

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОПОП ВО
профессор В.А. Шпенст

Проректор по образовательной
деятельности
Д.Г. Петраков

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

Уровень высшего образования:	Бакалавриат
Направление подготовки:	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Направленность (профиль):	Электроснабжение
Квалификация выпускника:	Бакалавр
Форма обучения:	очная
Составитель:	доц. Костин В.Н.

Санкт-Петербург

Рабочая программа дисциплины «Электроэнергетические системы и сети»
разработана:

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки «13.03.02 Электроэнергетика и электротехника», утвержденного приказом Минобрнауки России № 144 от 28.02.2018 г.;

- на основании учебного плана бакалавриата по направлению подготовки «13.03.02 Электроэнергетика и электротехника» направленность (профиль) «Электроснабжение».

Составитель _____ к.т.н., доц. В.Н. Костин

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры электроэнергетики и электромеханики от 27.01.2022 г., протокол № 08/01.

Заведующий кафедрой _____ д.т.н., проф. В.А. Шпенст

Рабочая программа согласована:

Начальник управления учебно-методического обеспечения образовательного процесса _____ к.т.н. Иванова П.В.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины – формирование у студентов базовых знаний в области передачи и распределения электрической энергии, взаимной связи и объективных закономерностей этих процессов.

Основные задачи дисциплины:

- ознакомление с конструктивным выполнением электрических сетей;
- изучение параметров элементов и схем электрических сетей;
- получение опыта проектирования электроэнергетических систем и электрических сетей;
- изучение методов расчета установившихся режимов электроэнергетических систем;
- получение сведений о регулировании режимов электроэнергетических систем;
- изучение методов расчета потерь мощности и электроэнергии в электрических сетях.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Электроэнергетические системы и сети» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 Дисциплины (модули) основной профессиональной образовательной программы подготовки по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», направленность (профиль) «Электроснабжение», изучается в 7 семестре.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Электроэнергетические системы и сети» являются «Общая энергетика» и «Теоретические основы электротехники»,

Дисциплина «Электроэнергетические системы и сети» является основополагающей для изучения следующих дисциплин «Электроснабжение», «Электрические станции и подстанции» и «Техника высоких напряжений», «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем».

Особенностью дисциплины является развитие у студентов знаний в области проектирования и эксплуатации систем электроэнергетики.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Электроэнергетические системы и сети» направлен на формирование следующих компетенций и получение основных результатов обучения:

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенций	Коды компетенции	
Способен участвовать в проектировании систем электропривода, автоматизированных системы управления, систем электроснабжения.	ПКС-1	ПКС-1.2 Обосновывает выбор целесообразного решения. ПКС-1.3 Подготавливает разделы предпроектной документации на основе типовых технических решений.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц или 252 ак. часа.

Вид учебной работы	Всего часов	Ак. часы по семестрам
		7
Аудиторные занятия (всего), в том числе	85	85
Лекции	34	34
Практические занятия	34	34
Лабораторные работы	17	17
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе	131	131
Выполнение курсового проекта	36	36
Подготовка к лабораторным работам	60	60
Подготовка к практическим занятиям	35	35
Вид промежуточной аттестации (зачет - З, экзамен - Э)	36 (Э), (З)	36 (Э), (З), КП
Общая трудоемкость дисциплины	-	-
	ак. час	252
	зач. ед.	7

4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, лабораторные работы, практические занятия и самостоятельная работа.

4.2.1. Разделы дисциплин и виды занятий

№	Название разделов	Виды занятий				
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная Работа (в том числе курсовой проект)	Всего ак. часов
1	Введение. Общие сведения о системах передачи и распределения электроэнергии	2	-	2	16	20
2	Схемы замещения элементов электрических сетей	4	-	-	12	16
3	Схемы электрических сетей	4	2	5	11	22
4	Режимы работы электроэнергетических систем	5	6	2	13	26
5	Расчет установившихся режимов электрических сетей	6	10	4	14	34
6	Регулирование напряжения в электрических сетях	4	4	2	20	30
7	Проектирование электрических сетей	7	12	2	31	52
8	Потери электроэнергии в электрических сетях.	2	-	-	14	16
	Итого:	34	34	17	131	216
	Подготовка к экзамену					36
	Всего часов					252

4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела	Содержание лекционных занятий	Трудо- ем- кость в ак. часах
1	Общие сведения о системах передачи и распределения электроэнергии	<p>Введение. Общие сведения о системах передачи и распределения электроэнергии</p> <p>Классификации электрических сетей.</p> <p>Воздушные линии. Конструкции воздушных линий электропередачи. Провода. Опоры. Изоляция. Арматура. Грозозащитный трос.</p> <p>Кабельные линии. Конструкции кабельных линий электропередачи. Изоляция кабелей. Способы прокладки кабелей. Соединительные и концевые муфты.</p> <p>Токопроводы и электропроводки.</p>	2
2	Схемы замещения элементов электрических сетей	<p>Линии электропередачи. Схема замещения линии электропередачи. Продольные и поперечные параметры схемы замещения. Явление короны. Емкостная проводимость. Зарядная мощность. Расщепление фаз линии. Выбор схемы замещения линии в зависимости от ее конструкции и номинального напряжения.</p> <p>Трансформаторы. Схемы замещения двухобмоточных трансформаторов. Определение параметров схемы замещения по паспортным данным. Потери холостого хода и нагрузочные потери активной и реактивной мощностей в трансформаторе. Расщепление обмотки низкого напряжения трансформатора. Схемы замещения и параметры трехобмоточного трансформатора и автотрансформатора</p> <p>Источники питания и нагрузки. Синхронные генераторы, двигатели, компенсаторы. Представление синхронных машин в расчетных схемах. Векторные диаграммы. Понятие об узле нагрузки. Комплексная нагрузка узлов, ее состав. Способы представления нагрузок в расчетных схемах. Статические характеристики нагрузки по напряжению и частоте.</p>	4
3	Схемы электрических сетей	<p>Распределительные сети. Схемы распределительных сетей до 35 кВ. Радиальные, магистральные, смешанные и петлевые сети. Резервированные сети. Схемы распределительных сетей напряжением 110...220 кВ.</p> <p>Подстанции. Присоединение подстанций к сети. Типовые схемы подстанций.</p> <p>Дальние электропередачи. Структура и</p>	4

№ п/п	Наименование раздела	Содержание лекционных занятий	Трудоем- кость в ак. часах
		схемы межсистемных передач переменного тока напряжением 330 кВ и выше. Структура и схемы межсистемных передач постоянного тока. Преобразовательные подстанции.	
4	Режимы работы электроэнергетических систем	<p>Балансы мощностей в электроэнергетической системе. Характеристика составляющих баланса активной мощности. Связь баланса активной мощности с частотой. Отклонения частоты. Влияние частоты на производительность механизмов.</p> <p>Регулирование частоты и активной мощности. Регуляторы скорости турбин. Первичное регулирование частоты. Астатическое и статическое регулирование турбины. Регуляторы частоты. Вторичное регулирование частоты. Станции, регулирующие частоту. Основы оптимального распределения активной мощности между агрегатами одной станции.</p> <p>Компенсация реактивной мощности. Баланс реактивной мощности. Связь баланса реактивной мощности с напряжением в узлах нагрузки. Лавина напряжения. Источники реактивной мощности.</p>	5
5	Расчет установившихся режимов электрических сетей	<p>Расчет разомкнутой сети. Задачи расчета установившихся режимов. Приведение нагрузок к стороне высшего напряжения трансформаторов. Алгоритм расчета режима разомкнутой сети. Векторная диаграмма напряжений. Продольная и поперечная составляющие падения напряжения. Метод последовательных приближений. Определение напряжения на вторичной стороне трансформатора. Упрощения при расчетах сетей напряжением до 35 кВ.</p> <p>Расчет замкнутой сети. Расчет режима замкнутой (кольцевой) электрической сети. Расчет потоков мощности на головных участках замкнутой сети. Приведение замкнутой сети к расчету двух разомкнутых схем. Понятие об однородной и неоднородной замкнутой сети.</p> <p>Уравнения узловых напряжений. Понятие о сложнзамкнутой электрической сети. Представление активных элементов в электрической сети. Формирование уравнений узловых напряжений. Балансирующий узел по току (мощности). Базисный узел по</p>	6

№ п/п	Наименование раздела	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		напряжению. Уравнения для сети переменного тока с комплексными коэффициентами и переменными. Методы решения уравнений узловых напряжений.	
6	Регулирование напряжения в электрических сетях	<p>Регулирование напряжения на электростанциях. Регулирования напряжения генераторами и трансформаторами станции.</p> <p>Регулирование напряжения на подстанциях. Устройство ПБВ и РПН. Принципиальная схема РПН. Выбор регулировочных ответвлений трансформаторов.</p> <p>Регулирование напряжения в распределительных сетях. Требования ПУЭ к уровням напряжения в центре питания. Централизованное регулирование напряжения. Средства местного регулирования напряжения.</p>	4
7	Проектирование электрических сетей	<p>Нагрузки, напряжения и схемы сетей. Методы определения электрических нагрузок. Выбор номинального напряжения электрической сети. Области применения различных конфигураций электрических сетей.</p> <p>Выбор основного оборудования. Нормированная экономическая плотность тока. Стандартные сечения проводников. Основные технические ограничения при выборе сечений проводников воздушных и кабельных линий. Допустимые перегрузки кабелей.</p> <p>Выбор количества и мощности трансформаторов на подстанциях.</p> <p>Проектирование конструктивной части воздушных линий. Климатические районы. Допустимые механические напряжения. Основные режимы при расчете проводов на механическую прочность. Выбор опор. Габаритный и расчетный пролеты. Удельные нагрузки. Уравнение состояния провода. Исходный режим. Проверка условий прочности провода.</p> <p>Проверка габарита линии. Монтажные графики. Особенности расчета на прочность грозозащитного троса.</p>	7
8	Потери электроэнергии в электрических сетях	<p>Расход электроэнергии на ее транспорт. Ориентировочные значения потерь электроэнергии в сетях различных напряжений. Переменные и постоянные потери электроэнергии и их соотношение.</p> <p>Расчет потерь электроэнергии в электрических сетях. Основные методы</p>	2

№ п/п	Наименование раздела	Содержание лекционных занятий	Трудоёмкость в ак. часах
		расчета потерь электроэнергии в электрических сетях. Продолжительность использования наибольшей нагрузки. Время наибольших потерь мощности.	
		Итого:	34

4.2.3. Лабораторные занятия

№ п/п	Раздел	Тематика лабораторных работ	Трудоёмкость ак. час.
1	Раздел 1	Конструктивное выполнение элементов электрических систем	2
2	Раздел 3	Исследование режимов работы петлевой сети	3
3	Раздел 3	Исследование режимов работы передачи переменного тока	2
4	Раздел 4	Регулирование частоты в электроэнергетической системе	2
5	Раздел 5	Исследование режимов разомкнутой электрической сети	2
6	Раздел 5	Расчет установившегося режима электрической сети на ПК	2
7	Раздел 6	Регулирование напряжения в электрических сетях	2
8	Раздел 7	Расстановка опор по профилю трассы	2
Итого			17

4.2.4. Практические занятия

№ п/п	Раздел	Тематика практических занятий	Трудоёмкость ак. час
1	Раздел 3	Обоснование схемы и напряжения электрической сети	2
2	Раздел 4	Составление баланса активной мощности	2
3	Раздел 4	Составление баланса реактивной мощности	2
4	Раздел 4	Выбор мест размещения компенсирующих устройств	2
5	Раздел 5	Приведение нагрузок узлов и мощности ТЭЦ к высшему напряжению	2
6	Раздел 5	Расчет установившегося режима электрической сети (вручную)	2
7	Раздел 5	Расчет установившегося режима электрической сети с использованием прикладных программ	6
8	Раздел 6	Регулирование напряжения в узлах нагрузки	4
9	Раздел 7	Выбор трансформаторов ТЭЦ и подстанций	2
10	Раздел 7	Выбор и проверка сечений проводов	2
11	Раздел 7	Выбор генераторов ТЭЦ	2
12	Раздел 7	Расчет конструктивной части ВЛ	6
Итого			34

4.2.5. Курсовое проектирование

Тема курсового проекта – проектирование электроэнергетической системы.

Предусмотрено 100 вариантов заданий в зависимости от географического расположения узлов системы, величин их нагрузок и мощности источника питания системы.

Состав проекта включает в себя:

1. Составление баланса активной мощности и выбор генераторов ТЭЦ.
 2. Обоснование схемы и напряжения электрической сети.
 3. Составление баланса реактивной мощности, размещение компенсирующих устройств.
 4. Выбор и проверка сечений проводов линий электропередачи.
 5. Выбор трансформаторов ТЭЦ и подстанций.
 6. Приведение нагрузок узлов и мощности ТЭЦ к высшему напряжению.
 7. Расчет установившегося режима электрической сети.
 8. Регулирование напряжения в узлах нагрузки.
- Графическая часть проекта включает в себя:
- схему расположения узлов проектируемой системы с указанием масштаба;
 - таблицу основных исходных данных;
 - однолинейную схему проектируемой электроэнергетической системы со схемами ТЭЦ и подстанций, соединенными между собой линиями электропередачи; для каждой линии между узлами i и j указываются условное обозначение линии, марка провода и длина линии, например $W_{12}, AC150, L=40$ км;
 - результаты расчета установившегося режима – мощности $P_{\text{потр}}, Q_{\text{потр}}$, потребляемые от подстанции в узле 1, напряжения U_i'' до регулирования и напряжения $U_i''_{\text{рег}}$ после регулирования.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

Лекции, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся.

Цели лекционных занятий:

- дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;
- стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

Лабораторные занятия. Цели лабораторных занятий:

- углубить и закрепить знания, полученные на лекциях и в процессе самостоятельной работы обучающихся с учебной и научной литературой;
- главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

Практические занятия. Цели практических занятий:

- совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

Консультации (текущая консультация, накануне экзамена) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов).

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

Самостоятельная работа обучающихся направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

Курсовое проектирование формирует навыки самостоятельного профессионального творчества.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Раздел 1. Общие сведения о системах передачи и распределения электроэнергии

1. Основные определения и понятия в ЭЭС
2. Характеристика систем производства электроэнергии.
3. Характеристика систем передачи электроэнергии.
4. Характеристика систем распределения электроэнергии.
5. Режимы нейтралей электрических сетей.

Раздел 2. Схемы замещения элементов электрических сетей

1. Схема замещения линии.
2. Схема замещения трансформатора.
3. Схема замещения автотрансформатора.
4. Представление нагрузок в схемах.
5. Представление источников питания.

Раздел 3. Схемы электрических сетей

1. Расчетные уровни для выбора схем.
2. Классификация электрических сетей.
3. Схемы электрических сетей напряжением 6-10 кВ
4. Комплектные трансформаторные подстанции.
5. Схемы подстанций с высшим напряжением 110 кВ и выше.

Раздел 4. Режимы работы электроэнергетических систем

1. Баланс активной мощности.
2. Регулирование частоты в ЭЭС.
3. Распределение активной мощности в ЭЭС.
4. Баланс реактивной мощности.
5. Источники реактивной мощностью

Раздел 5. Расчет установившихся режимов электрических сетей

1. Задачи расчета установившихся режимов.
2. Расчет простых разомкнутых схем.
3. Расчет кольцевой сети.
4. Уравнения узловых напряжений.
5. Методы решения УУН.

Раздел 6. Регулирование напряжения в электрических сетях

1. Регулирование напряжения на станциях.
2. Регулирование напряжения на подстанциях.
3. Выбор регулировочных ответвлений.
4. Регулирование напряжения в распределительных сетях.
5. Регулирование напряжения в сетях 110 кВ и выше.

Раздел 7. Проектирование электрических сетей

1. Выбор напряжения электрической сети.
2. Выбор сечений проводов ВЛ.
3. Выбор сечений жил КЛ.
4. Конструкции ВЛ.
5. Основы проектирования конструктивной части ВЛ.

Раздел 8. Потери электроэнергии в электрических сетях

1. Расход электроэнергии на ее транспорт.
2. Расчет постоянных потерь.
3. Метод оперативных расчетов
4. Метод расчетных суток.
5. Метод средних нагрузок.
6. Метод числа часов наибольших потерь мощности.

6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (экзамена, зачета)

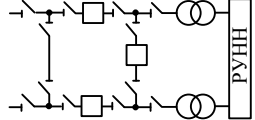
6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к экзамену, зачету (по дисциплине):

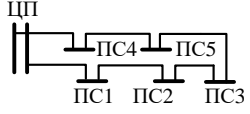
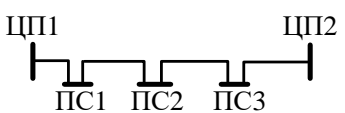
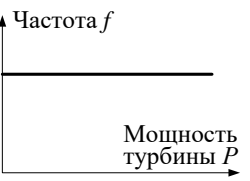
1. Конструкции воздушных линий электропередачи.
2. Конструкции кабельных линий электропередачи.
3. Способы прокладки КЛ
4. Схемы замещения линий электропередачи.
5. Погонные параметры для линий различной конструкции и напряжения.
6. Схемы замещения двухобмоточных трансформаторов
7. Расщепление обмотки низкого напряжения трансформатора.
8. Схемы замещения трехобмоточного трансформатора и автотрансформатора
9. Представление нагрузок в схемах.
10. Представление источников питания в схемах.
11. Схемы распределения электроэнергии на низком напряжении.
12. Схемы распределения электроэнергии на среднем напряжении.
13. Схемы распределения электроэнергии на высоком напряжении.
14. Подстанции электрических сетей.
15. Основы регулирования частоты в изолированной ЭЭС.
16. Основы регулирования напряжения в объединенной ЭЭС.
17. Оптимальное распределение мощности в ЭЭС.
18. Компенсация реактивной мощности.
19. Расчет установившегося режима разомкнутой сети.
20. Расчет установившегося режима замкнутой сети.
21. Уравнения узловых напряжений.

22. Методы решения УУН.
23. Регулирование напряжения на подстанциях.
24. Основы проектирования электрических сетей.
25. Выбор схемы и напряжения электрической сети.
26. Выбор сечений проводов.
27. Основы проектирования конструкции ВЛ.
28. Расчет проводов на прочность.
29. Потери электроэнергии в электрических сетях.
30. Методы расчета потерь мощности и электроэнергии.

6.2.2. Примерные тестовые задания к экзамену, зачету

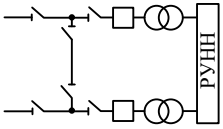
№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
Вариант 1		
1	Назначение распределительной сети	1. доставка э/э непосредственно потребителям. 2. трансформация э/э. 3. передача больших объемов э/э на дальние расстояния. 4. формирование ЕЭС.
2	Наибольшее количество электроэнергии теряется в сетях напряжением	1. 500 кВ. 2. 110-220 кВ. 3. 6-10 кВ. 4. 0,4 кВ
3	Сети внутреннего электроснабжения промышленных предприятий выполняются преимущественно	1. электропроводами. 2. воздушными линиями. 3. токопроводами. 4. кабельными линиями.
4	Городские сети 0,38-10 кВ выполняются преимущественно	1. токопроводами 2. воздушными линиями 3. кабельными линиями 4. электропроводами
5	Для ВЛ напряжением до 35 кВ широко применяются провода	1. сталеалюминиевые 2. стальные 3. самонесущие изолированные 4. алюминиевые
6	Время τ_{\max} наибольших потерь мощности – это	1. Время, за которое потребитель, работая с наибольшей нагрузкой, получит ту же электроэнергию, что и при работе по действительному годовому графику нагрузки 2. Число часов в году. 3. Время работы элемента сети с наибольшей нагрузкой, при котором потери электроэнергии в элементе будут такими же, что и при работе по действительному годовому графику нагрузки. 4. Время, в течение которого имеют место максимальные потери.
7	Схема замещения элемента электрической сети – это	1. Графическое представление элемента сети его параметрами. 2. Представление элемента сети в масштабе. 3. Представление элемента сети физическим аналогом. 4. Виртуальное представление элемента сети.
8	Факторы, влияющие на индуктивное сопротивление линии	1. Расстояние между проводами и высота опоры. 2. Высота опоры и радиус провода. 3. Расстояние между проводами и

		радиус провода. 4. Расстояние от провода до земли.
9	В дальних передачах для снижения внутренних перенапряжений между фазой и землей включают	1. Ограничитель перенапряжений. 2. Вентильный разрядник. 3. Реактор. 4. Емкость.
10	Активная проводимость линии обусловлена	1. Активным сопротивлением проводов. 2. Потерями мощности на корону. 3. Емкостью между проводами и землей. 4. Индуктивностью проводов линии.
11	Зарядная мощность линии рассчитывается по формуле	1. $Q_c = U_{\text{НОМ}}^2 b_0 L$. 2. $Q_c = U_{\text{НОМ}} b_0 L$. 3. $Q_c = U_{\text{НОМ}} b_0^2 L$. 4. $Q_c = U_{\text{НОМ}}^2 b_0^2 L$.
12	При каких сечениях проводов линии 110 кВ напряженность на поверхности провода не превышает критического значения?	1. 50 мм ² и более. 2. 70 мм ² и более. 3. 120 мм ² и более. 4. 150 мм ² и более.
13	Соотношение индуктивных сопротивлений воздушных и кабельных линий одинакового напряжения и длины	1. $X_{\text{ВЛ}} > X_{\text{КЛ}}$. 2. $X_{\text{ВЛ}} < X_{\text{КЛ}}$. 3. $X_{\text{ВЛ}} = X_{\text{КЛ}}$. 4. $X_{\text{ВЛ}} \approx 2X_{\text{КЛ}}$.
14	Активное сопротивление трансформатора $\Delta P_{\text{к}}[\text{кВт}]$, $U_{\text{НОМ}}[\text{кВ}]$, $S_{\text{НОМ}}[\text{кВ}\cdot\text{А}]$.	1. $R = \Delta P_{\text{к}} \frac{U_{\text{НОМ}}}{S_{\text{НОМ}}^2} 10^3$. 2. $R = \Delta P_{\text{к}} \frac{U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ}}} 10^3$. 3. $R = \Delta P_{\text{к}} \frac{U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ}}^2} 10^3$. 4. $R = \Delta P_{\text{к}} \frac{U_{\text{НОМ}}}{S_{\text{НОМ}}} 10^3$.
15	Индуктивное сопротивление трансформатора $U_{\text{к}}[\%]$, $U_{\text{НОМ}}[\text{кВ}]$, $S_{\text{НОМ}}[\text{кВ}\cdot\text{А}]$	1. $X = \frac{U_{\text{к}} U_{\text{НОМ}}}{100 S_{\text{НОМ}}} 10^3$. 2. $X = \frac{U_{\text{к}} U_{\text{НОМ}}^2}{100 S_{\text{НОМ}}} 10^3$. 3. $X = \frac{U_{\text{к}} U_{\text{НОМ}}^2}{100 S_{\text{НОМ}}^2} 10^3$. 4. $X = \frac{U_{\text{к}} U_{\text{НОМ}}}{100 S_{\text{НОМ}}^2} 10^3$.
16	Нормальное состояние переключателей в схеме тупиковой подстанции 	1. Рабочая замкнута, ремонтная разомкнута. 2. Рабочая разомкнута, ремонтная замкнута. 3. Обе переключатели замкнуты. 4. Обе переключатели разомкнуты.
17	Наименьшие рабочие напряжения электрических сетей определяются:	1. Надежностью работы изоляции 2. Устойчивостью параллельной работы генераторов и узлов нагрузки. 3. ГОСТ 13109-97. 4. Правилами устройства электроустановок.
18	Продолжительностью использования наибольшей нагрузки T_{max} называют	1. Время работы элемента сети с наибольшей нагрузкой, при котором потери электроэнергии будут такими же, что и при работе элемента сети по действительному годовому графику нагрузки. 2. Время, в течение которого имеет место максимальная нагрузка 3. Время, за которое потребитель, работая с наибольшей нагрузкой, получит ту же электроэнергию, что и при работе по действительному годовому графику нагрузки 4. Число часов в году.

19	Волновое сопротивление линии (X и B – индуктивное сопротивление и емкостная проводимость линии)	$1. Z_c = \sqrt{\frac{X}{B}} \quad 2. Z_c = \sqrt{\frac{B}{X}}$ $3. Z_c = \sqrt{\frac{1}{XB}} \quad 4. Z_c = \sqrt{XB}$
20	На рисунке приведена 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Радиальная схема. 2. Кольцевая схема. 3. Двойная магистральная схема. 4. Замкнутая схема, опирающаяся на два источника
Вариант 2		
1	Причина внутренних перенапряжений в передачах сверхвысокого напряжения	<ol style="list-style-type: none"> 1. Длина передачи. 2. Оперативные переключения. 3. Дефицит реактивной мощности. 4. Перетоки избытка реактивной мощности в режиме малой нагрузки.
2	При нарушении баланса активной мощности	<ol style="list-style-type: none"> 1. Изменяется частота в системе. 2. Изменяется напряжение в узлах электрической сети. 3. Частота в системе не меняется. 4. Напряжения в узлах сети не меняются.
3	При превышении мощностью нагрузки вырабатываемой мощности	<ol style="list-style-type: none"> 1. Частота неизменна. 2. Частота увеличивается. 3. Частота уменьшается. 4. Напряжение уменьшается.
4	Допустимые отклонения частоты в течение 95 % времени интервала в одну неделю	<ol style="list-style-type: none"> 1. 0,5 Гц. 2. 0,2 Гц. 3. 0,4 Гц. 4. 1 Гц.
5	При превышении вырабатываемой мощностью мощности нагрузки	<ol style="list-style-type: none"> 1. Частота неизменна. 2. Частота увеличивается. 3. Частота уменьшается. 4. Напряжение уменьшается.
6	Основной целью регулирования напряжения в системообразующих сетях напряжением 330 кВ и выше является:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Поддержание допустимых отклонений напряжения на зажимах электроприемников. 2. Уменьшение потерь напряжения в сети. 3. Обеспечение экономичного режима их работы за счет уменьшения потерь мощности и энергии. 4. Ограничение внутренних перенапряжений для обеспечения надежной работы изоляции оборудования.
7	На рисунке приведена 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Радиальная схема. 2. Кольцевая схема. 3. Двойная магистральная схема. 4. Замкнутая схема, опирающаяся на два источника.
8	Приведенная характеристика турбины является 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Характеристикой нерегулируемой турбины. 2. Характеристикой турбины со статическим регулированием. 3. Характеристикой турбины с астатическим регулированием. 4. Асинхронной характеристикой.
9	Проверка сечений по допустимому длительному току, приводимому в справочных данных, означает	<ol style="list-style-type: none"> 1. Проверку по потере напряжения. 2. Проверку по допустимому нагреву. 3. Проверку по короне.

		4. Проверку по термической стойкости.
10	<p>Для приведенной схемы выберите запись уравнений узловых напряжений (узел 1 базисный по напряжению).</p>	<ol style="list-style-type: none"> $Y_{22}U_2 + Y_{23}U_3 = J_2;$ $Y_{32}U_2 + Y_{33}U_3 = J_3.$ $Y_{22}U_2 + Y_{23}U_3 = J_2 - Y_{21}U_1;$ $Y_{32}U_2 + Y_{33}U_3 = J_3 - Y_{31}U_1.$ $Y_{22}U_2 + Y_{23}U_3 = J_3 - Y_{31}U_1;$ $Y_{32}U_2 + Y_{33}U_3 = J_2 - Y_{21}U_1.$ $Y_{22}U_2 - Y_{23}U_3 = J_2 + Y_{21}U_1;$ $Y_{32}U_2 - Y_{33}U_3 = J_3 + Y_{31}U_1.$
11	При нарушении баланса реактивной мощности	<ol style="list-style-type: none"> Изменяется частота в системе. Изменяется напряжение в узлах. Частота в системе не меняется. Напряжения в узлах сети не меняются.
12	Реактивная мощность, выдаваемая конденсаторами, включенными в звезду Q_Y , и реактивная мощность, выдаваемая конденсаторами, включенными в треугольник Q_Δ , соотносятся как	<ol style="list-style-type: none"> $Q_Y = Q_\Delta.$ Q_Y больше Q_Δ в три раза. Q_Δ больше Q_Y в три раза. Q_Δ больше Q_Y в $\sqrt{3}$ раз.
13	Выражение для расчета потерь реактивной мощности в трансформаторе при нагрузке S I_x [%], U_k [%]	<ol style="list-style-type: none"> $\Delta Q = \frac{I_x}{100} S_{\text{НОМ}}^2 + \frac{U_k}{100} \frac{S^2}{S_{\text{НОМ}}}$. $\Delta Q = \frac{I_x}{100} S_{\text{НОМ}} + \frac{U_k}{100} \frac{S}{S_{\text{НОМ}}}$. $\Delta Q = \frac{I_x}{100} S_{\text{НОМ}} + \frac{U_k}{100} \frac{S^2}{S_{\text{НОМ}}}$. $\Delta Q = \frac{I_x}{100} S_{\text{НОМ}} + \frac{U_k}{100} \frac{S^2}{S_{\text{НОМ}}^2}$.
14	Сети сельской электрификации выполняются преимущественно	<ol style="list-style-type: none"> кабельными линиями воздушными линиями токопроводами электропроводами
15	Соотношение емкостных проводимостей воздушных и кабельных линий одинакового напряжения и длины	<ol style="list-style-type: none"> $B_{\text{ВЛ}} > B_{\text{КЛ}}.$ $B_{\text{ВЛ}} < B_{\text{КЛ}}.$ $B_{\text{ВЛ}} = B_{\text{КЛ}}.$ $B_{\text{ВЛ}} \approx 2B_{\text{КЛ}}.$
16	Назначение системообразующей сети	<ol style="list-style-type: none"> доставка э/э непосредственно потребителям трансформация э/э распределение э/э формирование ЕЭС и передача больших объемов э/э
17	Однородная замкнутая сеть – это	<ol style="list-style-type: none"> Любая кольцевая сеть. Замкнутая сеть, состоящая из участков одинаковой длины. Замкнутая сеть одного напряжения. Замкнутая сеть одного напряжения, выполненная линиями одинакового сечения.
18	Выберите метод решения уравнений узловых напряжений.	<ol style="list-style-type: none"> Метод Зейделя. Метод потенциалов. Операторный метод. Симплекс-метод.
19	Потери на корону не зависят от	<ol style="list-style-type: none"> Температуры воздуха. Напряжения линии. Влажности.

		4. Сечения провода.
20	Отклонения напряжения в точке передачи электрической энергии не должны превышать	1. 10 %. 2. 5 %. 3. 15 %. 4. 2,5 %.
Вариант 3		
1	Зарядная мощность линии определяется	1. Индуктивностью проводов. 2. Емкостью между проводами и землей. 3. Ионизацией воздуха вокруг проводов. 4. Утечками через изоляцию.
2	Наибольшие рабочие напряжения электрических сетей определяются	1. Устойчивостью параллельной работы генераторов и узлов нагрузки. 2. Надежностью работы изоляции. 3. Величиной коммутационных и атмосферных перенапряжений. 4. Правилами устройства электроустановок.
3	Основной целью регулирования напряжения в распределительных сетях напряжением 6-20 кВ является:	1. Обеспечение экономичного режима их работы за счет уменьшения потерь мощности и энергии. 2. Ограничение внутренних перенапряжений для обеспечения надежной работы изоляции оборудования. 3. Уменьшение потерь напряжения в сети. 4. Поддержание допустимых отклонений напряжения на зажимах электроприемников
4	Минимальные сечения проводов ВЛ 110 кВ по условиям ограничения потерь на корону:	1. 50 мм ² . 2. 70 мм ² . 3. 120 мм ² . 4. 240 мм ² .
5	В схеме из N узлов количество независимых уравнений по 1-му закону Кирхгофа составляет	1. N. 2. N-1. 3. N+1. 4. N-2.
6	Экономическая плотность тока соответствует	1. Минимуму потерь напряжения в линии. 2. Минимуму потерь мощности в линии. 3. Минимуму потерь энергии в линии. 4. Минимуму затрат на сооружение и эксплуатацию линии.
8	Для оценки электропотребления при проектировании электрических сетей применяется:	1. Метод коэффициента максимума. 2. Метод удельных норм расходы электроэнергии. 3. Метод расчетного коэффициента активной мощности. 4. Метод экспертных оценок.
9	Коэффициент попадания в максимум нагрузки энергосистемы k_m учитывает:	1. Нагрузку каждой подстанции в период прохождения максимума нагрузки энергосистемы. 2. Неточность исходных данных. 3. Время года, для которого выполняется расчет. 4. Несовпадение во времени расчетных нагрузок объектов.
10	Минимально допустимое по механической прочности сечение провода ВЛ определяется:	1. Районом по пляске проводов. 2. Районом по гололеду. 3. Районом по ветру. 4. Районом по грозовой деятельности.
11	Перегрузка кабелей напряжением 6-10 кВ свыше допустимого длительного тока	1. Не допускается. 2. Допускается. 3. Допускается в период максимума

		энергосистемы. 4. Допускается, но не более 6 часов в сутки в течение 5 суток.
12	Расчет проводов на прочность выполняется методом	1. Разрушающих напряжений. 2. Допустимых напряжений. 3. Простой итерации. 4. Последовательных приближений.
13	Площадь графика нагрузки $P(t)$ представляет собой	1. Потери мощности. 2. Энергию, переданную потребителю. 3. Потери напряжения. 4. Потери энергии.
15	Переключатель из двух разъединителей в схеме подстанции позволяет 	1. Осуществлять питание потребителей через два трансформатора при ремонте или повреждении одной из линий. 2. Осуществлять питание потребителей через две линии при ремонте или повреждении одного трансформатора. 3. Уменьшить токи КЗ. 4. Выровнять напряжения линий.
16	Потери электроэнергии в трансформаторе за год при заданной расчетной нагрузке S составят	1. $\Delta W = \Delta P_x \tau_{\max} + \Delta P_k \frac{S^2}{S_{\text{ном}}^2} 8760$ 2. $\Delta W = \Delta P_x 8760 + \Delta P_k \frac{S}{S_{\text{ном}}} \tau_{\max}$ 3. $\Delta W = \Delta P_x 8760 + \Delta P_k \frac{S^2}{S_{\text{ном}}^2} \tau_{\max}$ 4. $\Delta W = \Delta P_k 8760 + \Delta P_x \frac{S^2}{S_{\text{ном}}^2} \tau_{\max}$
17	Закон, определяющий потери активной мощности и электроэнергии в элементе электрической сети	1. Ома. 2. Джоуля-Ленца. 3. Ньютона. 4. Кирхгофа.
18	Стрела провеса провода имеет наибольшее значение в режиме	1. Ветра без гололеда. 2. Среднегодовой температуры. 3. Низшей температуры 4. Высшей температуры.
19	Источником реактивной мощности является:	1. Асинхронная машина 2. Синхронная машина. 3. Токоограничивающий реактор. 4. Коммутационный аппарат.
20	Основной целью регулирования напряжения в распределительных сетях напряжением 110-220 кВ является:	1. Поддержание допустимых отклонений напряжения на зажимах электроприемников. 2. Уменьшение потерь напряжения в сети. 3. Обеспечение экономичного режима их работы за счет уменьшения потерь мощности и энергии. 4. Ограничение внутренних перенапряжений для обеспечения надежной работы изоляции.

6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (зачет)

Оценка	Описание
Зачтено	Посещение более 50 % лекционных и практических / лабораторных занятий; студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос; все предусмотренные программой обучения задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое; в течение семестра выполнил творческую работу.
Не зачтено	Посещение менее 50 % лекционных и практических / лабораторных занятий; студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы; большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному.

Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-49	Не зачтено
50-65	Зачтено
66-85	Зачтено
86-100	Зачтено

6.3.2. Критерии оценок промежуточной аттестации (экзамен)

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения «3» (удовлетворительно)	Углубленный уровень освоения «4» (хорошо)	Продвинутый уровень освоения «5» (отлично)
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Уверенно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Безошибочно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

6.3.3. Критерии оценок промежуточной аттестации в форме защиты курсового проекта

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Студент не выполнил курсовой проект в соответствии с заданием. Не владеет теоретическими знаниями по изучаемой дисциплине. Необходимые практические компетенции не сформированы	Студент выполнил курсовой проект с существенными ошибками. При защите курсового проекта демонстрирует слабую теоретическую подготовку. При решении задач, предусмотренных программой учебной дисциплины, допускает существенные ошибки	Студент выполнил курсовой проект с некоторыми незначительными ошибками и неточностями. При защите курсового проекта демонстрирует хорошую теоретическую подготовку. Хорошо справляется с решением задач, предусмотренных программой учебной дисциплины	Студент выполнил курсовой проект полностью в соответствии с заданием. При защите курсового проекта демонстрирует высокую теоретическую подготовку. Успешно справляется с решением задач, предусмотренных программой учебной дисциплины

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

1. Ананичева С.С. Проектирование электрических сетей: учеб. пособие / С.С. Ананичева, Е.Н. Котова. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. – 164 с.
<http://hdl.handle.net/10995/48983>

2. Солдатов В. А. Электроэнергетические системы и сети. Учеб. пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. Изд-во Костромская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. – 122 с.

<https://e.lanbook.com/book/133726?category=43856>

7.1.2. Дополнительная литература

3. Костин В.Н. Электроэнергетические системы и сети: Учебное пособие. – СПб.: Троицкий мост, 2015. – 304 с.

http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=108&task=set_static_req&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<>I=%2D228531<>

4. Герасименко, А.А. Передача и распределение электрической энергии: учеб. пособие / А.А. Герасименко, В.Т. Федин. - Ростов-н/Д.: Феникс, 2006. - 720 с.

5. Правила устройства электроустановок. 7-е изд. - СПб.: Изд-во ДЕАН, 2003.

<https://e.lanbook.com/book/38572>

6. Справочник по проектированию электрических сетей./ под редакцией Д.Л. Файбисовича. - М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2005 - 320 с.

<https://e.lanbook.com/book/104578>

7.1.3. Учебно-методическое обеспечение

7. Электроэнергетические системы и сети: Учебно-методический комплекс / Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». Сост. В.Н. Костин. СПб, 2013 – 154 с.

http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=400&task=set_st

7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Справочные материалы по проводам и кабелям

<http://www.ruscable.ru/>

Справочные материалы по трансформаторам

<http://leg.co.ua/info/transformatory/>

Электронная библиотека

<http://www.twirpx.com/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий

8.1.1. Аудитории для проведения лекционных занятий

Аудитории, используемые при проведении занятий лекционного типа оснащены мультимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы. Для наиболее наглядного и эффективного представления теоретического материала при чтении лекций используются презентации, реализованные в программной среде *Microsoft Office Power Point*.

Лекционные аудитории рассчитаны на одну группу студентов и включают в себя:

- посадочное место (стол и стул) преподавателя;
- не менее 24 посадочных мест для студентов;
- настенную доску;
- переносную настольную трибуну;
- стационарную или переносную мультимедийную аппаратуру.

8.1.2. Аудитории для проведения практических занятий.

Аудитории для практических занятий рассчитаны на группу студентов и включают:

- посадочное место (стол и стул) преподавателя;
- не менее 24 посадочных мест для студентов;
- настенную доску;
- переносную настольную трибуну.

8.1.3. Аудитории для проведения лабораторных занятий.

Аудитории для лабораторных занятий рассчитаны на одну подгруппу студентов и включают в себя:

- посадочное место (стол и стул) преподавателя;
- не менее 12-15 посадочных мест с персональными компьютерами для студентов;
- настенную доску.

8.2. Помещения для самостоятельной работы:

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа – 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

3. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 16 посадочных мест. Стол компьютерный для студентов (тип 4) - 3 шт., стол компьютерный для студентов (тип 6) – 2 шт., стол компьютерный для студентов (тип 7) – 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) – 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 – 17 шт., плакат – 5 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:

1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стулья – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

8.4. Лицензионное программное обеспечение:

Microsoft Windows 7 Professional: Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011.

Microsoft Office 2007 Professional Plus: Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010.

CorelDRAW Graphics Suite X5.

Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product key: 766H1

Cisco Packet Tracer 7.1 (свободно распространяемое ПО),

Quantum GIS (свободно распространяемое ПО),

Python (свободно распространяемое ПО),

R (свободно распространяемое ПО),

Rstudio (свободно распространяемое ПО),

SMath Studio (свободно распространяемое ПО),

GNU Octave (свободно распространяемое ПО),

Scilab (свободно распространяемое ПО)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security