиков, иллюстраций и пр.

Работа должна быть написана грамотным литературным языком. Сокращение слов в тексте не допускается, кроме общеизвестных сокращений и аббревиатуры. Каждый раздел рекомендуется заканчивать кратким выводом.

Заключение (выводы). В этой части обобщается изложенный в основной части материал, формулируются общие выводы, указывается, что нового лично для себя вынес автор реферата из работы над ним. Выводы делаются с учетом опубликованных в литературе различных точек зрения по проблеме рассматриваемой в реферате, сопоставления их и личного мнения автора реферата. Заключение по объему не должно превышать 1,5-2 страниц.

Библиография (список использованной литературы) – здесь указывается реально использованная для написания реферата литература, периодические издания и электронные источники информации. Список составляется согласно правилам библиографического описания.

Приложения могут включать графики, таблицы, расчеты.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РЕФЕРАТА

Общие требования к оформлению реферата

Рефераты по дисциплинам магистратуры направления подготовки 38.04.02 – «Менеджмент», как правило, требуют изучения и анализа значительного объема статистического материала, формул, графиков и т. п. В силу этого особое значение приобретает правильное оформление результатов проделанной работы.

Текст реферата должен быть подготовлен в печатном виде. Исправления и помарки не допускаются. Текст работы оформляется на листах формата А4, на одной стороне листа, с полями: левое – 25 мм, верхнее – 20 мм, правое – 15 мм и нижнее – 25 мм. При компьютерном наборе шрифт должен быть таким: тип шрифта Times New Roman, кегль 14, междустрочный интервал 1,5.

Рекомендуемый объем реферата – не менее 20 страниц. Титульный лист реферата оформляется магистрантом по образцу, данному в приложении 1.

Текст реферата должен быть разбит на разделы: главы, параграфы и т. д. Очередной раздел нужно начинать с нового листа.

Все страницы реферата должны быть пронумерованы. Номер страницы ставится снизу страницы, по центру. Первой страницей является титульный лист, но на ней номер страницы не ставится.

Таблицы

Таблицы по содержанию делятся на аналитические и неаналитические. Аналитические таблицы являются результатом обработки и анализа цифровых показателей. Как правило, после таких таблиц делается обобщение, которое вводится в текст словами: «таблица позволяет сделать вывод о том, что…», «таблица позволяет заключить, что…» и т. п.

В неаналитических таблицах обычно помещаются необработанные статистические данные, необходимые лишь для информации и констатации фактов.

Таблицы размещают после первого упоминания о них в тексте таким образом, чтобы их можно было читать без поворота работы или с поворотом по часовой стрелке.

Каждая таблица должна иметь нумерационный и тематический заголовок. Тематический заголовок располагается по центру таблицы, после нумерационного, размещённого в правой стороне листа и включающего надпись «Таблица» с указанием арабскими цифрами номера таблицы. Нумерация таблиц сквозная в пределах каждой главы. Номер таблицы состоит из двух цифр: первая указывает на номер главы, вторая – на номер таблицы в главе по порядку (например: «Таблица 2.2» – это значит, что представленная таблица вторая во второй главе).

Цифры в графах таблиц должны проставляться так, чтобы разряды чисел во всей графе были расположены один под другим. В одной графе количество десятичных знаков должно быть одинаковым. Если данные отсутствуют, то в графах ставят знак тире. Округление числовых значений величин до первого, второго и т. д. десятичного знака для различных значений одного и того же наименования показателя должно быть одинаковым.

Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другую страницу, при этом заголовок таблицы помещают только над ее первой частью, а над переносимой частью пишут «Продолжение таблицы» или «Окончание таблицы». Если в работе несколько таблиц, то после слов «Продолжение» или «Окончание» указывают номер таблицы, а само слово «таблица» пишут сокращенно, например: «Продолжение табл. 1.1», «Окончание табл. 1.1».

На все таблицы в тексте курсовой работы должны быть даны ссылки с указанием их порядкового номера, например: «…в табл. 2.2».

Формулы

Формулы – это комбинации математических знаков, выражающие какие-либо предложения.

Формулы, приводимые в реферате, должны быть наглядными, а обозначения, применяемые в них, соответствовать стандартам.

Пояснения значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой, в той последовательности, в какой они даны в формуле. Значение каждого символа и числового коэффициента дается с новой строки. Первую строку объяснения начинают со слова «где» без двоеточия после него.

Формулы и уравнения следует выделять из текста свободными строками. Если уравнение не умещается в одну строку, оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знака (+), минус (–), умножения (х) и деления (:).

Формулы нумеруют арабскими цифрами в пределах всей курсовой работы (реферата) или главы. В пределах реферата используют нумерацию формул одинарную, в пределах главы – двойную. Номер указывают с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках.

В тексте ссылки на формулы приводятся с указанием их порядковых номеров, например: «…в формуле (2.2)» (второй формуле второй главы).

Иллюстрации

Иллюстрации позволяют наглядно представить явление или предмет такими, какими мы их зрительно воспринимаем, но без лишних деталей и подробностей.

Основными видами иллюстраций являются схемы, диаграммы и графики.

Схема – это изображение, передающее обычно с помощью условных обозначений и без соблюдения масштаба основную идею какого-либо устройства, предмета, сооружения или процесса и показывающее взаимосвязь их главных элементов.

Диаграмма – один из способов изображения зависимости между величинами. Наибольшее распространение получили линейные, столбиковые и секторные диаграммы.

Для построения линейных диаграмм используется координатное поле. По горизонтальной оси в изображенном масштабе откладывается время или факториальные признаки, на вертикальной – показатели на определенный момент (период) времени или размеры результативного независимого признака. Вершины ординат соединяются отрезками – в результате получается ломаная линия.

На столбиковых диаграммах данные изображаются в виде прямоугольников (столбиков) одинаковой ширины, расположенных вертикально или горизонтально. Длина (высота) прямоугольников пропорциональна изображенным ими величинам.

Секторная диаграмма представляет собой круг, разделенный на секторы, величины которых пропорциональны величинам частей изображаемого явления.

График – это результат обработки числовых данных. Он представляет собой условные изображения величин и их соотношений через геометрические фигуры, точки и линии.

Количество иллюстраций в работе должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста.

Иллюстрации обозначаются словом «Рис.» и располагаются после первой ссылки на них в тексте так, чтобы их было удобно рассматривать без поворота

работы или с поворотом по часовой стрелке. Иллюстрации должны иметь номер и наименование, расположенные по центру, под ней. Иллюстрации нумеруются в пределах главы арабскими цифрами, например: «Рис. 1.1» (первый рисунок первой главы). Ссылки на иллюстрации в тексте реферата приводят с указанием их порядкового номера, например: «…на рис. 1.1».

При необходимости иллюстрации снабжаются поясняющими данными (подрисуночный текст).

Приложения

Приложение – это часть основного текста, которая имеет дополнительное (обычно справочное) значение, но, тем не менее, необходима для более полного освещения темы. По форме они могут представлять собой текст, таблицы, графики, карты. В приложении помещают вспомогательные материалы по рассматриваемой теме: инструкции, методики, положения, результаты промежуточных расчетов, типовые проекты, имеющие значительный объем, затрудняющий чтение и целостное восприятие текста. В этом случае в тексте приводятся основные выводы (результаты) и делается ссылка на приложение, содержащее соответствующую информацию. Каждое приложение должно начинаться с новой страницы. В правом верхнем углу листа пишут слово «Приложение» и указывают номер приложения. Если в реферате больше одного приложения, их нумеруют последовательно арабскими цифрами, например: «Приложение 1», «Приложение 2» и т. д.

Каждое приложение должно иметь заголовок, который помещают ниже слова «Приложение» над текстом приложения, по центру.

При ссылке на приложение в тексте реферата пишут сокращенно строчными буквами «прил.» и указывают номер приложения, например: «…в прил. 1».

Приложения оформляются как продолжение текстовой части реферата со сквозной нумерацией листов. Число страниц в приложении не лимитируется и не включается в общий объем страниц реферата.

Библиографический список

Библиографический список должен содержать перечень и описание только тех источников, которые были использованы при написании реферата.

В библиографическом списке должны быть представлены монографические издания отечественных и зарубежных авторов, материалы профессиональной периодической печати (экономических журналов, газет и еженедельников), законодательные и др. нормативно-правовые акты. При составлении списка необходимо обратить внимание на достижение оптимального соотношения между монографическими изданиями, характеризующими глубину теоретической подготовки автора, и периодикой, демонстрирующей владение современными экономическими данными.

Наиболее распространенным способом расположения наименований литературных источников является алфавитный. Работы одного автора перечисляются в алфавитном порядке их названий. Исследования на

иностранных языках помещаются в порядке латинского алфавита после исследований на русском языке.

Ниже приводятся примеры библиографических описаний использованных источников.

Статья одного, двух или трех авторов из журнала

Зотова Л. А., Еременко О. В. Инновации как объект государственного регулирования // Экономист. 2010. № 7. С. 17–19.

Статья из журнала, написанная более чем тремя авторами

Валютный курс и экономический рост / С. Ф. Алексашенко, А. А. Клепач, О. Ю. Осипова [и др.] // Вопросы экономики. 2010. № 8. С. 18–22.

Книга, написанная одним, двумя или тремя авторами

Иохин В. Я. Экономическая теория: учебник. М.: Юристъ, 2009. 178 с.

Книга, написанная более чем тремя авторами

Экономическая теория: учебник / В. Д. Камаев [и др.]. М.: ВЛАДОС, 2011. 143 с.

Сборники

Актуальные проблемы экономики и управления: сборник научных статей. Екатеринбург: УГГУ, 2010. Вып. 9. 146 с.

Статья из сборника

Данилов А. Г. Система ценообразования промышленного предприятия // Актуальные проблемы экономики и управления: сб. научных статей. Екатеринбург: УГГУ, 2010. Вып. 9. С. 107–113.

Статья из газеты

Крашаков А. С. Будет ли обвал рубля // Аргументы и факты. 2011. № 9. С. 3.

Библиографические ссылки

Библиографические ссылки требуется приводить при цитировании, заимствовании материалов из других источников, упоминании или анализе работ того или иного автора, а также при необходимости адресовать читателя к трудам, в которых рассматривался данный вопрос.

Ссылки должны быть затекстовыми, с указанием номера соответствующего источника (на который автор ссылается в работе) в соответствии с библиографическим списком и соответствующей страницы.

Пример оформления затекстовой ссылки

Ссылка в тексте: «При оценке стоимости земли необходимо учесть все возможности ее производственного использования» [17, С. 191].

В списке использованных источников:

17. *Борисов Е. Ф.* Основы экономики. М.: Юристъ, 2008. 308 с.

ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ РЕФЕРАТА

Необходимо заранее подготовить тезисы выступления (план-конспект).

Порядок защиты реферата.

1. Краткое сообщение, характеризующее цель и задачи работы, ее актуальность, полученные результаты, вывод и предложения.
2. Ответы магистранта на вопросы преподавателя.
3. Отзыв руководителя-консультанта о ходе выполнения работы.

Советы магистранту:

- Готовясь к защите реферата, вы должны вспомнить материал максимально подробно, и это должно найти отражение в схеме вашего ответа. Но тут же необходимо выделить главное, что наиболее важно для понимания материала в целом, иначе вы сможете проговорить все 15-20 минут и не раскрыть существа вопроса. Особенно строго следует отбирать примеры и иллюстрации.
- Вступление должно быть очень кратким – 1-2 фразы (если вы хотите подчеркнуть при этом важность и сложность данного вопроса, то не говорите, что он сложен и важен, а покажите его сложность и важность).
- Целесообразнее вначале показать свою схему раскрытия вопроса, а уж потом ее детализировать.
- Рассказывать будет легче, если вы представите себе, что объясняете материал очень способному и хорошо подготовленному человеку, который не знает именно этого раздела, и что при этом вам обязательно нужно доказать важность данного раздела и заинтересовать в его освоении.
- Строго следите за точностью своих выражений и правильностью употребления терминов.
- Не пытайтесь рассказать побольше за счет ускорения темпа, но и не мямлите.
- Не демонстрируйте излишнего волнения и не напрашивайтесь на сочувствие.
- Будьте особенно внимательны ко всем вопросам преподавателя, к малейшим его замечаниям. И уж ни в коем случае его не перебивайте!
- Не бойтесь дополнительных вопросов – чаще всего преподаватель использует их как один из способов помочь вам или сэкономить время. Если вас прервали, а при оценке ставят в вину пропуск важной части материала, не возмущайтесь, а покажите план своего ответа, где эта часть стоит несколько позже того, на чем вы были прерваны.
- Прежде чем отвечать на дополнительный вопрос, необходимо сначала правильно его понять. Для этого нужно хотя бы немного подумать, иногда переспросить, уточнить: правильно ли вы поняли поставленный вопрос. И при ответе следует соблюдать тот же принцип экономности мышления, а не высказывать без разбора все, что вы можете сказать.
- Будьте доброжелательны и тактичны, даже если к ответу вы не готовы (это вина не преподавателя, а ваша).

ТЕМЫ РЕФЕРАТА

1. Общение как социально-психологическая категория.
2. Коммуникативная культура в деловом общении.
3. Условия общения и причины коммуникативных неудач.
4. Роль невербальных компонентов в речевом общении.
5. Речевой этикет, его основные функции и правила.
6. Причины отступлений от норм в речи, типы речевых ошибок, пути их устранения и предупреждения.
7. Деловая беседа (цели, задачи, виды, структура).
8. Особенности телефонного разговора.
9. Новые тенденции в практике русского делового письма.
10. Культура дискутивно-полемической речи. Виды споров, приемы и уловки в споре
11. Основные правила эффективного общения.
12. Личность как субъект общения. Коммуникативная компетентность личности.
13. Конфликтное поведение и причины его возникновения в деструктивном взаимодействии.
14. Деловое общение и управление им.
15. Отношения сотрудничества и конфликта в представлениях российских работников.
16. Реформы в России и проблемы общения молодого поколения и работодателей.
17. Культура речи в деловом общении.
18. Содержание закона конгруэнтности и его роль в деловом общении.
19. Этика использования средств выразительности деловой речи.
20. Особенности речевого поведения.
21. Культура устной и письменной речи делового человека в современной России.
22. Вербальные конфликтогены в практике современного российского общества.
23. Этические нормы телефонного разговора.
24. Основные тенденции развития Российской деловой культуры.
25. Характеристика манипуляций в общении.
26. Приемы, стимулирующие общение и создание доверительных отношений.
27. Правила подготовки публичного выступления.
28. Правила подготовки и проведения деловой беседы.
29. Типология конфликтных личностей и способы общения с ними.
30. Этикет и имидж делового человека.

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *зачету* по дисциплине «*Средства коммуникации в учебной и профессиональной деятельности*» обучающемуся рекомендуется:

1. повторить пройденный материал и ответить на вопросы, используя конспект и материалы лекций. Если по каким-либо вопросам у студента недостаточно информации в лекционных материалах, то необходимо получить информацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины «*Средства коммуникации в учебной и профессиональной деятельности*».

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса;

2. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* особое внимание необходимо уделять схемам, рисункам, графикам и другим иллюстрациям, так как подобные графические материалы, как правило, в наглядной форме отражают главное содержание изучаемого вопроса;

3. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете*(в случаях, когда отсутствует иллюстративный материал) особое внимание необходимо обращать на наличие в тексте словосочетаний вида «во-первых», «во-вторых» и т.д., а также дефисов и перечислений (цифровых или буквенных), так как эти признаки, как правило, позволяют структурировать ответ на предложенное задание.

Подобную текстовую структуризацию материала слушатель может трансформировать в рисунки, схемы и т. п. для более краткого, наглядного и удобного восприятия (иллюстрации целесообразно отразить в конспекте лекций – это позволит оперативно и быстро найти, в случае необходимости, соответствующую информацию);

4. следует также обращать внимание при изучении материала для подготовки к *зачету* на словосочетания вида «таким образом», «подводя итог сказанному» и т.п., так как это признаки выражения главных мыслей и выводов по изучаемому вопросу (пункту, разделу). В отдельных случаях выводы по теме (разделу, главе) позволяют полностью построить (восстановить, воссоздать) ответ на поставленный вопрос (задание), так как содержат в себе основные мысли и тезисы для ответа.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

ФТД.В.03 ОСНОВЫ СОЦИАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ И ПРАВОВЫХ ЗНАНИЙ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Технологическая безопасность и горноспасательное дело

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией
Управление персоналом	Горнотехнологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Абрамов С.М.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 10.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(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 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

[3]Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf

будущих специалистов. Практические занятия вырабатывают навыки самостоятельной творческой работы, развивают мыслительные способности.

Практическое занятие – активная форма учебного процесса, дополняющая теоретический курс или лекционную часть учебной дисциплины и призванная помощь обучающимся освоиться в «пространстве» (тематике) дисциплины, самостоятельно прооперировать теоретическими знаниями на конкретном учебном материале.

Продолжительность одного практического занятия – от 2 до 4 академических часов. Общая доля практических занятий в учебном времени на дисциплину – от 10 до 20 процентов (при условии, что все активные формы займут в учебном времени на дисциплину от 40 до 60 процентов).

Для практического занятия в качестве темы выбирается обычно такая учебная задача, которая предполагает не существенные эвристические и аналитические напряжения и продвижения, а потребность обучающегося «потрогать» материал, опознать в конкретном то общее, о чем говорилось в лекции. Например, при рассмотрении вопросов оплаты труда, мотивации труда и проблем безработицы в России имеет смысл провести практические занятия со следующими сюжетами заданий: «Расчет заработной платы работников предприятия». «Разработка механизма мотивации труда на предприятии N». «В чем причины и особенности безработицы в России?». Последняя тема предполагает уже некоторую аналитическую составляющую. Основная задача первой из этих тем - самим посчитать заработную плату для различных групп работников на примере заданных параметров для конкретного предприятия, т. е. сделать расчеты «как на практике»; второй – дать собственный вариант мотивационной политики для предприятия, учитывая особенности данного объекта, отрасли и т.д.; третьей – опираясь на теоретические знания в области проблем занятости и безработицы, а также статистические материалы, сделать авторские выводы о видах безработицы, характерных для России, и их причинах, а также предложить меры по минимизации безработицы.

Перед проведением занятия должен быть подготовлен специальный материал – тот объект, которым обучающиеся станут оперировать, активизируя свои теоретические (общие) знания и тем самым, приобретая навыки выработки уверенных суждений и осуществления конкретных действий.

Дополнительный материал для практического занятия лучше получить у преподавателя заранее, чтобы у студентов была возможность просмотреть его и подготовить вопросы.

Условия должны быть такими, чтобы каждый мог работать самостоятельно от начала до конца. В аудитории должны быть «под рукой» необходимые справочники и тексты законов и нормативных актов по тематике занятия. Чтобы сделать практическое занятие максимально эффективным, надо заранее подготовить и изучить материал по наиболее интересным и практически важным темам.

Особенности практического занятия с использованием компьютера

Для того чтобы повысить эффективность проведения практического занятия, может использоваться компьютер по следующим направлениям:

- поиск информации в Интернете по поставленной проблеме: в этом случае преподаватель представляет обучающимся перечень рекомендуемых для посещения Интернет-сайтов;
- использование прикладных обучающих программ;
- выполнение заданий с использованием обучающимися заранее установленных преподавателем программ;
- использование программного обеспечения при проведении занятий, связанных с моделированием социально-экономических процессов.

4.Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям

Семинар представляет собой комплексную форму и завершающее звено в изучении определенных тем, предусмотренных программой учебной дисциплины. Комплексность данной формы занятий определяется тем, что в ходе её проведения сочетаются выступления обучающихся и преподавателя: рассмотрение обсуждаемой проблемы и анализ различных, часто дискуссионных позиций; обсуждение мнений обучающихся и разъяснение (консультация) преподавателя; углубленное изучение теории и приобретение навыков умения ее использовать в практической работе.

По своему назначению семинар, в процессе которого обсуждается та или иная научная проблема, способствует:

- углубленному изучению определенного раздела учебной дисциплины, закреплению знаний;
- отработке методологии и методических приемов познания;
- выработке аналитических способностей, умения обобщения и формулирования выводов;
- приобретению навыков использования научных знаний в практической деятельности;
- выработке умения кратко, аргументированно и ясно излагать обсуждаемые вопросы;
- осуществлению контроля преподавателя за ходом обучения.

Семинары представляет собой дискуссию в пределах обсуждаемой темы (проблемы). Дискуссия помогает участникам семинара приобрести более совершенные знания, проникнуть в суть изучаемых проблем. Выработать методологию, овладеть методами анализа социально-экономических процессов. Обсуждение должно носить творческий характер с четкой и убедительной аргументацией.

По своей структуре семинар начинается со вступительного слова преподавателя, в котором кратко излагаются место и значение обсуждаемой темы (проблемы) в данной дисциплине, напоминаются порядок и направления ее обсуждения. Конкретизируется ранее известный обучающимся план проведения занятия. После этого начинается процесс обсуждения вопросов обучающимися. Завершается занятие заключительным словом преподавателя.

Проведение семинарских занятий в рамках учебной группы (20 - 25 человек) позволяет обеспечить активное участие в обсуждении проблемы всех присутствующих.

По ходу обсуждения темы помните, что изучение теории должно быть связано с определением (выработкой) средств, путей применения теоретических положений в практической деятельности, например, при выполнении функций государственного служащего. В то же время важно не свести обсуждение научной проблемы только к пересказу случаев из практики работы, к критике имеющих место недостатков. Дискуссии имеют важное значение: учат дисциплине ума, умению выступать по существу, мыслить логически, выделяя главное, критически оценивать выступления участников семинара.

В процессе проведения семинара обучающиеся могут использовать разнообразные по своей форме и характеру пособия (от доски смелом до самых современных технических средств), демонстрируя фактический, в том числе статистический материал, убедительно подтверждающий теоретические выводы и положения. В завершение обсудите результаты работы семинара и сделайте выводы, что хорошо усвоено, а над чем следует дополнительно поработать.

В целях эффективности семинарских занятий необходима обстоятельная подготовка к их проведению. В начале семестра (учебного года) возьмите в библиотеке необходимые методические материалы для своевременной подготовки к семинарам. Во время лекций, связанных с темой семинарского занятия, следует обращать внимание на то, что необходимо дополнительно изучить при подготовке к семинару (новые официальные документы, статьи в периодических журналах, вновь вышедшие монографии и т.д.).

5.Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов

Экзамен - одна из важнейших частей учебного процесса, имеющая огромное значение.

Во-первых, готовясь к экзамену, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, семинарах, практических и лабораторных занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью. А это чрезвычайно важно для будущего специалиста.

Во-вторых, каждый хочет быть волевым и сообразительным., выдержанным и целеустремленным, иметь хорошую память, научиться быстро находить наиболее рациональное решение в трудных ситуациях. Очевидно, что все эти качества не только украшают человека, но и делают его наиболее действенным членом коллектива. Подготовка и сдача экзамена помогают студенту глубже усвоить изучаемые дисциплины, приобрести навыки и качества, необходимые хорошему специалисту.

Конечно, успех на экзамене во многом обусловлен тем, насколько систематически и глубоко работал студент в течение семестра. Совершенно очевидно, что серьезно продумать и усвоить содержание изучаемых дисциплин за несколько дней подготовки к экзамену просто невозможно даже для очень способного студента. И, кроме того, хорошо известно, что быстро выученные на память разделы учебной дисциплины так же быстро забываются после сдачи экзамена.

При подготовке к экзамену студенты не только повторяют и дорабатывают материал дисциплины, которую они изучали в течение семестра, они обобщают полученные знания, осмысливают методологию предмета, его систему, выделяют в нем основное и главное, воспроизводят общую картину с тем, чтобы яснее понять связь между отдельными элементами дисциплины. Вся эта обобщающая работа проходит в условиях напряжения воли и сознания, при значительном отвлечении от повседневной жизни, т. е. в условиях, благоприятствующих пониманию и запоминанию.

Подготовка к экзаменам состоит в приведении в порядок своих знаний. Даже самые способные студенты не в состоянии в короткий период зачетно-экзаменационной сессии усвоить материал целого семестра, если они над ним не работали в свое время. Для тех, кто мало занимался в семестре, экзамены принесут мало пользы: что быстро пройдено, то быстро и забудется. И хотя в некоторых случаях студент может «проскочить» через экзаменационный барьер, в его подготовке останется серьезный пробел, трудно восполняемый впоследствии.

Определив назначение и роль экзаменов в процессе обучения, попытаемся на этой основе пояснить, как лучше готовиться к ним.

Экзаменам, как правило, предшествует защита курсовых работ (проектов) и сдача зачетов. К экзаменам допускаются только студенты, защитившие все курсовые работы проекты) и сдавшие все зачеты. В вузе сдача зачетов организована так, что при систематической работе в течение семестра, своевременной и успешной сдаче всех текущих работ, предусмотренных графиком учебного процесса, большая часть зачетов не вызывает повышенной трудности у студента. Студенты, работавшие в семестре по плану, подходят к экзаменационной сессии без напряжения, без излишней затраты сил в последнюю, «зачетную» неделю.

Подготовку к экзамену следует начинать с первого дня изучения дисциплины. Как правило, на лекциях подчеркиваются наиболее важные и трудные вопросы или разделы дисциплины, требующие внимательного изучения и обдумывания. Нужно эти вопросы выделить и обязательно постараться разобраться в них, не дожидаясь экзамена, проработать их, готовясь к семинарам, практическим или лабораторным занятиям, попробовать самостоятельно решить несколько типовых задач. И если, несмотря на это, часть материала осталась неусвоенной, ни в коем случае нельзя успокаиваться, надеясь на

то, что это не попадется на экзамене. Факты говорят об обратном; если те или другие вопросы учебной дисциплины не вошли в экзаменационный билет, преподаватель может их задать (и часто задает) в виде дополнительных вопросов.

Точно такое же отношение должно быть выработано к вопросам и задачам, перечисленным в программе учебной дисциплины, выдаваемой студентам в начале семестра. Обычно эти же вопросы и аналогичные задачи содержатся в экзаменационных билетах. Не следует оставлять без внимания ни одного раздела дисциплины: если не удалось в чем-то разобраться самому, нужно обратиться к товарищам; если и это не помогло выяснить какой-либо вопрос до конца, нужно обязательно задать этот вопрос преподавателю на предэкзаменационной консультации. Чрезвычайно важно приучить себя к умению самостоятельно мыслить, учиться думать, понимать суть дела. Очень полезно после проработки каждого раздела восстановить в памяти содержание изученного материала. кратко записав это на листе бумаги. создать карту памяти (умственную карту), изобразить необходимые схемы и чертежи (логико-графические схемы), например, отобразить последовательность вывода теоремы или формулы. Если этого не сделать, то большая часть материала останется не понятой, а лишь формально заученной, и при первом же вопросе экзаменатора студент убедится в том, насколько поверхностно он усвоил материал.

В период экзаменационной сессии происходит резкое изменение режима работы, отсутствует посещение занятий по расписанию. При всяком изменении режима работы очень важно скорее приспособиться к новым условиям. Поэтому нужно сразу выбрать такой режим работы, который сохранился бы в течение всей сессии, т. е. почти на месяц. Необходимо составить для себя новый распорядок дня, чередуя занятия с отдыхом. Для того чтобы сократить потерю времени на включение в работу, рабочие периоды целесообразно делать длительными, разделив день примерно на три части: с утра до обеда, с обеда до ужина и от ужина до сна.

Каждый рабочий период дня надо заканчивать отдыхом. Наилучший отдых в период экзаменационной сессии - прогулка, кратковременная пробежка или какой-либо неутомительный физический труд.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программа учебной дисциплины и студенческий конспект, которые указывают, что наиболее важно знать и уметь делать. Основной материал должен прорабатываться по учебнику (если такой имеется) и учебным пособиям, так как конспекта далеко недостаточно для изучения дисциплины, Учебник должен быть изучен в течение семестра, а перед экзаменом сосредоточьте внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением по памяти его краткого содержания в логической последовательности.

За один - два дня до экзамена назначается консультация. Если ее правильно использовать, она принесет большую пользу. Во время консультации студент имеет полную возможность получить ответ на нее ни ясные ему вопросы. А для этого он должен проработать до консультации все темы дисциплины. Кроме того, преподаватель будет отвечать на вопросы других студентов, что будет для вас повторением и закреплением знаний. И еще очень важное обстоятельство: преподаватель на консультации, как правило, обращает внимание на те вопросы, по которым на предыдущих экзаменах ответы были неудовлетворительными, а также фиксирует внимание на наиболее трудных темах дисциплины. Некоторые студенты не приходят на консультации либо потому, что считают, что у них нет вопросов к преподавателю, либо полагают, что у них и так мало времени и лучше самому прочитать материал в конспекте или и учебнике. Это глубокое заблуждение. Никакая другая работа не сможет принести столь значительного эффекта накануне экзамена, как консультация преподавателя.

Но консультация не может возместить отсутствия длительной работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На консультации студент получает ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы и, следовательно, дорабатывается материал. Консультации рекомендуется посещать,

подготовив к ним все вопросы, вызывающие сомнения. Если студент придет на консультацию, не проработав всего материала, польза от такой консультации будет невелика.

Очень важным условием для правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальным сон. Подготовка к экзамену не должна идти в ущерб сну, иначе в день экзамена не будет чувства свежести и бодрости, необходимых для хороших ответов. Вечер накануне экзамена рекомендуем закончить небольшой прогулкой.

Итак, *основные советы* для подготовки к сдаче зачетов и экзаменов состоят в следующем:

- лучшая подготовка к зачетам и экзаменам - равномерная работа в течение всего семестра;
- используйте программы учебных дисциплин - это организует вашу подготовку к зачетам и экзаменам;
- учитывайте, что для полноценного изучения учебной дисциплины необходимо время;
- составляйте планы работы во времени;
- работайте равномерно и ритмично;
- курсовые работы (проекты) желательно защищать за одну - две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии;
- все зачеты необходимо сдавать до начала экзаменационной сессии;
- помните, что конспект не заменяет учебник и учебные пособия, а помогает выбрать из него основные вопросы и ответы;
- при подготовке наибольшее внимание и время уделяйте трудным и непонятным вопросам учебной дисциплины;
- грамотно используйте консультации;
- соблюдайте правильный режим труда и отдыха во время сессии, это сохранит работоспособность и даст хорошие результаты;
- учитесь владеть собой на зачете и экзамене;
- учитесь точно и кратко передавать свои мысли, поясняя их, если нужно, логико-графическими схемами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся являются неотъемлемой частью процесса обучения в вузе. Правильнаяорганизация самостоятельной работы позволяет обучающимся развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, способствует формированию навыков совершенствования профессионального мастерства. Также внеаудиторное время включает в себя подготовку к аудиторным занятиям и изучение отдельных тем, расширяющих и углубляющих представления обучающихся по разделам изучаемой дисциплины.

Таким образом, обучающийся используя методические указания может в достаточном объеме усвоить и успешно реализовать конкретные знания, умения, навыки и получить опыт при выполнении следующих условий:

1) систематическаясамостоятельная работа по закреплению полученных знаний и навыков;

2) добросовестноевыполнение заданий;

3) выяснениеи уточнение отдельных предпосылок, умозаключений и выводов, содержащихся в учебном курсе;

4) сопоставление точек зрения различных авторов по затрагиваемым в учебном курсе проблемам; выявление неточностей и некорректного изложения материала в периодической и специальной литературе;

5) периодическое ознакомление с последними теоретическими и практическими достижениями в области управления персоналом;

6) проведение собственных научных и практических исследований по одной или нескольким актуальным проблемам для *HR*;

7) подготовка научных статей для опубликования в периодической печати, выступление на научно-практических конференциях, участие в работе студенческих научных обществ, круглых столах и диспутах по проблемам управления персоналом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брандес М. П. Немецкий язык. Переводческое реферирование: практикум. М.: КДУ, 2008. – 368с.

2. Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально -ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

3. Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml

4. Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности: Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5.

5. Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа:http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf