

Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**(ФГБОУ ВО «АмГУ»)**

## **Электроснабжение отрасли**

**сборник учебно-методических материалов специальности**

13.02.11 - Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и  
электромеханического оборудования (по отраслям)

Благовещенск 2018

Составитель: Сохранная О.С.

Электроснабжение отрасли: сборник учебно-методических материалов для специальности СПО 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям). – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2018.

Рассмотрен на заседании ЦМК дисциплин технического профиля  
28.06.2018 г., протокол № 10

## **1.Краткое изложение лекционного материала**

Лекция – одна из базовых форм обучения обучающихся. Углубляясь в значение термина, можно сказать, что лекцией следует называть такой способ изложения информации, который имеет стройную логическую структуру, выстроен с позиций системности, а также глубоко и ясно раскрывает предмет.

В зависимости от задач, назначения и стиля проведения различают несколько основных видов лекций: вводная, информационная, обзорная, проблемная, визуализационная, бинарная, конференция, консультация.

Лекция, особенно проблемного характера, дополняет учебники и учебные пособия. Она оказывает существенное эмоциональное влияние на обучающихся, будит мысль, формирует интерес и желание глубоко разобраться в освещаемых лектором проблемах.

### **Тема 1.1. Введение**

**Цель:** Ознакомление с понятием электроснабжения, его применением в промышленности.

#### **План**

1. Классификация электрических сетей
2. Проектирование внешнего электроснабжения

### **Тема 1.2. Назначение, типы электрических станций, режимы их работы**

**Цель:** Рассмотреть назначение, типы электрических станций, режимы их работы

#### **План**

1. Выполнение схему электрического соединения.
2. Тепловые ЭС (ТЭС).
3. Гидроэлектростанции (ГЭС)
4. Магнитогидродинамические генераторы (МГД – генераторы)

### **Тема 1.3. Структурные схемы передачи электроэнергии потребителям**

**Цель:** Изучить структурные схемы передачи электроэнергии потребителям

#### **План**

1. Основные источники электроснабжения промышленных предприятий
2. Принципиальная электрическая схема энергосистем

**Тема 2.1.** Общие сведения об электроснабжении напряжением до 1000

**Цель:** Изучить сети электроснабжения напряжением до 1000

**План**

1. Электрический привод.
2. Электроснабжение электротермических установок.

**Тема 2.2.** Конструктивное выполнение электрических сетей напряжением до 1000В

**Цель:** Изучить конструктивное выполнение электрических сетей напряжением до 1000В

**План**

1. Конструктивное исполнение сетей
2. Шинопроводы и кабельные линии.

**Тема 2.3.** Выбор сечения проводов и кабелей

**Цель:** Рассмотреть операции выбора сечения проводов и кабелей

**План**

1. Выбор сечений проводников по механической прочности
2. Выбор сечений проводов по нагреву

**Тема 2.4.** Схемы цеховых электрических сетей до 1000в

**Цель:** Рассмотреть схемы цеховых электрических сетей до 1000в

**План**

1. Оформление чертежей внутрицехового электроснабжения
2. Магистральные схемы

**Тема 2.5.** Графики электрических нагрузок

**Цель:** Изучить построение графиков электрических нагрузок

**План**

1. Индивидуальные графики и виды нагрузок

**Тема 2.6.** Расчет электрических нагрузок

**Цель:** Изучить алгоритм расчета электрических нагрузок

**План**

1. Сведения о числе, номинальной мощности всех установленных силовых электроприемников напряжением до 1 кВ

2. Определить групповой коэффициент использования

### **Тема 2.7. Выбор аппаратов защиты в схемах**

**Цель:** Рассмотреть выбор аппаратов защиты в схемах

#### **План**

1. Выбор аппаратов по роду тока, числу полюсов, напряжению и мощности
2. Ток короткого замыкания

### **Тема 2.8. Выбор и расчет сетей по потере напряжения**

**Цель:** Изучить выбор и расчет сетей по потере напряжения

#### **План**

1. Работа электроприемников при потере напряжения
2. Расчет сетей постоянного тока по потерям напряжения

### **Тема 2.9. Качество электроэнергии**

**Цель:** Рассмотреть критерии качества электроэнергии

#### **План**

1. Требования к свойствам электроэнергии
2. Установки компенсации реактивной мощности

### **Тема 2.10. Компенсация реактивной мощности**

**Цель:** Изучить возможности компенсации реактивной мощности

#### **План**

1. Средства компенсации реактивной мощности
2. Способы компенсации реактивной мощности

### **Тема 2.11. Распределение энергии внутри города и сети свыше 1000В**

**Цель:** Рассмотреть распределение энергии внутри города и сети свыше 1000В

#### **План**

1. Структурная схема электроснабжения города
2. Обслуживание городских электрических сетей

### **Тема 2.12. Основное электрооборудование подстанций**

**Цель:** Изучить основное электрооборудование подстанций

#### **План**

1. Силовые выключатели 10, 35, 110 кВ.
2. Сборные шины ОРУ 110-35-10 кВ.

### **Тема 2.13. Цеховые трансформаторные подстанции**

**Цель:** Изучить особенности цеховых трансформаторных подстанций

#### **План**

1. При радиальной схеме распределения электроэнергии напряжением 6; 10 кВ
2. При магистральной схеме распределения электроэнергии напряжением 6; 10 кВ

### **Тема 2. 14 Короткие замыкания**

**Цель:** Изучить явление короткого замыкания

#### **План**

1. Виды коротких замыканий и причины их возникновения
2. Действие токов короткого замыкания на электрооборудование
3. Термическое действие тока короткого замыкания
4. Электродинамическое действие тока короткого замыкания

### **Тема 2.15.Заземляющие устройства**

**Цель:** Рассмотреть виды и назначение заземляющих устройств

#### **План**

1. Глухозаземленная нейтраль
2. Изолированная нейтраль
3. Заземление

### **Тема 2.16. Основные понятия и виды релейных защит**

**Цель:** Изучить основные понятия и виды релейных защит

#### **План**

1. Контролируемые параметры релейных защит.
2. Виды защиты электрических сетей и установок

### **Тема 3.1. Перенапряжения**

**Цель:** Рассмотреть магнитные цепи и их классификацию

#### **План**

1. Определения для перенапряжения в сети электроснабжения
2. Индуктированные электрические перенапряжения
3. Коммутационные перенапряжения

### **Тема 3.2. Молниезащита зданий и альтернативные источники**

**Цель:** Изучить понятие молниезащиты зданий и альтернативные источники

**План**

1. Основные механизмы грозовых перенапряжений.
2. Защита от грозовых перенапряжений
3. Альтернативные источники

**Тема 3.3. Курсовое проектирование**

**Цель:** Научиться применять полученные знания и умения.

**План**

1. Характеристика технического задания и расчет электрических нагрузок
2. Расчет потребляемой мощности и выбор трансформатора
3. Подбор марки и сечения кабеля, выбор защитной аппаратуры
4. Расчет освещения
5. Выполнение схемы расстановки электрооборудования
6. Определить тип прокладки кабеля к электрооборудованию
7. Обосновать выбор шинпроводов
8. Расчет заземления
9. Расчет однофазного КЗ
10. Выполнение чертежа 1 План размещения электрооборудования
11. Выполнение чертежа 2 Расчетная схема силовой сети
12. Оформление курсового проекта

**2. Методические рекомендации к практическим занятиям**

Важной составной частью учебного процесса являются практические занятия.

Задачей преподавателя при проведении практических работ является грамотное и доступное разъяснение принципов и правил проведения работ, побуждение обучающихся к самостоятельной работе, определения места изучаемой дисциплины в дальнейшей профессиональной работе будущего выпускника.

Практическое занятие - форма организации обучения, когда обучающиеся по заданию и под руководством преподавателя выполняют одну или несколько лабораторных работ.

Основные дидактические цели практических работ - экспериментальное подтверждение изученных теоретических положений; экспериментальная проверка формул, расчетов; ознакомление с методикой проведения экспериментов, исследований. В ходе работы обучающиеся вырабатывают умения наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков.

Одновременно у обучающихся формируются профессиональные умения и навыки обращения с различными приборами, аппаратурой, установками и другими техническими средствами для проведения опытов. Однако ведущей дидактической целью лабораторных работ является овладение техникой эксперимента, умением решать практические задачи путем постановки опыта.

### **Организация и проведение практических работ.**

Выполнение обучающимися практических работ направлено:

- на обобщение, систематизацию, углубление и закрепления полученных теоретических занятий;
- на формирование умений применять полученные знания на практике;
- на выработку при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Практическая работа, как вид учебного занятия проводится в специально оборудованных учебных лабораториях.

Продолжительность - не менее двух академических часов. Необходимыми структурными элементами лабораторной работы являются:

- самостоятельная деятельности студентов,
- инструктаж, проводимый преподавателем,
- организация обсуждения итогов выполнения практической работы.

Перед началом выполнения практической работы проводится проверка знаний обучающихся - их теоретической готовности к выполнению задания.

По каждой лабораторной работе разработаны методические указания по их проведению.



Форма организации обучающихся на практических работах - индивидуальная.

При индивидуальной форме организации занятий каждый обучающийся выполняет индивидуальное задание.

### **Оформление практических работ**

Практическая работа оформляется в тетради

Структура практической работы входит:

- тема, цель работы,
- основная часть (описание опыта, расчеты);
- выводы.

Оценки за выполнение практических работ выставляться по пятибалльной системе или в форме зачета и учитываться как показатели текущей успеваемости обучающихся.

### **Темы практических работ:**

1. Выбор сечения проводов и кабелей по допустимой токовой нагрузке
2. Выбор сечений проводов по допустимой потере напряжения
3. Выбор схемы и способа выполнения силовой сети цеха
4. Расчет электрических нагрузок цеха
5. Расчет электрической нагрузки методом коэффициента максимума
6. Расчет мощности электроприёмников силового оборудования и осветительной сети по методу удельной мощности
7. Расчёт и выбор сечения проводников по нагреву электрическим током
8. Выбор аппаратов защиты электрических сетей до 1кВ
9. Расчет и выбор аппаратов защиты
10. Расчёт и выбор вводного аппарата защиты силового щита и выполнение схемы однолинейной электрической принципиальной щита
11. Расчёт и выбор компенсирующего устройства
12. Выбор числа и мощности силовых трансформаторов на подстанции
13. Расчёт токов короткого замыкания
14. Выбор электрооборудования и токоведущих частей по условиям короткого замыкания
15. Расчёт и выбор шинпроводов
16. Выполнение схемы электрической принципиальной электроснабжения цеха»

17. Внешнее электроснабжение объектов. Ознакомление с оборудованием и режимом работы подстанции
18. Внешнее электроснабжение объектов. Определение местоположения цеховой подстанции

### **Правила техники безопасности при выполнении практических работ**

Прежде чем приступать к выполнению практической работе, необходимо:

1. Пройти инструктаж по ТБ и ПБ и расписаться в соответствующем журнале.
2. К выполнению практических работ допускаются обучающиеся, прошедшие противопожарный инструктаж и проверку знаний требований ПБ на рабочем месте, и при наличии их подписи в контрольном листе Журнала регистрации инструктажа обучающихся по охранетруда.
3. Занятия с обучающимися по выполнению практических работ проводятся в помещениях учебных лабораторий с наличием приборов оргтехники, отвечающих требованиям пожарной безопасности.

### **СТРОГО ЗАПРЕЩАЕТСЯ:**

1. Вешать на штепсельные розетки, выключатели и электропровода различные вещи.
2. Переносить включенные электроприборы.
3. Ремонтировать электроприборы самостоятельно.
4. Загромождать свое рабочее место одеждой, портфелями, книгами и другими вещами, не относящимися к работе.

### **ОБУЧАЮЩИЕСЯ ОБЯЗАНЫ:**

1. Соблюдать требования ПБ и поддерживать противопожарный режим, установленный в помещении лаборатории.
2. Знать номер телефона вызова пожарной охраны **01,112**.
3. Знать места нахождения средств пожаротушения, самоспасения, пожарной сигнализации и оповещения о пожаре.
4. Знать пути безопасной эвакуации в случае пожара.

**Тема:** Выбор сечения проводов и кабелей по допустимой токовой нагрузке

**Цель работы:** Рассмотреть, почему необходимо осуществлять выбор проводов по допустимому нагреву.

**Пояснения к работе.**

Электрический ток в проводниках представляет собой направленное движение свободных электронов. При столкновении движущихся электронов с молекулами вещества их кинетическая энергия преобразуется в тепловую энергию, вследствие чего происходит нагревание проводника. Скорость преобразования электрической энергии в тепловую характеризуется мощностью  $P = UI = I^2R$ , Вт. Количество электрической энергии  $W$ , преобразованной в тепло за время  $t$ ,  $W = Pt = I^2Rt$ , Дж.

Количество тепла, выделенное током  $I$  в сопротивлении  $R$ ,  $Q = I^2Rt$ , Дж.

Преобразование электрической энергии в тепло находит применение в разнообразных нагревательных приборах. В остальных приборах (электрических машинах, аппаратах, проводах) преобразование электрической энергии в тепловую является непроизводительным расходом энергии, то есть потерями энергии, снижающими их коэффициент полезного действия. Кроме того, тепло, вызывая нагревание этих устройств, ограничивает допустимый ток или, как говорят, их нагрузку: при перегрузке повышение температуры может привести к повреждению изоляции или сокращению срока службы установки.

При нагревании провода приращение его температуры зависит от массы и материала провода и количества выделившегося в нем тепла. Скорость отдачи тепла в окружающую среду пропорциональна разности температур провода и среды. В первый момент, когда температура провода равна температуре окружающей среды, вся теплота, выделенная током, идет на нагрев провода. В результате его температура быстро повышается. По мере ее роста увеличивается количество теплоты, отдаваемой проводом среде, а количество теплоты, расходуемой на нагрев, уменьшается. Наконец наступает момент установления температурного баланса: количество отдаваемой энергии равно количеству полученной энергии и повышение температуры провода прекращается.

Температуру провода, соответствующую моменту баланса, называют ***установившейся***. Время, в течение которого провода нагреваются до установившейся температуры, зависит от их геометрических размеров и условий охлаждения. Нагрев провода допускается до температур порядка  $60^0 - 80^0C$ . В соответствии с допустимой температурой существует понятие допустимого тока ***Допустимым или номинальным*** называют ток, при котором устанавливается наибольшая допустимая температура.

У изолированных проводов допустимый нагрев определяется видом и свойствами изоляции, у голых (неизолированных) проводов – изменением их механических свойств. Если ток, проходящий по проводу, больше номинального, то такую перегрузку можно допустить только

кратковременно. Чем больше ток в проводе по сравнению с номинальным, тем кратковременней может быть перегрузка.

**Коротким замыканием** называют соединение двух неизолированных проводов различного потенциала. Ток короткого замыкания может практически в десятки и сотни раз превышать номинальный ток цепи, что может вызвать тепловые механические повреждения ее отдельных элементов. Для защиты цепи от перегрузок служат плавкие предохранители, которые при определенном токе плавятся, разрывая электрическую цепь.

### **Задание:**

1. В практической работе необходимо определить сечение провода электрической цепи в зависимости от токовой нагрузки.
2. По исходным данным, применяя данные формулы, определить ток установки.

$$P_{\text{установки}} = nP; \quad I = P/U.$$

3. Определить сечение провода по таблице.

Площадь сечения проводов в зависимости от токовой нагрузки для медных проводов с резиновой и полихлорвиниловой изоляцией, проложенных открыто.

Поперечное сечение, мм <sup>2</sup>	Наибольший допустимый ток, А	Поперечное сечение, мм <sup>2</sup>	Наибольший допустимый ток, А
0,50	10	35	150
0,75	13	50	190
1,0	15	70	240
1,5	20	95	290
2,5	27	120	340
4,0	36	150	390
6,0	46	185	450
10	68	240	535
16	90	300	615
25	125	400	735

4. Исходные данные.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ										
№ № варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Количество приемников эл. энергии, n	20	18	22	24	30	32	35	16	25	21
Напряжение цепи U, В	150	160	120	210	140	120	130	220	230	150

Мощность приемника Р, Вт	160	150	220	120	130	220	230	210	180	160
<b>№ № варианта</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
Количество приемников эл. энергии, n	17	23	26	31	27	33	28	34	29	36
Напряжение цепи U, В	180	220	120	160	180	130	200	140	150	120
Мощность приемника Р, Вт	200	120	210	200	140	120	110	100	180	150
<b>№ № варианта</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
Количество приемников эл. энергии, n	15	37	38	39	40	38	27	24	28	26
Напряжение цепи U, В	200	150	120	110	130	210	110	120	130	210
Мощность приемника Р, Вт	170	120	150	120	210	160	140	200	220	180

### **Образец решения задачи.**

В цепь с напряжением 120 В включено 25 ламп. Мощность каждой из них 150 Вт.

Определить сечение медных проводов установки.

Дано:

$$U=120 \text{ В}$$

$$n= 25$$

$$P = 150 \text{ Вт}$$

Определить: S

1. Определяем мощность установки.

$$P_{\text{установки}} = n P = 25 \cdot 150 = 3750 \text{ Вт}$$

2. Определяем ток установки.

$$I = P/U = 3750/ 120 = 31,25 \text{ А} \approx 31 \text{ А}$$

3. Определяем по таблице сечение провода.

Ближайшее сечение равно  $4 \text{ мм}^2$  с допустимым током 36 А.

### **Работа на занятии.**

1. Используя исходные данные, произвести расчет тока установки.
2. По предлагаемой таблице, определить сечение медных проводов установки.
3. Письменно ответить на контрольные вопросы.

### **Содержание отчета.**

1. Цель работы.
2. Исходные данные.
3. Решение задачи.
4. Ответы на контрольные вопросы.
5. Вывод по работе.

### **Контрольные вопросы.**

1. Какая температура называется установившейся?
2. Какой ток называют допустимым?
3. Что такое короткое замыкание?
4. Каким образом защищают цепи от перегрузок?

**Тема:** Выбор сечений проводов по допустимой потере напряжения

**Цель работы:** Научиться производить выбор проводов

**Приобретаемые умения и навыки:**

1. Научиться пользоваться справочными данными и расчетными формулами

**Норма времени:** 2 часа

**Оснащение рабочего места:** Раздаточный материал

### **Общие сведения**

Прохождение электрического тока вызывает нагрев проводов. При некоторой температуре провода, называемой установившейся, наступает равновесие между теплом, выделяемым током и теплом, отдаваемым в окружающую среду. Нагрев проводов допускается до определенных температур (65...80 °С), определяемых свойствами изоляции или свойствами самих проводов. Ток, при котором достигается установившаяся наибольшая допустимая температура, называется допустимым током провода  $I_d$ . При определении сечения проводов пользуются понятиями:

- номинальная мощность  $P_n$  — указанная на электроприемнике;
- установленная мощность  $P_y$  — сумма номинальных мощностей всех установленных приемников;

- расчетная мощность  $P_p$  — мощность, по которой производится расчет.

Указанным мощностям соответствуют токи  $I_n$ ,  $I_y$ ,  $I_p$ , которым присваиваются те же отличительные названия.

Все приемники энергии практически одновременно не включаются, двигатели постоянно полностью не загружены, поэтому при расчетах исходят не из установленной мощности, а из той части ее  $P_p$ , которая может одновременно использоваться потребителем.

Отношение расчетной мощности к установленной называют - **КОЭФФИЦИЕНТОМ СПРОСА:**

$$K_c = \frac{P_p}{P_y} \text{ или } K_c = \frac{I_p}{I_y}$$

Коэффициент спроса принимают при осветительной нагрузке:

- для сетей наружного освещения  $K_c = 1$ ;
- для сетей бытового освещения  $K_c = 0,7 \dots 0,8$ ;
- для сетей промышленных предприятий  $K_c = 0,7 \dots 0,9$ .

При осветительной нагрузке расчетный ток для цепей однофазного переменного тока и для постоянного тока

$$I_p = \frac{P_p}{U} = \frac{K_c \cdot P_y}{U},$$

для трехфазных цепей

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{K_c \cdot P_y}{\sqrt{3} \cdot U}$$

При силовой нагрузке для цехов холодной обработки металлов коэффициент спроса принимают:

- при одном — двух установленных двигателях  $K_c = 1$ ;
- при четырех  $K_c = 0,8$ ;
- при шести  $K_c = 0,6$ .

Номинальный ток двигателей:

- постоянного тока  $I_n = \frac{P_n}{U \cdot \eta}$

- трехфазного 
$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \eta \cdot \cos \varphi},$$

где  $\eta$  - КПД электродвигателя.

Значения  $P_n$ ,  $\eta$ ,  $\cos \varphi$  для двигателей берутся из справочников или каталогов.

При ориентировочных расчетах для двигателей небольшой мощности до 10...12 кВт произведение  $\eta$  и  $\cos \varphi$  можно считать равным 0,7...0,8.

Расчетный ток двигателей: 
$$I_p = K_c \cdot I_n = K_c \cdot I_y$$

Определение сечения проводов по допустимому нагреву производится по каталогу, в котором для стандартных сечений проводов приведены предельно длительные допустимые токи  $I_d$ , при этом учитывается категория помещения, условия окружающей среды, вид и способа прокладки.

Допустимый ток провода должен быть не меньше расчетного.

$$I_d \geq I_p$$

Таким образом, выбирается провод такого сечения, допустимый ток которого равен расчетному или несколько больше его.

Выбранное сечение проводов необходимо проверить по потере напряжения.

Как известно, потерей напряжения называется арифметическая разность напряжений в начале и конце линии:  $\Delta U = U_1 - U_2 = I \cdot R_{np}$ , то есть равна падению напряжения в проводах линии:

$$\Delta U = I \cdot R_{np} = I \cdot \frac{2 \cdot l}{\gamma \cdot S} \quad (1)$$

где  $l$  — длина линии, м;

$S$  — сечение провода, мм<sup>2</sup>;

$\gamma = \frac{1}{\rho}$  — удельная проводимость,  $\frac{1}{\text{Ом} \cdot \text{м}}$ .



По заданной допустимой потере напряжения, используя формулу (1), можно определить сечение проводов двухпроводной линии постоянного тока:

$$S = \frac{I \cdot 2 \cdot l}{\gamma \cdot \Delta U} \quad (2)$$

Часто потерю напряжения выражают в процентах в начале линии, называя ее относительной потерей напряжения.

$$\varepsilon = \frac{\Delta U}{U} \cdot 100\%, \text{ откуда } \Delta U = \frac{\varepsilon \cdot U}{100\%}.$$

Допустимая относительная потеря напряжения для осветительной нагрузки составляет 2...3 %, а для силовой 4...6 %.

Заменим в формуле (2) значение  $\Delta U$  относительной потерей напряжения  $\varepsilon$  и получим формулу:

$$S = \frac{2 \cdot 100 \cdot I \cdot l}{\gamma \cdot \varepsilon \cdot U} \quad (3)$$

или, умножив и разделив на  $U$ , получим эту формулу в другом виде

$$S = \frac{2 \cdot 100 \cdot P \cdot l}{\gamma \cdot \varepsilon \cdot U^2} \quad (4)$$

Из этой формулы следует, что относительная потеря напряжения

$$\varepsilon = \frac{2 \cdot 100 \cdot P \cdot l}{\gamma \cdot S \cdot U^2} \quad (5)$$

По этим формулам можно определить сечение проводов линии по заданной относительной потере напряжения или соответственно определяют относительную потерю напряжения  $\varepsilon$  в линиях по заданному сечению проводов.

**Пример 1.** Определить расчетный ток в магистральных проводах трехфазной линии с линейным напряжением  $U_{\text{л}} = 220$  В, если к ней присоединены три электродвигателя с номинальной мощностью  $P_{\text{н1}} = 4,5$  кВт,  $P_{\text{н2}} = 2,8$  кВт,  $P_{\text{н3}} = 3,5$  кВт. Длина линии  $l = 15$  м.

Выбрать сечение алюминиевых проводов  $S$ , проложенных открыто, исходя из условия допустимого нагревания их. Выбранное сечение проверить по допустимой относительной потере напряжения, которая не должна превышать для силовой нагрузки 4...6%. Кратность пускового тока электродвигателей принимаем равной  $K_i = 7$ , произведение  $\eta \cdot \cos \varphi = 0,7$ .

**Решение.**

Установленная мощность:

$$P_y = P_{н1} + P_{н2} + P_{н3} = 4,5 + 2,8 + 3,5 = 10,8 \text{ кВт}$$

Расчетный ток магистрали

$$I_p = \frac{K_c \cdot P_y \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{0,9 \cdot 10,8 \cdot 1000}{1,73 \cdot 220 \cdot 0,7} = 35 \text{ А}$$

Используя справочные данные выбираем алюминиевый провод, проложенный открыто, сечением  $S = 6 \text{ мм}^2$  с допустимой токовой нагрузкой:  $I_d = 39 \text{ А} > 35 \text{ А}$ .

Выбранное сечение проверяем по потере напряжения.

Мощность в цепи питания двигателей при их номинальной нагрузке:

$$P = \frac{P_{н1}}{\eta_1} + \frac{P_{н2}}{\eta_2} + \frac{P_{н3}}{\eta_3} = \frac{4,5}{0,85} + \frac{2,8}{0,85} + \frac{3,5}{0,85} = 5,3 + 3,3 + 4,1 = 12,7 \text{ кВт}$$

Расчетная мощность:  $P_p = K_c \cdot P = 0,9 \cdot 12,7 = 11,5 \text{ кВт}$

Определяем относительную потерю напряжения по формуле:

$$\varepsilon = \frac{100 \cdot P_p \cdot l}{\gamma \cdot S \cdot U_n^2} = \frac{100 \cdot 11,5 \cdot 1000 \cdot 15}{35 \cdot 6 \cdot 220^2} = 1,7\%$$

где  $\gamma$  — удельная проводимость для алюминия:

$$\gamma = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{0,029} = 35 \frac{1}{\text{Ом} \cdot \text{м}}$$

Таким образом,  $\varepsilon = 1,7\%$  не превышает допустимой, и, следовательно, провод сечением  $S = 6 \text{ мм}^2$  выбран правильно.

**Порядок выполнения работы:**

1. Отметьте в отчете наименование и цель занятия.
  2. Отметьте в отчете исходные условия задачи и заданную схему.
- Условия задачи и схемы цепей приведены в приложении.**
3. Выполните предложенное задание. По необходимости, при выполнении задания практической работы, повторите теоретический материал и примеры, подобные заданию практической работы.
  4. Оформите отчет по практической работе.

Рабочая машина приводится в действие с помощью 2-х трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором.

Используя справочные данные, данные для своего варианта, указанные в таблице 1, выбрать для двигателя пусковую и защитную аппаратуру.

Начертить в соответствии с требованиями ГОСТ принципиальную электрическую схему управления электродвигателем.

Таблица 1.

Номер двигателя	Тип двигателя	$P_{ном2},$ кВт	$I_{ном},$ А	$\frac{I_{п}}{I_{ном}}$	$\cos\varphi_{ном}$	$\eta_{ном}$
1	4А100S2У3	4	8	7,5	0,89	0,86
2	4А100L2У3	5,5	11	7,5	0,91	0,87
3	4А112М2СУ	7,5	15	7,5	0,88	0,87
4	4Л132М2СУ3	11	21	7,5	0,9	0,88
5	4А90L4У3	2,2	5	6,0	0,83	0,8
6	4А100S4У3	3	7	6,5	0,83	0,82
7	4А100L4У3	4,0	9	6,5	0,84	0,84
8	4А112М4СУ1	5,5	12	7,0	0,85	0,85
9	4А132М4СУ1	11	22	7,5	0,87	0,87
10	4АР160S4У3	15	30	7,5	0,87	0,865
11	4АР160М4У3	18,5	37	7,5	0,87	0,885
12	4АР180S4У3	22	43	7,5	0,87	0,89
13	4АР180М4У3	30	58	7,5	0,87	0,9
14	4А100L6У3	2,2	6	5,5	0,73	0,81
15	4АР160S6У3	11	24	7,0	0,83	0,855
16	4АР160М6У3	15	31	7,0	0,83	0,875

17	4AP180M6Y3	18,5	40	6,5	0,8	0,87
18	4A250S6Y3	45	84	6,5	0,89	0,92
19	4A250M6Y3	55	102	7,0	0,89	0,92
20	4AH250M6Y3	75	141	7,5	0,87	0,93
21	4A100L8Y3	1,5	5	6,5	0,65	0,74
22	4AP160S8Y3	7,5	18	6,5	0,75	0,86
23	4A250S8Y3	37	75	6,0	0,83	0,9
24	4A250M8Y3	45	90	6,0	0,84	0,91
25	4AH250M8Y3	55	111	6,0	0,82	0,92

### **3. Примерные темы курсового проектирования и методические указания по выполнению курсового проекта**

1. Электроснабжение и электроосвещение ремонтно-механического цеха;
2. Электроснабжение и электроосвещение участка кузнечнопрессового цеха;
3. Электроснабжение и электроосвещение электромеханического цеха;
4. Электроснабжение и электроосвещение автоматизированного цеха;
5. Электроснабжение и электроосвещение механического цеха тяжелого машиностроения;
6. Электроснабжение и электроосвещение цеха обработки корпусных деталей;
7. Электроснабжение и электроосвещение механического цеха серийного производства;
8. Электроснабжение и электроосвещение насосной станции;
9. Электроснабжение и электроосвещение учебных мастерских;
10. Электроснабжение и электроосвещение цеха механической обработки деталей;
11. Электроснабжение и электроосвещение инструментального цеха;
12. Электроснабжение и электроосвещение механического цеха;
13. Электроснабжение и электроосвещение цеха металлоизделий;
14. Электроснабжение и электроосвещение механосборочного цеха;
15. Электроснабжение и электроосвещение металлорежущих станков;
16. Электроснабжение и электроосвещение сварочного участка цеха;

17. Электроснабжение и электроосвещение прессового участка цеха;
18. Электроснабжение и электроосвещение участка токарного цеха;
19. Электроснабжение и электроосвещение строительной площадки жилого дома;
20. Электроснабжение и электроосвещение узловой распределительной подстанции;
21. Электроснабжение и электроосвещение комплекса томатного сока;
22. Электроснабжение и электроосвещение гранитной мастерской;
23. Электроснабжение и электроосвещение деревообрабатывающего цеха;
24. Электроснабжение и электроосвещение шлифовального цеха;
25. Электроснабжение и электроосвещение комплекса овощных закусочных консервов;
26. Электроснабжение и электроосвещение светонепроницаемой теплицы.

## **«Электроснабжение отрасли»**

Методические указания по выполнению курсового проекта

для обучающихся по специальности

13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)

(базовой подготовки)

Благовещенск 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

- 1 ЦЕЛИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
  - 2 ПОРЯДОК И СРОКИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ
  - 3 ОБЪЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА
  - 4 ТЕМАТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТА
  - 5 ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ
  - 6 СТРУКТУРА, СОДЕРЖАНИЕ И ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ
    - 6.1 СТРУКТУРА ЗАПИСКИ
    - 6.2 СОДЕРЖАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ТРЕБОВАНИЯ К НИМ
    - 6.3 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ЗАПИСКИ
  - 7 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
  - 8 ЗАЩИТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА
- ПРИЛОЖЕНИЕ 1

## 1. ЦЕЛИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Курсовой проект является частью подготовки обучающихся по специальности и очередным этапом их подготовки к дипломному проектированию.

Целями курсового проектирования являются:

- Приобретение навыков расчета цеховых производственных нагрузок и проектированию схем электроснабжения.
- Воспитание самостоятельности и творческого подхода к решению технических задач при проектировании схем электроснабжения.
- Приобретение навыков использования литературных и иных источников для решения практических задач проектирования и расчета электроснабжения цеха.

Материалы курсового проекта могут быть использованы обучающимися для дальнейшей разработки своего дипломного проекта.

## 2. ПОРЯДОК И СРОКИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

В соответствии с учебным планом курсовой проект выполняется после изучения теоретической части учебной дисциплины. Работа обучающегося над курсовым проектом начинается с получения утвержденного задания и заканчивается его защитой. В процессе выполнения задания обучающемуся предоставляется имеющаяся техническая документация.

К защите допускаются полностью законченные проекты, не содержащие принципиальных технических и графических ошибок. Допуском к защите является подпись консультанта на титульном листе записки и на всех листах графической части проекта.

## 3. ОБЪЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект должен включать детальную проработку электроснабжения цеха. Проект состоит из графической части и расчетно-пояснительной записки. Расчетно-пояснительная записка должна быть



объемом не более 50 страниц машинописного текста, включая приложения.

Графическая часть должна содержать магистральную или радиальную схему электроснабжения цеха и план размещения станков в цеху, содержание которого определяется индивидуальным заданием. Число листов чертежей определяется количеством штампов. Обычно используются листы формата А1. Допускается использование других форматов листов (ГОСТ 2.301 Форматы) без уменьшения общего объема графической части. Формат листа каждого чертежа указывается в графе «Примечание» таблицы бланка задания.

#### 4. ТЕМАТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Тема курсового проекта определяется выданным техническим заданием. В названии темы должна присутствовать информация о специфике цеха.

Объем проекта и степень его сложности предполагают использование в своей работе в качестве исходного материала чертежи подобных производств. Допускается так же использование других источников: монографии, журналы, технические отчеты, авторские свидетельства и патенты на изобретения и т.п.

#### 5. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ

Графическая часть выполняется в соответствии требованиям ЕСКД (в частности:ГОСТ 2.107 Основные требования к рабочим чертежам; ГОСТ 2.108 Спецификация; ГОСТ 2.109 Правила выполнения чертежей и др.). Некоторые отклонения от общих правил оформления чертежей, вызванные учебным характером проекта, приведены ниже.

Для выполнения графической части проекта используются листы ватмана формата А1. Для получения иных форматов чертежей листы склеиваются или разрезаются. При ручном способе выполнения чертежи и схемы вычерчиваются простым карандашом. При построении графиков можно

использовать фломастеры. При компьютерной печати допускается использовать листы любой белой бумаги соответствующего формата. Допускается выполнять печать графического документа на отдельных листах с последующей их склейкой при условии, что это не скажется существенно на его качестве. При использовании компьютерной печати допускается вносить в чертеж незначительные изменения от руки черной гелевой ручкой (толщина линий не должна отличаться от толщины соответствующих типов линий чертежа).

При вычерчивании магистральной или радиальной схемы электроснабжения цеха необходимо выполнять все элементы чертежа, которые приводятся полностью. Изображение схемы дополняется поясняющими надписями. На этом листе, кроме схемы, приводятся также в виде таблиц и надписей краткая техническая характеристика цеха и основные параметры схемы, которые используются при выполнении расчетов.

При выполнении плана размещения станков, на чертеже проставляются габаритные размеры. Обязательно приводятся технические требования для выполняемого цеха, которые помещаются на первом листе над штампом. При выполнении плана цеха следует обратить особое внимание на соответствие размеров и расположение станков.

Каждый графический лист имеет свой штамп. В штампе листа заполняются необходимы графы для данной графической работы.

					(1)			
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	(2)	Лит	Масса	Масштаб
Разраб.		(6)	(7)	(8)				(12)
Проб.		(9)	(10)	(11)		Лист (4)	Листов (5)	
Т.контр.					(13)	(3)		
Реценз.								
Н.контр.								
Утв.								

Рис.1. Штамп для чертежей и теоретического листа

					(1)			
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	(2)	Лит	Лист	Листов
Разраб.	(6)	(7)	(8)			(4)	(5)	
Проб.	(9)	(10)	(11)			(3)		
Н.контр.								
Утв.								

Рис.2. Штамп спецификации

В графах вносятся:

1. графе 1– наименование темы курсового проекта;
  2. графе 2: для спецификации – наименование узла;
- в графе 3– наименование учебного заведения и учебной группы;
1. графе 4- порядковый номер листа сборочного чертежа или спецификации (если документ выполнен на одном листе, графа не заполняется);
  2. графе 5– общее количество листов документа (графа заполняется только на первом листе);
  3. графе 6– фамилия и инициалы обучающегося;
  4. графе 7– подпись обучающегося;
  5. графе 8– дата подписания документа обучающимся;
  6. графе 9– фамилия и инициалы консультанта;
  7. графе 10– подпись консультанта;
  8. графе 11– дата подписания документа консультантом;
  9. графе 12– масштаб (для теоретического листа графа не заполняется);
- в графе 13– обозначение материала детали (только на рабочем чертеже детали).

## 6. СТРУКТУРА, СОДЕРЖАНИЕ И ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

### 6.1. СТРУКТУРА ЗАПИСКИ

Структурными элементами записки являются:

5. титульный лист;
6. задание;
7. содержание;
8. введение;
9. основная часть;
10. заключение;
11. список использованных источников;
12. приложения.

## 6.2. СОДЕРЖАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ТРЕБОВАНИЯ К НИМ

Титульный лист оформляется на стандартном бланке, заполняется обучающимся (за исключением строки с оценкой) и подписывается до защиты проекта.

Задание оформляется на стандартном бланке, заполняется и подписывается руководителем проекта в установленные сроки.

Содержание включает введение, наименование всех разделов и подразделов основной части, заключение, список использованных источников и приложения с указанием номеров страниц, с которых начинаются эти элементы записки.

Введение (1...2 страницы). Здесь приводится технико-экономическое обоснование выбранной темы проекта (краткое описание существующей конструкции, ее недостатки, возможные пути улучшения конструкции, предлагаемые для этого способы и ожидаемый эффект от их реализации).

Основная часть состоит из двух разделов, пронумерованных арабскими цифрами.

Первый раздел «Теоретическая часть». Рассматривается теоретическое обоснование проектируемого цеха, его назначение, область применения, общие требования, предъявляемые к нему. Далее приводится общая характеристика станков, агрегатов и особенности условий ее эксплуатации. Применительно к этим условиям формулируются дополнительные требования к проектируемому цеху. Дается описание существующих конструкций, позволяющих обеспечить эти требования, с использованием схем и рисунков.

Второй раздел «Расчетная часть». В разделе приводятся практические расчеты, результаты которых отражают общие характеристики цеха. Содержание оговаривается в задании и зависит от тематики проекта. Например, при разработке электроснабжения автоматизированного цеха, применяется расчет активных, реактивных и полных мощностей в соответствии с данными из задания, обосновывая выбор коммутационной и пускорегулирующей аппаратуры. При значительном объеме расчетных работ допускается выполнение только отдельных элементов расчета, что должно быть оговорено в задании. При выполнении расчетов следует использовать методики, изложенные в дисциплине «Электроснабжение отрасли». Допускается применение иных методик с обязательной ссылкой на их источник. Для представления результатов используются таблицы и графики.

Расчет каждого элемента должен содержать:

- обоснование выбора расчетных нагрузок;
- расчетную формулу с расшифровкой ее компонентов;
- обоснование выбора параметров элементов;
- выбор численных значений коэффициентов формулы;
- результаты расчета с выводом о работоспособности элемента электроснабжения.

При выполнении однотипных расчетов для нескольких элементов, эти расчеты объединяются. В этом случае для представления исходных данных и результатов расчета используются таблицы.

При выполнении расчетов следует применять только единицы физических величин в системе СИ (основные и производные) и другие величины.

Разделы основной части обычно содержат подразделы со своим наименованием. Подразделы нумеруются в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, например: 1.1, 1.2, 1.3 и т.д. Каждый подраздел заканчивается коротким выводом.

Заключение. Приводятся основные выводы по результатам выполненной работы и дается оценка соответствия полученных результатов заданию на проект.

Список использованных источников содержит сведения об источниках, использованных в пояснительной записке. В список помещаются только источники, на которые есть ссылки в тексте. Источники перечисляются в порядке появления первой ссылки на источник. Для каждого печатного источника в списке дается полная библиография с указанием автора работы, названия, издательства, года издания и общего количества страниц для учебников и монографий или интервала номеров страниц, где напечатана статья или научный доклад.

Приложения. В приложения включаются материалы, не вошедшие в основную часть записки. Как правило, сюда помещается спецификация на план цеха. Если в процессе работы выполнялись расчеты на ПК, в приложения помещается текст программы для ПК, разработанной лично обучающимся и распечатки результатов выполнения программы. Если проводился патентный поиск, сюда включаются его результаты. Каждое приложение начинается на новой странице и имеет свое обозначение и название. На все приложения (за исключения спецификации) в тексте записки должны быть ссылки.

## 6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Использование средств вычислительной техники является обязательным требованием к курсовому проекту. Для выполнения этого требования достаточно, чтобы соблюдались условия:

- часть расчетов выполнена на компьютере с использованием готовой программы, но с элементами анализа результатов;
- вся графическая часть проекта имеет электронный вид.

При использовании готовой программы дается ссылка на ее источник, излагается реализованная в ней методика, распечатки результатов для многовариантного решения приводятся в приложении с элементами их анализа. Электронный вид проекта представляется в электронном виде преподавателю во время защиты проекта.

Текстовая часть оформляется с использованием редактора Microsoft Word. Для выполнения графической части используются чертежно-конструкторский редактор КОМПАС-ГРАФИК или AutoCAD.

## 7. ЗАЩИТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Для защиты курсового проекта решением заместителя директора по учебной работе назначается комиссия, состоящая из трех преподавателей специальности.

Защита курсового проекта проводится публично перед членами комиссии в установленное время.

При защите проекта обучающийся делает краткий доклад, в котором должен изложить основное содержание и особенности проекта, а также обосновать принятые решения.

Курсовой проект оценивается в зависимости от качества доклада, оформления и содержания пояснительной записки, выполнения графической части проекта и ответов на вопросы.

Оценка проекта проставляется одним из членов комиссии на титульном листе пояснительной записки, в зачетной ведомости и в зачетной книжке обучающегося.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

#### **Основные источники:**

1. Сивков, А. А. Основы электроснабжения : учебное пособие для СПО / А. А. Сивков, А. С. Сайгаш, Д. Ю. Герасимов. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 173 с. — (Серия : Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-01344-3. — Режим доступа : [www.biblio-online.ru/book/892D4BAB-999E-4B8F-B2C6-F391EE9DAA7C](http://www.biblio-online.ru/book/892D4BAB-999E-4B8F-B2C6-F391EE9DAA7C)
2. Семенова Н.Г. Электроснабжение с основами электротехники. Часть 1 [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.Г. Семенова, А.Т. Раимова. — Электрон. текстовые данные. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 142 с. — 978-5-7410-1559-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/69976.html>

#### **Дополнительная**

1. Сопов, В. И. Электроснабжение электрического транспорта : учебное пособие для СПО / В. И. Сопов, Ю. А. Прокушев. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 137 с. — (Серия : Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-04309-9. — Режим доступа : [www.biblio-online.ru/book/3745D418-B830-40C5-9733-EA5040FF05C5](http://www.biblio-online.ru/book/3745D418-B830-40C5-9733-EA5040FF05C5)
2. Гордеев-Бургвиц М.А. Общая электротехника и электроснабжение [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.А. Гордеев-Бургвиц. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2017. — 470 с. — 978-5-7264-1602-1. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/65651.html>



#### **4. Методические рекомендации для выполнения самостоятельной работы**

Для успешного усвоения материала обучающийся должен кроме аудиторной работы заниматься самостоятельно. Самостоятельная работа является активной учебной деятельностью, направленной на качественное решение задач самообучения, самовоспитания и саморазвития. Самостоятельная работа обучающихся выполняется без непосредственного участия преподавателя, но по его заданию и в специально отведённое для этого время. Условием эффективности самостоятельной работы обучающихся является ее систематическое выполнение.

Целью самостоятельной работы по учебной дисциплине ОП.03.Материаловедение является закрепление полученных теоретических и практических знаний по дисциплине Материаловедение, выработка навыков самостоятельной работы и умения применять полученные знания. Самостоятельная работа направлена на углубление и закрепление знаний и умений, комплекса профессиональных компетенций, повышение творческого потенциала. Самостоятельная работа заключается в проработке тем лекционного материала, поиске и анализе литературы из учебников, учебно-методических пособий и электронных источников информации по заданной проблеме, изучении тем, вынесенных на самостоятельную проработку, подготовке к лабораторным работам, выполнению творческих индивидуальных работ.

Формой итогового контроля по дисциплине является экзамен. Обучающиеся получают допуск к экзамену только после выполнения всех видов самостоятельной работы предусмотренных рабочей программой дисциплины. Обучающиеся, не выполнившие все виды самостоятельной работы, являются задолжниками и к экзамену не допускаются.

Виды самостоятельной работы при изучении учебной дисциплины ОП.03. Материаловедение *(из рабочей программы)*:

Выполнение рефератов.

Самостоятельное изучение тем дисциплины.

Индивидуальные задания.

Выполнение плана – конспектов.

### **Методические рекомендации по написанию рефератов**

#### **Основные требования к написанию реферата**

Реферат (от лат. refero - докладываю, сообщаю) — краткое изложение в письменном виде, учения, научной проблемы, результатов научного исследования, раскрывающее ее на основе обзора литературы и других источников. Реферат является научной работой, поскольку содержит в себе элементы научного исследования.

#### **Структура реферата:**

##### **1. Тема реферата и ее выбор**

Тема реферата обычно формулируется преподавателем. Если преподаватель предоставляет возможность выбора темы из предложенного списка, то при выборе нужно опираться на критерий «широты-узости» рассматриваемой проблемы, «научемкости-практикоориентированности».

##### **2. Оглавление**

Сразу после формулировки темы следует оглавление. Реферат состоит из четырех основных частей:

- введение,
- основная часть (она может состоять из нескольких глав),
- заключение,
- список использованной литературы.

##### **3. Основные требования к введению**

Введение включает в себя краткое обоснование актуальности темы реферата, раскрывает степень ее изученности в научной литературе, Характер разработанности отдельных ее вопросов в науке,

Очень важно выделить цель и задачи, которые требуется решить для реализации цели. Например, целью может быть показ разных точек зрения на ту или иную проблему, а задачами могут выступать описание ее

характеристик с позиции ряда авторов, освещение ее практических последствий и т.д. Обычно одна задача ставится на один параграф реферата. Целесообразно широко известные методы только назвать. Объем введения обычно составляет до 2-х страниц текста.

#### 4. Требования к основной части реферата

Основная часть реферата содержит материал, который отобран для рассмотрения проблемы. Необходимо обратить внимание на обоснованность распределения материала на параграфы, умение формулировать их название, соблюдение логики изложения.

Основная часть реферата, кроме содержания, выбранного из разных научных источников, также должна включать в себя собственное мнение автора и самостоятельно сформулированные выводы, опирающиеся на приведенные факты.

#### 5. Требования к заключению

Заключение – часть реферата, в которой формулируются выводы по параграфам, обращается внимание на выполнение поставленных во введении задач и цели. Заключение должно быть четким, кратким, вытекающим из основной части. Объем заключения не более одной страницы.

#### 6. Основные требования к списку использованной литературы

Источники должны быть перечислены в алфавитной последовательности (по первым буквам фамилий авторов или по названиям сборников).

Необходимо включать теории и концепции ведущих ученых, а также литературу и электронные источники последних лет издания не менее 50% всех источников.

#### **Требования к оформлению**

##### Особенности текста реферата

Текст реферата должен отличаться лаконичностью, четкостью, убедительностью формулировок, отсутствием второстепенной информации.

Текст реферата начинают фразой, в которой сформулирована главная тема анализируемого источника. Сведения, содержащиеся в заглавии и библиографическом описании, не должны повторяться в тексте реферата.

Следует избегать лишних вводных фраз (например, «автор статьи рассматривает...»). Исторические справки, если они не составляют основное содержание документа, описание ранее опубликованных работ и общеизвестные положения, в реферате не приводятся.

В тексте реферата следует употреблять синтаксические конструкции, свойственные языку научных документов, избегать сложных грамматических конструкций.

Необходимо соблюдать единство терминологии в пределах реферата. Имена собственные (фамилии, наименования организаций, и др.) приводят на языке первоисточника.

Объем текста реферата определяется количеством сведений, их научной ценностью и/или практическим значением.

Рекомендуемый средний объем текста реферата до 10 страниц машинописного текста.

Текст реферата должен быть выполнен через полтора интервала. Цвет шрифта должен быть черным. Гарнитура шрифта основного текста – «TimesNewRoman» или аналогичная, кегль (размер) от 12 до 14 пунктов. Размеры полей – 20 мм. Формат абзаца: полное выравнивание («по ширине»), отступ – 12 мм, одинаковый по всему тексту.

Заголовки разделов и подразделов следует печатать на отдельной строке с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Выравнивание по центру или по левому краю.

## **Перечень тем рефератов**

### **по дисциплине «Электроснабжение отрасли»**

1. Выбор сечения проводов по мощности оборудования

2. Максимальные токи КЗ, условия их возникновения
3. Причины отклонения напряжения у электроприемника
4. Алгоритм действий персонала, обслуживающего городские электросети
5. Основное электрооборудование подстанций
6. Преимущества и недостатки цеховых подстанций
7. Ограничения токов короткого замыкания
8. Методы расчета заземления
9. Промежуточные, указательные и реле времени
10. Методы выявления неисправностей кабельных линий

## **5. Методические рекомендации по изучению теоретического материала**

Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта;

1. Выделите главное, составьте план;
2. Кратко сформулируйте основные положения текста, отметьте аргументацию автора;
3. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно.
4. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли.

В тексте конспекта желательно приводить не только тезисные положения, но и их доказательства. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной

последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы.

### **Критерии оценивания:**

Результатом оценивания является отметка «зачтено». Работа оценивается по следующим критериям:

- 1) соответствие содержания теме;
- 2) корректная структурированность информации;
- 3) наличие логической связи изложенной информации;
- 4) аккуратность и грамотность изложения;
- 5) соответствие оформления требованиям;
- 6) работа сдана в срок.

Работа считается засчитанной, если она отвечает требованиям более половины критериев.

## **6.Методические рекомендации к проведению занятий с использованием активных и интерактивных форм**

Федеральный государственный образовательный стандарт среднего профессионального образования (ФГОС СПО) одним из требований к условиям реализации основных образовательных программ обязывает использовать в учебном процессе активные и интерактивные формы проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Внедрение активных и интерактивных форм обучения – одно из важнейших направлений совершенствования подготовки обучающихся.

Активные методы обучения – формы обучения, направленные на развитие у обучаемых самостоятельного мышления и способности квалифицированно решать нестандартные профессиональные задачи. Цель

обучения – развивать мышление обучаемых, вовлечение их в решение проблем, расширение и углубление знаний и одновременное развитие практических навыков и умения мыслить, размышлять, осмысливать свои действия.

Интерактивное обучение – это специальная форма организации познавательной деятельности. Она имеет в виду вполне конкретные и прогнозируемые цели:

- повышение эффективности образовательного процесса, достижение высоких результатов;
- усиление мотивации к изучению дисциплины;
- формирование и развитие профессиональных навыков обучающихся;
- формирование коммуникативных навыков;
- развитие навыков анализа и рефлексивных проявлений;
- развитие навыков владения современными техническими средствами и технологиями восприятия и обработки информации;
- формирование и развитие умения самостоятельно находить информацию и определять ее достоверность;
- окращение доли аудиторной работы и увеличение объема самостоятельной работы студентов.

Интерактивные формы применяются при проведении аудиторных занятий, при самостоятельной работе обучающихся и других видах учебных занятий, а также при повышении квалификации.

### **Лекция визуализация**

Лекция - визуализация учит студентов преобразовывать устную и письменную информацию в визуальную форму и наоборот, что формирует у них профессиональное мышление за счет систематизации и выделения наиболее значимых, существенных элементов содержания обучения.

Чтение лекций идет в диалоговом режиме, поскольку студенты не отвлекаются на конспектирование и рисование; сводится к связному,

развернутому комментированию преподавателем подготовленных наглядных материалов, полностью раскрывающему тему лекции. Представленная таким образом информация обеспечивает систематизацию имеющихся у студентов знаний, создание проблемных ситуаций и возможности их разрешения; демонстрирует разные способы наглядности, что является важным в познавательной и профессиональной деятельности.

### **Примеры интерактивные форм проведения занятий в составе учебной группы (практическое занятие, семинар, лабораторная работа)**

**Тема:** Назначение, типы электрических станций, режимы их работы

#### **(лекция-визуализация)**

При проведении лекции обучающимся представляется материал в виде презентации, выполненной с помощью программы PowerPoint/

Энергетика является основой экономики нашей страны. Особо важное значение для развития экономики имеет электроэнергетика, оказывающая огромное революционизирующее воздействие на ускорение прогресса не только в промышленном производстве, но и во всех других областях жизни нашего общества.

Эта революционизирующая роль электрической энергии объясняется универсальностью ее использования, возможностью передачи на практически любые расстояния, бесконечной дробимостью и в то же время возможностью ее концентрации в очень больших масштабах. Легкость автоматизации процессов при использовании электрической энергии делает ее незаменимой служебной энергией.

Основными тенденциями развития ТЭС являются: освоение новых видов энергетических топлив; разработка новых способов преобразования энергии; концентрация мощностей; повышение параметров пара; совершенствование комбинированного производства электрической и тепловой энергии; промышленное освоение парогазового цикла.



Более половины всей мощности ТЭС работает сейчас на сверхкритических параметрах пара: все вновь вводимые в эксплуатацию крупные турбины 300—800 МВт рассчитаны на давление пара 25 МПа и температуру перегрева 540 или 560 °С. Электрическая станция представляет собой промышленное предприятие, на котором производится электрическая, а в некоторых случаях и тепловая энергия на основе преобразования первичных энергоресурсов. В зависимости от вида природных источников энергии (твердое топливо, жидкое, газообразное, ядерное, водяная энергия) станции подразделяются на тепловые (ТЭС), гидравлические (ГЭС), атомные (АЭС). Станции, на которых одновременно с электрической вырабатывается и тепловая энергия, называют теплоэлектроцентралями (ТЭЦ). Для каждого типа станции разрабатывается своя технологическая схема превращения первичной энергии в электрическую, а для ТЭЦ — и в тепловую. Технологическая схема характеризует последовательность процесса производства электрической и тепловой энергии и оснащение преобразовательного процесса основным оборудованием (паровыми котлами (атомными реакторами), паровыми или гидравлическими турбинами, электрическими генераторами), а также разнообразное вспомогательное оборудование и предусматривает высокую степень механизации и автоматизации процесса. Оборудование располагается в специальных зданиях, на открытых площадках или под землей. Агрегаты связаны между собой как в тепловой, так и в электрической части. Эти связи отражаются соответствующим образом в технологических, тепловых и электрических схемах. Кроме того, на станции предусматриваются многочисленные коммуникации вторичных устройств — систем управления, контроля, защиты, блокировок, сигнализации и т. п.

Станция имеет также развитые транспортные связи: внешние (с железнодорожной станцией, населенными пунктами, рабочим поселком, карьерами, отвалами) и на территории самой станции (между отдельными зданиями и сооружениями для перемещения оборудования, материалов,

топлива как в процессе сооружения, так и во время эксплуатации). Для выдачи электрической и тепловой энергии в энергосистему и к местным потребителям предусматривается необходимое количество электрических линий и тепловых магистралей.

Особенностью гидроэлектрической станции являются мощные гидротехнические сооружения: плотины, дамбы, каналы, туннели, необходимые для создания напора воды и пропуска водотока. Часто здание гидростанции с машинным залом встраивается в основные гидротехнические сооружения.

План площадки, на которой размещаются все основные здания и сооружения станции, называют генеральным планом станции. Генплан компоуется так, чтобы обеспечить надежную работу станции в целом и всех ее звеньев, удобство и безопасность эксплуатации, а также возможность ее последующего расширения. При этом учитываются климат района, рельеф местности, страны света, роза ветров, кратчайшие транспортные связи и линии выдачи энергии, возможности водоснабжения, требования пожарной безопасности, гражданской обороны, охраны окружающей среды.

Структура компоновки зависит от типа станции. При выборе площадки для ТЭЦ необходимо считаться с экономичностью теплоснабжения потребителей. Местоположение АЭС должно гарантировать защиту населенных пунктов от радиоактивной опасности как в нормальных условиях эксплуатации, так и при авариях на станции. Для тепловых (в том числе и атомных) электростанций желательно иметь равнинный рельеф местности. Для ровной площадки могут быть созданы (и в настоящее время имеются) типовые компоновки генерального плана станций, различающиеся между собой видом топлива, системой водоснабжения, числом и мощностью агрегатов и т. п.

Площадка и компоновка станционного узла гидроэнергетической установки зависит от природных условий местности, принятой схемы

использования водотока, типа и состава гидротехнических сооружений. Очевидно, что здесь не может быть типовых решений; каждая ГЭС является оригинальным сооружением.

### *Типы электростанций.*

ТЭС (тепловые) 66–68%	ГЭС (гидравлические) 17–18%	АЭС (атомные) 14–15%
<p>ТЭС – тепловые, вырабатывают электрическую энергию; ТЭЦ – электроцентраль, вырабатывающие электроэнергию + тепло (расстояние передачи тепла не более 20-30 км); ГРЭС – государственные районные электростанции.</p>	<p><b>1.Виды электростанций:</b> ГЭС – гидроэлектростанция на равнинных и горных реках; ГАЭС – гидроаккумулирующая станция (Загорская); ПЭС – приливная электростанция (высоту приливов и отливов).</p> <p><b>2.Сырьё:</b> Вода равнинных и горных рек.</p> <p>Движение воды во время приливов и отливов.</p> <p><b>3.Качественная характеристика.</b></p> <p><b>Преимущества:</b> – высокий КПД – 92-94%; – экономичны, простота управления; – обслуживает сравнительно немногочисленный персонал; – маневренны при изменении нагрузки выработки электроэнергии; – длительный срок эксплуатации (до 100 и более лет); – низкая себестоимость электроэнергии; – ГЭС – комплексное гидротехническое сооружение; – регулирует стоки; – плотина используется для транспортных связей между берегами (таблица); – около них образуются промышленные центры; – процесс выработки электроэнергии не сопровождается загрязнением</p>	<p>АЭС – атомная электростанция, вырабатывает электроэнергию; АЭЦ – атомная электроцентраль (тепло + энергия).</p> <p>Ядерное топливо (плутоний и уран). При расходе 1 кг урана образуется энергии как при сгорании 2500 кг угля.</p>
<p>Уголь, газ, мазут, торф =&gt;по этому можно строить везде.</p> <p>– быстро строят, и строительство обходится дешевле, чем строительство ГЭС и АЭС; – разнообразное сырьё; – способность вырабатывать электроэнергию без сезонных колебаний; – КПД – 33%.</p>	<p>– быстро строят, и управление; строительство обходится дешевле, чем строительство ГЭС и АЭС; – разнообразное сырьё; – способность вырабатывать электроэнергию без сезонных колебаний; – КПД – 33%.</p>	<p>– на 20-30 тонн ядерного топлива АЭС работает несколько лет; – в высшей степени концентрированное и транспортабельное топливо; – маневренность; – размещение (там, где нужна электроэнергия, но нет других источников сырья (мало)). – КПД – 80%; – дешёвая электроэнергия; – сравнительно небольшие затраты при строительстве; – работа станции не приводит к усилению парникового эффекта. – процесс выработки электроэнергии не сопровождается загрязнением окружающей</p>

	окружающей среды;	среды;
<b>Недостатки:</b>		
Несмотря на неоспоримые преимущества электростанций в добыче энергии перед топливной промышленностью и необходимостью их существования и востребованность, у них всё же существует целый ряд серьёзных проблем и недостатков, требующих внимательного изучения и решения.		

## Практическая работа

### (разбор конкретной ситуации)

**Тема:** Выбор сечений проводов по допустимой потере напряжения

**Цель работы:** Научиться производить выбор проводов

**Приобретаемые умения и навыки:**

2. Научиться пользоваться справочными данными и расчетными формулами

**Оснащение рабочего места:** Раздаточный материал

### Общие сведения

Прохождение электрического тока вызывает нагрев проводов. При некоторой температуре провода, называемой установившейся, наступает равновесие между теплом, выделяемым током и теплом, отдаваемым в окружающую среду. Нагрев проводов допускается до определенных температур (65...80 °С), определяемых свойствами изоляции или свойствами самих проводов. Ток, при котором достигается установившаяся наибольшая допустимая температура, называется допустимым током провода  $I_d$ . При определении сечения проводов пользуются понятиями:

- номинальная мощность  $P_n$  — указанная на электроприемнике;
- установленная мощность  $P_y$  — сумма номинальных мощностей всех установленных приемников;
- расчетная мощность  $P_p$  — мощность, по которой производится расчет.

Указанным мощностям соответствуют токи  $I_n$ ,  $I_y$ ,  $I_p$ , которым присваиваются те же отличительные названия.

Все приемники энергии практически одновременно не включаются, двигатели постоянно полностью не загружены, поэтому при расчетах

исходят не из установленной мощности, а из той части ее  $P_p$ , которая может одновременно использоваться потребителем.

Отношение расчетной мощности к установленной называют -  
КОЭФФИЦИЕНТОМ СПРОСА:

$$K_c = \frac{P_p}{P_y} \text{ или } K_c = \frac{I_p}{I_y}$$

Коэффициент спроса принимают при осветительной нагрузке:

— для сетей наружного освещения  $K_c = 1$ ;

— для сетей бытового освещения  $K_c = 0,7 \dots 0,8$ ;

— для сетей промышленных предприятий  $K_c = 0,7 \dots 0,9$ .

При осветительной нагрузке расчетный ток для цепей однофазного переменного тока и для постоянного тока

$$I_p = \frac{P_p}{U} = \frac{K_c \cdot P_y}{U},$$

для трехфазных цепей

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{K_c \cdot P_y}{\sqrt{3} \cdot U}$$

При силовой нагрузке для цехов холодной обработки металлов коэффициент спроса принимают:

- при одном — двух установленных двигателях  $K_c = 1$ ;
- при четырех  $K_c = 0,8$ ;
- при шести  $K_c = 0,6$ .

Номинальный ток двигателей:

- постоянного тока  $I_n = \frac{P_n}{U \cdot \eta}$
- трехфазного  $I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \eta \cdot \cos \varphi}$ ,

где  $\eta$  - КПД электродвигателя.

Значения  $P_n$ ,  $\eta$ ,  $\cos\varphi$  для двигателей берутся из справочников или каталогов.

При ориентировочных расчетах для двигателей небольшой мощности до 10...12 кВт произведение  $\eta$  и  $\cos\varphi$  можно считать равным 0,7...0,8.

$$\text{Расчетный ток двигателей: } I_p = K_c \cdot I_n = K_c \cdot I_y$$

Определение сечения проводов по допустимому нагреву производится по каталогу, в котором для стандартных сечений проводов приведены предельно длительные допустимые токи  $I_d$ , при этом учитывается категория помещения, условия окружающей среды, вид и способа прокладки.

Допустимый ток провода должен быть не меньше расчетного.

$$I_d \geq I_p$$

Таким образом, выбирается провод такого сечения, допустимый ток которого равен расчетному или несколько больше его.

Выбранное сечение проводов необходимо проверить по потере напряжения.

Как известно, потерей напряжения называется арифметическая разность напряжений в начале и конце линии:  $\Delta U = U_1 - U_2 = I \cdot R_{np}$ , то есть равна падению напряжения в проводах линии:

$$\Delta U = I \cdot R_{np} = I \cdot \frac{2 \cdot l}{\gamma \cdot S} \quad (1)$$

где  $l$  — длина линии, м;

$S$  — сечение провода,  $\text{мм}^2$ ;

$\gamma = \frac{1}{\rho}$  — удельная проводимость,  $\frac{1}{\text{Ом} \cdot \text{м}}$ .

По заданной допустимой потере напряжения, используя формулу (1), можно определить сечение проводов двухпроводной линии постоянного тока:

$$S = \frac{I \cdot 2 \cdot l}{\gamma \cdot \Delta U} \quad (2)$$

Часто потерю напряжения выражают в процентах в начале линии, называя ее относительной потерей напряжения.

$$\varepsilon = \frac{\Delta U}{U} \cdot 100\%, \text{ откуда } \Delta U = \frac{\varepsilon \cdot U}{100\%}.$$

Допустимая относительная потеря напряжения для осветительной нагрузки составляет 2...3 %, а для силовой 4...6 %.

Заменим в формуле (2) значение  $\Delta U$  относительной потерей напряжения  $\varepsilon$  и получим формулу:

$$S = \frac{2 \cdot 100 \cdot I \cdot l}{\gamma \cdot \varepsilon \cdot U} \quad (3)$$

или, умножив и разделив на  $U$ , получим эту формулу в другом виде

$$S = \frac{2 \cdot 100 \cdot P \cdot l}{\gamma \cdot \varepsilon \cdot U^2} \quad (4)$$

Из этой формулы следует, что относительная потеря напряжения

$$\varepsilon = \frac{2 \cdot 100 \cdot P \cdot l}{\gamma \cdot S \cdot U^2} \quad (5)$$

По этим формулам можно определить сечение проводов линии по заданной относительной потере напряжения или соответственно определяют относительную потерю напряжения  $\varepsilon$  в линиях по заданному сечению проводов.

**Пример 1.** Определить расчетный ток в магистральных проводах трехфазной линии с линейным напряжением  $U_{\text{л}} = 220$  В, если к ней присоединены три электродвигателя с номинальной мощностью  $P_{\text{н1}} = 4,5$  кВт,  $P_{\text{н2}} = 2,8$  кВт,  $P_{\text{н3}} = 3,5$  кВт. Длина линии  $l = 15$  м.

Выбрать сечение алюминиевых проводов  $S$ , проложенных открыто, исходя из условия допустимого нагревания их. Выбранное сечение проверить по допустимой относительной потере напряжения, которая не должна превышать для силовой нагрузки 4...6%. Кратность пускового тока электродвигателей принимаем равной  $K_i = 7$ , произведение  $\eta \cdot \cos\varphi = 0,7$ .

**Решение.**

Установленная мощность:

$$P_y = P_{н1} + P_{н2} + P_{н3} = 4,5 + 2,8 + 3,5 = 10,8 \text{ кВт}$$

Расчетный ток магистрали

$$I_p = \frac{K_c \cdot P_y \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{0,9 \cdot 10,8 \cdot 1000}{1,73 \cdot 220 \cdot 0,7} = 35 \text{ А}$$

Используя справочные данные выбираем алюминиевый провод, проложенный открыто, сечением  $S = 6 \text{ мм}^2$  с допустимой токовой нагрузкой:  $I_d = 39 \text{ А} > 35 \text{ А}$ .

Выбранное сечение проверяем по потере напряжения.

Мощность в цепи питания двигателей при их номинальной нагрузке:

$$P = \frac{P_{н1}}{\eta_1} + \frac{P_{н2}}{\eta_2} + \frac{P_{н3}}{\eta_3} = \frac{4,5}{0,85} + \frac{2,8}{0,85} + \frac{3,5}{0,85} = 5,3 + 3,3 + 4,1 = 12,7 \text{ кВт}$$

Расчетная мощность:  $P_p = K_c \cdot P = 0,9 \cdot 12,7 = 11,5 \text{ кВт}$

Определяем относительную потерю напряжения по формуле:

$$\varepsilon = \frac{100 \cdot P_p \cdot l}{\gamma \cdot S \cdot U_n^2} = \frac{100 \cdot 11,5 \cdot 1000 \cdot 15}{35 \cdot 6 \cdot 220^2} = 1,7\%$$

где  $\gamma$  — удельная проводимость для алюминия:

$$\gamma = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{0,029} = 35 \frac{1}{\text{Ом} \cdot \text{м}}$$

Таким образом,  $\varepsilon = 1,7\%$  не превышает допустимой, и, следовательно, провод сечением  $S = 6 \text{ мм}^2$  выбран правильно.

**Порядок выполнения работы:**

1. Отметьте в отчете наименование и цель занятия.
2. Отметьте в отчете исходные условия задачи и заданную схему.

**Условия задачи и схемы цепей приведены в приложении.**



3. Выполните предложенное задание. По необходимости, при выполнении задания практической работы, повторите теоретический материал и примеры, подобные заданию практической работы.

4. Оформите отчет по практической работе.

Рабочая машина приводится в действие с помощью 2-х трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором.

Используя справочные данные, данные для своего варианта, указанные в таблице 1, выбрать для двигателя пусковую и защитную аппаратуру.

Начертить в соответствии с требованиями ГОСТ принципиальную электрическую схему управления электродвигателем.

Таблица 1.

Номер двигателя	Тип двигателя	$P_{ном2},$ кВт	$I_{ном},$ А	$\frac{I_{п}}{I_{ном}}$	$\cos\varphi_{ном}$	$\eta_{ном}$
1	4A100S2Y3	4	8	7,5	0,89	0,86
2	4A100L2Y3	5,5	11	7,5	0,91	0,87
3	4A112M2CY3	7,5	15	7,5	0,88	0,87
4	4Л132M2CY3	11	21	7,5	0,9	0,88
5	4A90L4Y3	2,2	5	6,0	0,83	0,8
6	4A100S4Y3	3	7	6,5	0,83	0,82
7	4A100L4Y3	4,0	9	6,5	0,84	0,84
8	4A112M4CY1	5,5	12	7,0	0,85	0,85
9	4A132M4CY1	11	22	7,5	0,87	0,87
10	4AP160S4Y3	15	30	7,5	0,87	0,865
11	4AP160M4Y3	18,5	37	7,5	0,87	0,885
12	4AP180S4Y3	22	43	7,5	0,87	0,89
13	4AP180M4Y3	30	58	7,5	0,87	0,9
14	4A100L6Y3	2,2	6	5,5	0,73	0,81
15	4AP160S6Y3	11	24	7,0	0,83	0,855
16	4AP160M6Y3	15	31	7,0	0,83	0,875
17	4AP180M6Y3	18,5	40	6,5	0,8	0,87
18	4A250S6Y3	45	84	6,5	0,89	0,92
19	4A250M6Y3	55	102	7,0	0,89	0,92
20	4AH250M6Y3	75	141	7,5	0,87	0,93
21	4A100L8Y3	1,5	5	6,5	0,65	0,74
22	4AP160S8Y3	7,5	18	6,5	0,75	0,86
23	4A250S8Y3	37	75	6,0	0,83	0,9

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Краткий курс лекций по дисциплине	3
2. Методические рекомендации (указания) к практическим занятиям	7
3. Примерные темы курсовых проектов и методические указания к выполнению курсовых проектов	20
4. Методические рекомендации для выполнения самостоятельной работы	33
5. Методические рекомендации по изучению теоретического материала	37
6. Уроки с применением активных и интерактивных форм проведения учебных занятий	38

**Сохранная Ольга Сергеевна,**  
*Преподаватель ФСПО АмГУ*