

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Арженовский Алексей Григорьевич

Должность: И.о. директора института механики и энергетики имени В.П. Горячкина

Дата подписания: 28.01.2025 09:33:57

Уникальный программный ключ:

3097683b38557fe8e27027c4b6445115ba3ab904



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –

МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»

(ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева)

Институт Механики и энергетики имени В.П. Горячкина  
Кафедра электроснабжения и теплоэнергетики имени академика И.А. Будзко

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора института механики и  
энергетики имени В.П. Горячкина

А.Г. Арженовский

“ 23 ” 2024 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.О.36 «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ»

для подготовки бакалавров

ФГОСВО

Направление: 35.03.06 – Агроинженерия

Направленность: Автоматизация и роботизация технологических процессов

Курс 4

Семестр 7

Форма обучения: Очная

Год начала подготовки: 2024

Москва, 2024

Разработчики: Цедяков А.А, к.т.н., доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

«10» 09 2024 г.

Рецензент Андреев С.А., к.т.н., доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

«20» 09 2024 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, по направлению подготовки 35.03.06 – Агроинженерия и учебного плана

Программа обсуждена на заседании кафедры электроснабжения и электротехники протокол № 2 от «11» 09 2024 г.

И.о. заведующего кафедрой электроснабжения и теплоэнергетики  
Нормов Д.А., д.т.н., профессор  
(ФИО, ученая степень, ученое звание) (подпись)

«11» 09 2024 г.

Согласовано:

Председатель учебно-методической

комиссии Института механики и энергетики

имени В.П. Горячкина Дидманидзе О.Н., д.т.н., профессор

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

Протокол № 2 «13» 09 2024 г.

И.о. заведующего выпускающей кафедрой ЭС и ТЭ

им. академика И.А. Будзко Нормов Д.А., д.т.н., профессор

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

«11» 09 2024 г.

Заведующий отделом комплектования ЦНБ /

(подпись)

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>АННОТАЦИЯ .....</b>	<b>4</b>
<b>1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>5</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ.....</b>	<b>6</b>
<b>3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>6</b>
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>8</b>
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ В СЕМЕСТРЕ .....	8
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	9
4.3 ЛЕКЦИИ/ЛАБОРАТОРНЫЕ/ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ .....	16
4.4 САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ .....	17
<b>5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....</b>	<b>18</b>
<b>6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>19</b>
6.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	19
6.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ .....	23
<b>7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>24</b>
7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	24
7.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	25
7.3 НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ .....	25
7.4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ .....	25
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) .....</b>	<b>25</b>
<b>9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ .....</b>	<b>26</b>
<b>10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>26</b>
<b>11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ... ВИДЫ И ФОРМЫ ОТРАБОТКИ ПРОПУЩЕННЫХ ЗАНЯТИЙ.....</b>	<b>27</b>
<b>12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....</b>	<b>27</b>



## Аннотация

Рабочей программы учебной дисциплины Б1.О.36 «Электроснабжение»  
для подготовки бакалавра по направлению: 35.03.06 Агроинженерия,  
направленность: Автоматизация и роботизация технологических процессов

**Цель освоения дисциплины:** является формирование у будущих бакалавров системы знаний и практических навыков, необходимых для решения задач, связанных с проектированием систем электроснабжения различных сельскохозяйственных объектов и населенных пунктов, сооружением и эксплуатацией сельских электрических сетей напряжением 0,38-110 кВ, а также обучение принципам и методам разработки, создания, распространения и использования цифровых технологий в электроэнергетике; получение базовых знаний о современных цифровых технологиях, используемых в профессиональной деятельности и практические навыки их использования.

Дисциплина является профилирующей для студентов энергетических специальностей, способствует развитию у студентов логического и абстрактного мышления с практической реализацией ее содержания, развитие способности:

- к самоорганизации и самообразованию;
- применять соответствующий информационно-вычислительный аппарат (программные комплексы Simulink, RastrWin3, MicrosoftExcel), методы анализа и моделирования работы централизованной сети и отдельных ее элементов в указанных комплексах, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач;
- принимать участие в проектировании современных объектов профессиональной деятельности (SmartGrid, систем распределенной генерации) в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования.
- готовность к участию в испытаниях вводимого в эксплуатацию электроэнергетического и электротехнического оборудования
- использовать современную информационно-вычислительную технику при выполнении и оформлении отчетов, технической документации;

**Место дисциплины в учебном плане:** дисциплина включена в обязательную часть учебного плана по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия», направленность Электрооборудование и электротехнологии; Автоматизация и роботизация технологических процессов.

**Требования к результатам освоения дисциплины:** в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции (индикаторы достижения компетенций): УК-1 (УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3), ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3), ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2), ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)

### Краткое содержание дисциплины:

Введение и задачи сельского снабжения. Электрические нагрузки сельскохозяйственных потребителей. Электрические нагрузки сельскохозяйственных потребителей. Регулирование напряжения в электрических сетях. Распределенная генерация и Smartgrid. Механический расчет воздушных линий. Токи короткого замыкания и замыкания на землю. Перенапряжения и защита от них. Электрическая аппаратура. Релейная защита и автоматизация. Сельские трансформаторные подстанции. Сельские электростанции. Технико-экономические



показатели установок сельского электроснабжения. Проектирование систем электроснабжения. Монтаж, эксплуатация и ремонт сельских электрических сетей.

**Общая трудоемкость дисциплины:**

В 7-м семестре: 5 зач. единиц (180 часов)

**Промежуточный контроль:**

В 7-м семестре: экзамен;

**1. Цели освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины «Электроснабжение» является формирование у будущих бакалавров системы знаний и практических навыков, необходимых для решения задач, связанных с проектированием систем электроснабжения различных сельскохозяйственных объектов и населенных пунктов, сооружением и эксплуатацией сельских электрических сетей напряжением 0,38-110 кВ.

Дисциплина «Электроснабжение» предназначена для изучения студентами энергетического факультета направления 35.03.06 «Агроинженерия», профиля «Автоматизация и роботизация технологических процессов» в 7 семестре. Эта дисциплина позволяет студентам получить общие сведения о перспективах технического развития и особенности деятельности сельскохозяйственных предприятий и населенных пунктов; принципы работы, технические характеристики, конструктивные особенности используемых технических средств, материалов и их свойства; методы исследования, правила и условия выполнения работ; теоретические основы методов преобразования энергии: физические явления и процессы в электроэнергетических и электротехнических устройствах; общие сведения о системах электроснабжения городов, промышленных, сельскохозяйственных и транспортных предприятий; методы расчета систем электроснабжения; методы проектирования систем электроснабжения; основные показатели качества, надежности и эффективности электроснабжения; основы технико-экономических расчетов в системах электроснабжения; энергосберегающие технологии, социально-экономические и экологические требования в системах электроснабжения, цифровые подстанции, применение цифровых двойников в электроэнергетике, переход на сети SmartGrid и системы распределенной генерации. Применение цифровых технологий в обучении позволит студентам изучить процессы, протекающие в системах электроснабжения, провести моделирование работы электрических сетей в различных режимах работы, оценить влияние секционирования и защитного оборудования на надежность и эффективность работы систем электроснабжения. Так же цифровые технологии позволят упростить выполнение и оформление отчетов, технической и чертежной документации.

Дисциплина «Электроснабжение» является в своей основе теоретической и способствует развитию у студента логического мышления с практической реализацией выводов. Трудоемкость дисциплины составляет 180 часов, 5 единиц. Система текущего контроля построена на регулярном анализе знаний студентов в процессе выполнения контрольной работы. Часть теоретического материала вынесена в самостоятельную работу студентов. В конце 7-го семестра студенты выполняют контрольную работу, Для проверки полученных знаний в конце 7 семестра предусматривается экзамен.

**2. Место дисциплины в учебном процессе**

Дисциплина включена в обязательную часть учебного плана по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия», направленности: Автоматизация и роботизация технологических процессов.

Для получения общего представления об электроэнергетике, ее месте и значении в национальной экономике страны предусмотрена дисциплина «Электроснабжение».

Изучение данной дисциплины позволяет студентам, подготавливаемым в рамках направления «Ароинженерия» получить основные сведения о процессах функционирования электрических систем напряжением 0,38...110 кВ, методах и нормах их проектирования, организации эксплуатации электросетевого хозяйства и действиях РЗА и обслуживающего персонала в аварийных ситуациях.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Электроснабжение» являются «Математика» (1 и 2 курсы), «Физика» (1 и 2 курсы), «Информатика» (2 курс), «Теоретические основы электротехники» (2 курс), «Электромеханика» (2 курс) и другие.

Дисциплина знакомит студентов с основами построения электроэнергетических систем. Знание структуры и устройства электрических сетей 0,38...110 кВ необходимо всем бакалаврам-электроэнергетикам.

Дисциплина «Электроснабжение» является основополагающей для изучения дисциплины «Эксплуатация электрооборудования». Освоение дисциплины необходимо для выполнения выпускной квалификационной работы.

Особенностью дисциплины является наличие в её содержании физики, математики, информатики, теоретических основ электротехники, инженерных знаний и средств вычислительной техники.

Рабочая программа дисциплины «Электроснабжение» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

### **3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся компетенций (индикаторов достижения компетенций), представленных в таблице 1.

Таблица 1

## Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
1.	УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие, осуществляет декомпозицию задачи.	методики поиска, сбора и обработки информации, метод системного анализа, в том числе с применением цифровых ресурсов (Google, Miro, Киберленинка)	применять методики поиска, сбора, обработки информации, системный подход для решения поставленных задач и осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из актуальных российских и зарубежных источников, информационных ресурсов и официальных сайтов.	методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации, методикой системного подхода для решения поставленных задач с помощью программных продуктов Excel, Word, Matlab.
			УК-1.2.Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи.	методики поиска, сбора и обработки информации в сфере профессиональной деятельности в том числе с применением цифровых ресурсов (Google, Miro, Киберленинка)	применять методики поиска, сбора и обработки информации на информационных ресурсах и официальных сайтах.	методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации в программном комплексе Simulink
			УК-1.3Рассматривает возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки.	актуальные российские и зарубежные источники	осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников	методикой системного подхода для решения поставленных задач.
2.	ОПК-1	Способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических и	ОПК-1.1 Демонстрирует знание основных законов математических и естественных наук, необходимых для решения	законы электротехники, методы измерений и расчетов параметров электрических цепей как переменного электрического тока, так и	проводить анализ режимов работы электрических цепей с различными видами источников электрического тока и потребителей с	методиками оценки результатов измерений и расчетов с целью прогнозирования процессов в



		естественных наук с применением информационно-коммуникационных технологий	типовых задач профессиональной деятельности.	постоянного	использованием методов моделирования.	электротехнических системах.
			ОПК-1.2Использует знания основных законов математических и естественных наук для решения стандартных задач в агроинженерии	основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации	выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования	способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений
			ОПК-1.3Применяет информационно-коммуникационные технологии в решении типовых задач профессиональной деятельности.	методики работы с программными коммуникационными пакетами Outlook, Miro, Zoom.	применять программные пакеты для осуществления коммуникации посредством Outlook, Miro, Zoom.	навыками осуществления коммуникации посредством Outlook, Miro, Zoom.
3.	ОПК-5	способность критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости профиль профессиональной деятельности	ОПК-5.1Использует современные методы экспериментальных исследований и испытаний в профессиональной деятельности.	принципы, методы, средства измерений и методики проведения экспериментальных исследований параметров электротехнических схем на базе цифровых технологий (Matlab).	проводить измерения и оценивать полученные результаты по исследованию по различным методикам параметров электротехнических цепей.	методами предоставления результатов проведенных измерений с возможностью обоснования практических результатов с помощью программных пакетов PowerPoint, SciLab.
			ОПК-5.2 Под руководством специалиста более высокой квалификации участвует в проведении экспериментальных исследованиях процессов и испытаниях в профессиональной	тактико – технические характеристики измерительных приборов и основы их строения.	правильно выбирать технические средства для измерения различных параметров электроэнергетических и электротехнических объектов с учетом необходимого диапазона, чувствительности и погрешности измерения.	навыками практического использования измерительных приборов с выбором наиболее подходящих при заданных условиях.

			деятельности.			
4	ОПК-4	Способен реализовывать современные технологии и обосновывать их применение в профессиональной деятельности;	ОПК-4.1 Демонстрирует знание современных технологий в профессиональной деятельности	Правовую и нормативно-техническую документацию.	Находить необходимые пункты норм и правил, а также ориентироваться в правовой и технической нормативной документации.	Навыками применения знаний норм и правил в различных сферах деятельности.
			ОПК-4.2 Обосновывает и реализует современные технологии по обеспечению работоспособности машин и оборудования в сельскохозяйственном производстве	современные технологии по обеспечению работоспособности машин и оборудования в сельскохозяйственном производстве и методику оценки работоспособности в программном комплексе Simulink	проводить оценку работоспособности проектируемых машин и оборудования в программном комплексе Simulink	методами анализа результатов экспериментальных исследований в Microsoft Excel и составления на их основе планов на перспективу.

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### 4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ в семестре

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зач.ед. (180 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице 2.

Таблица 2

##### Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ в семестре

Вид учебной работы	Трудоёмкость
	Семестр №7
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>180</b>
<b>1. Контактная работа</b>	<b>180</b>
<b>Аудиторная работа:</b>	<b>68,4</b>
<i>лекции (Л)</i>	34
<i>практические занятия (ПЗ)</i>	16
<i>лабораторные работы (ЛР)</i>	16
<i>консультации перед экзаменом</i>	2
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,4
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>87</b>
<i>контрольная работа (подготовка)</i>	10
<i>самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным занятиям и т.д.)</i>	77
<i>Подготовка к экзамену</i>	<b>24,6</b>
Вид промежуточного контроля:	Экзамен



## 4.2 Содержание дисциплины

Таблица 3

### Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнено)	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ	ЛР	ПКР	
<b>Раздел 1.</b> Введение и задачи сельского снабжения. Электрические нагрузки сельскохозяйственных потребителей	16	4	2	2		8
<b>Раздел 2.</b> Устройство наружных и внутренних электрических сетей, их расчет. Регулирование напряжения в электрических сетях.	16	4	2	2		8
<b>Раздел 3.</b> Механический расчет воздушных линий Токи короткого замыкания и замыкания на землю.	16	4	2	2		8
<b>Раздел 4.</b> Перенапряжения и защита от них	16	4	2	2		8
<b>Раздел 5.</b> Электрическая аппаратура	17	4	2	2		9
<b>Раздел 6.</b> Релейная защита и автоматизация	17	4	2	2		9
<b>Раздел 7.</b> Сельские трансформаторные подстанции. Сельские электростанции	17	4	2	2		9
<b>Раздел 8.</b> Техничко-экономические показатели установок сельского электроснабжения	17	4	2	2		9
<b>Раздел 9.</b> Проектирование систем электроснабжения. Монтаж, эксплуатация и ремонт сельских электрических сетей	11	2				9
Контрольная работа (подготовка)	10					10
Контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,4				0,4	
Консультации перед экзаменом	2				2	
Подготовка к экзамену	24,6					24,6
<b>Всего за 7-ой семестр</b>	<b>180</b>	<b>34</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>2,4</b>	<b>111,6</b>
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>180</b>	<b>34</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>2,4</b>	<b>111,6</b>

**Раздел 1. Введение и задачи сельского электроснабжения. Электрические нагрузки сельскохозяйственных потребителей.**

**Тема 1. Введение и задачи сельского электроснабжения. Электрические нагрузки сельскохозяйственных потребителей.**

Системы электроснабжения. Обеспечение качества электроэнергии, надежности электроснабжения и высоких технико-экономических показателей. Мероприятия и технические средства обеспечения качества электроэнергии и надежности электроснабжения сельских потребителей.

Электрические нагрузки сельскохозяйственных потребителей.

Электрические нагрузки на вводе в дом, в группу домов, на участках ВЛ 0,38 кВ, 10 кВ, 35, 110 кВ, на шинах подстанций 10/0,4 кВ и 35-110/10 кВ. Электрическая нагрузка

наружного освещения. Коэффициент одновременности и добавки мощностей для определения электрической нагрузки.

## **Раздел 2. Устройство наружных и внутренних электрических сетей, их расчет. Регулирование напряжения в электрических сетях.**

### **Тема 1. Устройство наружных и внутренних электрических сетей, их расчет. Регулирование напряжения в электрических сетях.**

Провода и кабели, линейные изоляторы, опоры, правила устройства ВЛ 0,38-35 кВ и кабельных линий 0,38 кВ. Расчет внутренних проводок, выбор сечений проводов в воздушных линиях по экономической плотности тока, по экономическим интервалам, на минимум расхода металла и др. Линии с двухсторонним питанием, и их расчет.

Регулирование напряжения в электрических сетях.

Назначение регулирования напряжения, средства регулирования напряжения: ПБВ, РПН, ВДТ, БК, синхронные компенсаторы. Встречное регулирование напряжения. Определение допустимой потери напряжения в ВЛ 10 и 0,38 кВ.

## **Раздел 3. Механический расчет воздушных линий. Токи короткого замыкания и замыкания на землю.**

### **Тема 1. Механический расчет воздушных линий. Токи короткого замыкания и замыкания на землю.**

Удельные нагрузки на провод в пролете ВЛ 10 кВ. Критический пролет. Уравнение состояния провода в пролете. Определение режима максимального механического напряжения в проводе. Монтажные таблицы. Критическая температура. Определение максимальной стрелы провеса провода в пролете. Механический расчет опор.

Токи короткого замыкания и замыкания на землю.

Причины к.з. Виды к.з. Расчет токов к.з. именованными единицами, в относительных базисных единицах. Токи к.з. при питании от системы неограниченной мощности. Расчетные кривые, определение токов к.з. вблизи шин генераторов. Токи к.з. в ВЛ 0,38 кВ. Несимметричные короткие замыкания. Замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью. Исследование токов к.з. с помощью цифровых программных комплексов (Simulink, RastrWin3)

## **Раздел 4. Перенапряжения и защита от них.**

### **Тема 1. Перенапряжения и защита от них.**

Причины возникновения перенапряжений в электрических сетях. защитная аппаратура от перенапряжений: искровые промежутки, трубчатые разрядники, вентильные разрядники, ограничители перенапряжений. Схемы защиты от перенапряжений подстанций 10/0,4 кВ. Защита от прямых ударов молнии.

## **Раздел 5. Электрическая аппаратура.**

### **Тема 1. Электрическая аппаратура.**

Электрическая дуга и способы ее гашения. Коммутационная аппаратура: разъединители, выключатели, отделители и короткозамыкатели. Измерительные трансформаторы тока и напряжения. Устройство разрядников. Изоляторы для РУ.

## **Раздел 6. Релейная защита и автоматизация.**

### **Тема 1. Релейная защита и автоматизация.**

Назначение релейной защиты и требования к ней. Требования к реле различных типов. Токовые реле РТ-40, РТ(ИТ)-85-95, РТВ, промежуточные и указательные реле. Релейный эффект. Схемы соединения трансформаторов тока и реле. Максимальная токовая защита. Согласование максимальной токовой защиты с разнотипными характеристиками.

Максимально направленная защита для линий с двусторонним питанием. Защита генератора. Защита трансформатора. Схемы автоматизации: АПВ, АВР.

## **Раздел 7. Сельские трансформаторные подстанции.**

### **Тема 1. Сельские трансформаторные подстанции.**

Устройство потребительских подстанций 10/0,4 кВ, схемы их соединений. Распределительные устройства напряжением 10 кВ, в том числе с оборудованием на выкатных тележках. Схемы соединений подстанций напряжением 35/10, 110/10, 110-35/10 кВ с выключателем со стороны высшего напряжения. **Цифровые подстанции.**

Сельские электростанции.

Дизельные электростанции, устройство, схемы соединения резервных и автономных ДЭС. Гидравлические электростанции, схемы их соединения. Регулирование стока: суточное, недельное, сезонное, годовое. Ветровые электростанции, устройство, схемы. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии: гелио-, приливные, микроГЭС.

## **Раздел 8. Техничко-экономические показатели установок сельского электроснабжения.**

### **Тема 1. Техничко-экономические показатели установок сельского электроснабжения.**

Потери электроэнергии, время использования максимума нагрузок, время максимальных потерь. Издержки на эксплуатацию. Приведенные затраты, дисконтированные затраты, стоимость отпущенного потребителям кВт/часа.

## **Раздел 9. Проектирование систем электроснабжения. Монтаж, эксплуатация и ремонт сельских электрических сетей.**

### **Тема 1. Проектирование систем электроснабжения. Монтаж, эксплуатация и ремонт сельских электрических сетей.**

Выбор схем электроснабжения с учетом требований надежности электроснабжения. Нормы надежности электроснабжения, показатели надежности системы электроснабжения. Средства, обеспечивающие нормативный уровень надежности сельских потребителей различных категорий. Выбор типа подстанций, типы и схемы подстанций 10/0,4 и 35/10, 110/10 и 110-35/10 кВ.

Монтаж, эксплуатация и ремонт сельских электрических сетей.

Монтаж воздушных линий, прокладка кабелей, монтаж трансформаторных подстанций и пунктов. Основные задачи эксплуатации электрических сетей. Эксплуатация воздушных электрических сетей. Организация эксплуатации и ремонта электрических сетей.

## **4.3 Лекции/лабораторные/практические занятия**

Таблица 4

**Содержание лекций/лабораторного практикума/практических занятий и контрольные мероприятия**

<b>№ п/п</b>	<b>№ раздела</b>	<b>№ и название лекций/лабораторных/занятий</b>	<b>Формируемые компетенции (индикаторы достижения компетенций)</b>	<b>Вид контрольного мероприятия</b>	<b>Кол-во часов</b>
1.		<b>Раздел 1. Введение и задачи сельского снабжения. Электрические нагрузки сельскохозяйственных потребителей.</b>			<b>8</b>



№ п/п	№ раздела	№ и название лекций/лабораторных/занятий	Формируемые компетенции (индикаторы достижения компетенций)	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	Тема 1. Введение и задачи сельского снабжения. Электрические нагрузки сельскохозяйственных потребителей.	Лекция №1. Введение и задачи сельского снабжения. Электрические нагрузки сельскохозяйственных потребителей.	ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2), ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	Дискуссия	4
		Практическая работа № 1. Выбор электрической аппаратуры: изоляторы РУ, разъединители.	УК-1 (УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3), ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3)	Решение типовых задач	2
		Лабораторная работа № 1. Изучение электрической аппаратуры: изоляторы РУ, разъединители.	УК-1 (УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3), ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3)	Защита лабораторной работы	2
2.	<b>Раздел 2. Устройство наружных и внутренних электрических сетей, их расчет. Регулирование напряжения в электрических сетях.</b>				<b>8</b>
	Тема 1. Устройство наружных и внутренних электрических сетей, их расчет. Регулирование напряжения в электрических сетях.	Лекция №2 Устройство наружных и внутренних электрических сетей, их расчет с помощью Microsoft Excel. Регулирование напряжения в электрических сетях.	ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2), ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	Дискуссия	4
		Практическая работа № 2. Выбор масляного выключателя (малообъемного и бакового).	УК-1 (УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3), ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3)	Решение типовых задач	2
		Лабораторная работа № 2. Изучение устройства масляного выключателя (малообъемного и бакового).	УК-1 (УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3), ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3)	Защита лабораторной работы	2
3.	<b>Раздел 3. Механический расчет воздушных линий. Токи короткого замыкания и замыкания на землю.</b>				<b>8</b>
	Тема 1. Механический расчет воздушных линий. Токи короткого замыкания и замыкания на землю.	Лекция № 3 Механический расчет воздушных линий. Токи короткого замыкания и замыкания на землю. Исследование токов короткого замыкания в электрических сетях в программе RastrWin3.	ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2), ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	Дискуссия	4
		Практическая работа № 3. Разрядники и ограничители перенапряжения (выбор).	УК-1 (УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3), ОПК-1 (ОПК-	Решение типовых задач	2

№ п/п	№ раздела	№ и название лекций/лабораторных/занятий	Формируемые компетенции (индикаторы достижения компетенций)	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
			1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3)		
		Лабораторная работа № 3. Разрядники и ограничители перенапряжения (устройство, принцип работы).	УК-1 (УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3), ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3)	Защита лабораторной работы	2
4.	<b>Раздел 4. Перенапряжения и защита от них.</b>				<b>8</b>
	Тема 1. Перенапряжения и защита от них.	Лекция №4. Перенапряжения и защита от них.	ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2), ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	Дискуссия	4
		Практическая работа № 4. Предохранители до 1 кВ (НПН, ПР), свыше 1 кВ (ПКТ-10, ПВТ-35 и др.) Выбор и проверка.	УК-1 (УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3), ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3)	Решение типовых задач	2
		Лабораторная работа № 4. Предохранители до 1 кВ (НПН, ПР), свыше 1 кВ (ПКТ-10, ПВТ-35 и др.) устройство, работа.	УК-1 (УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3), ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3)	Защита лабораторной работы	2
5.	<b>Раздел 5. Электрическая аппаратура.</b>				<b>8</b>
	Тема 1. Электрическая аппаратура.	Лекция № 5. Электрическая аппаратура.	ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2), ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	Дискуссия	4
		Практическая работа № 5. Трансформаторы тока ТТ и их выбор.	УК-1 (УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3), ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3)	Решение типовых задач	2
		Лабораторная работа № 5. Трансформаторы тока ТТ и схемы их включения.	УК-1 (УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3), ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3)	Защита лабораторной работы	2
6.	<b>Раздел 6. Релейная защита и автоматизация.</b>				<b>8</b>
	Тема 1. Релейная защита и автоматизация.	Лекция № 6. Релейная защита и автоматизация.	ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2), ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	Дискуссия	4
		Практическая работа № 6. Трансформаторы напряжения	УК-1 (УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3),	Решение типовых задач	2

№ п/п	№ раздела	№ и название лекций/лабораторных/ занятий	Формируемые компетенции (индикаторы достижения компетенций)	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		(НТМИ-10, НАМИ-10; НОМ и др). Выбор и проверка	ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3)		
		Лабораторная работа № 6. Трансформаторы напряжения (НТМИ-10, НАМИ-10; НОМ и др). Изучение режима замыкания на землю в ВЛ 10 кВ в программе Simulink.	УК-1 (УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3), ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3)	Защита лабораторной работы	2
7.	<b>Раздел 7. Сельские трансформаторные подстанции.</b>				<b>8</b>
	Тема 1. Сельские трансформаторные подстанции.	Лекция № 7. Сельские трансформаторные подстанции.	ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2), ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	Дискуссия	4
		Практическая работа № 7. Изучение схем включения ТТ и реле (расчет).	УК-1 (УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3), ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3)	Решение типовых задач	2
		Лабораторная работа № 7. Изучение схем включения ТТ и реле (полная, звезда, неполная звезда, на разность токов двух фаз).	УК-1 (УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3), ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3)	Защита лабораторной работы	2
8.	<b>Раздел 8. Техничко-экономические показатели установок сельского электроснабжения.</b>				<b>8</b>
	Тема 1. Техничко-экономические показатели установок сельского электроснабжения.	Лекция № 8. Техничко-экономические показатели установок сельского электроснабжения.	ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2), ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	Дискуссия	4
		Практическая работа № 8. Расчет и согласование времени срабатывания МТЗ с разнотипными характеристиками.	УК-1 (УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3), ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3)	Решение типовых задач	2
		Лабораторная работа № 8. Расчет и согласование времени срабатывания МТЗ с разнотипными характеристиками.	УК-1 (УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3), ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3)	Защита лабораторной работы	2
9.	<b>Раздел 9. Проектирование систем электроснабжения. Монтаж, эксплуатация и ремонт сельских электрических сетей.</b>				<b>2</b>



№ п/п	№ раздела	№ и название лекций/лабораторных/ занятий	Формируемые компетенции (индикаторы достижения компетенций)	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	Тема 1. Проектирование систем электроснабжения. Монтаж, эксплуатация и ремонт сельских электрических сетей.	Лекция №9. Проектирование систем электроснабжения. Монтаж, эксплуатация и ремонт сельских электрических сетей. <b>Цифровые двойники.</b>	ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2), ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2)	Дискуссия	2

#### 4.4 Самостоятельное изучение разделов дисциплины

Таблица 5

##### Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
<b>Раздел 1. Введение и задачи сельского снабжения. Электрические нагрузки сельскохозяйственных потребителей.</b>		
1.	Тема 1. Введение и задачи сельского снабжения. Электрические нагрузки сельскохозяйственных потребителей.	Определение электрических нагрузок на перспективу. Методы прогнозирования электрических нагрузок. Коэффициент роста нагрузок. (УК-1 (УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3), ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3). ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2), ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2))
<b>Раздел 2. Устройство наружных и внутренних электрических сетей, их расчет. Регулирование напряжения в электрических сетях.</b>		
2.	Тема 1. Устройство наружных и внутренних электрических сетей, их расчет. Регулирование напряжения в электрических сетях.	Способы пропитки деревянных опор. Самонесущие изолированные провода. (УК-1 (УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3), ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3), ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2), ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2))
<b>Раздел 3. Механический расчет воздушных линий. Токи короткого замыкания и замыкания на землю.</b>		
3.	Тема 1. Механический расчет воздушных линий. Токи короткого замыкания и замыкания на землю.	Замыкание на землю на ВЛ 6...20 кВ. Расчет токов короткого замыкания на ВЛ со стальными проводами. (УК-1 (УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3), ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3), ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2), ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2))
<b>Раздел 4. Перенапряжения и защита от них.</b>		
4.	Тема 1. Перенапряжения и защита от них.	Тросовый молниеотвод. Контура заземления. Устройство и принцип действия ОПН. (УК-1 (УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3), ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3), ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2), ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2))

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
<b>Раздел 5. Электрическая аппаратура.</b>		
5.	Тема 1.Электрическая аппаратура.	Элегазовый и вакуумный выключатель 10 кВ. Высоковольтные ячейки. (УК-1 (УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3), ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3), ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2), ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2))
<b>Раздел 6. Релейная защита и автоматизация.</b>		
6.	Тема 1.Релейная защита и автоматизация.	Максимальная направленная защита. Защита силового трансформатора. (ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2), ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2))
<b>Раздел 7. Сельские трансформаторные подстанции.</b>		
7.	Тема 1. Сельские трансформаторные подстанции.	Однолинейные схемы РТП 110/10 кВ, РП 10 кВ. <b>Виртуальные подстанции сельскохозяйственного назначения</b> (УК-1 (УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3), ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3), ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2), ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2))
<b>Раздел 8. Техничко-экономические показатели установок сельского электроснабжения.</b>		
8.	Тема 1. Техничко-экономические показатели установок сельского электроснабжения.	Прогнозирование затрат на строительство электрической сети. Тариф на электроэнергию. (УК-1 (УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3), ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3), ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2), ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2))
<b>Раздел 9. Проектирование систем электроснабжения. Монтаж, эксплуатация и ремонт сельских электрических сетей.</b>		
9.	Тема 1.Проектирование систем электроснабжения. Монтаж, эксплуатация и ремонт сельских электрических сетей.	<b>Этапы проектирования электрических сетей. Сети SmartGrid. Системы распределенной генерации.</b> Регламентные эксплуатационные работы, выполняемые в электрических сетях. (УК-1 (УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3), ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3), ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2), ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2))

## 5. Образовательные технологии

В процессе преподавания дисциплины «Электроснабжение» в совокупности с традиционной (объяснительно-иллюстративной) технологией обучения используются элементы инновационных технологий.

Демонстрируются учебные видеофильмы «Сельские трансформаторные подстанции» (МГАУ), «Монтаж воздушных и кабельных линий 0,38 и 10 кВ», применяется программное обеспечение, разработанное в МГАУ, по выбору сечений проводов и кабелей, расчету токов короткого замыкания, расчету релейной защиты, выбору варианта развития системы электроснабжения 10-110 кВ и др.

Для чтения лекций приглашаются специалисты из проектных институтов, эксплуатационных организаций и предприятий электрических сетей.

Согласно учебному плану и графику учебного плана для организации процесса освоения студентами дисциплины используются следующие формы теоретического и

практического обучения, соответствующие традиционной (объяснительно-иллюстративной) и инновационным технологиям:

- основные формы теоретического обучения: лекции, консультации, экзамен;
- основные формы практического обучения: лабораторные работы;
- дополнительные формы организации обучения: контрольная работа и самостоятельные работы студентов.

В процессе реализации форм обучения предполагается применение различных методов и средств обучения, соответствующих традиционной и инновационным технологиям. Соотнесенность тем в структуре содержания дисциплины, применяемых для их изучения технологий и соответствующих им форм и методов (и средств) обучения представлены ниже (в таблице 6).

Таблица 6

**Применение активных и интерактивных образовательных технологий**

Применение активных и интерактивных образовательных технологий			
№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
1.	Устройство системы генерации электрической энергии.	Л	Технология активного обучения
2.	Устройство ПС 110/10 кВ	Л	Технология активного обучения

Занятия целесообразно проводить в интерактивной форме – дискуссии, совместная работа студентов в группе при выполнении лабораторных работ, междисциплинарное обучение – подготовка студенческих докладов, разбор конкретных ситуаций.

**6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины**

При изучении разделов дисциплины «Электроснабжение» в течение семестра используются следующие виды контроля:

- текущий,
- промежуточный.

**Текущий контроль** знаний предполагает посещение лекций, защита отчета по лабораторной работе, проведение дискуссий, контрольная работа.

**Промежуточный контроль знаний:** экзамен.

**6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности**

**1) Контрольная работа**

**«Проектирование электроснабжения населенного пункта»**

Задачей контрольной работы является закрепление теоретических знаний по курсу, развитие навыков самостоятельной работы, а также освоение метода расчета и выбора системы напряжения для дальнейшей разработки систем электроснабжения района.

Для выполнения контрольной работы студенту следует изучить теоретический материал по литературе и с целью оценки степени усвоения ответить на контрольные вопросы.

Контрольная работа выполняется студентом во внеурочное время с использованием любых информационных и программных материалов, носит расчетный характер и оформляется работа в текстовом редакторе Word.

**Техническое задание**

### **Исходные данные:**

1. Карта-схема района;
2. Карта населенного пункта;
3. Перечень потребителей в населенном пункте;
4. РКУ по ветру и по гололеду;
5. Уровни напряжений на шинах питающего центра.

### **Основные разделы контрольной работы.**

1. Определение расчетных электрических нагрузок;
  - 1.1. Расчетные потребители на вводе у потребителей 0,38 кВ;
  - 1.2. Суммарная расчетная нагрузка населенного пункта;
2. Выбор числа, мощности и месторасположения подстанций 10/0,4 кВ;
3. Электрический расчет ВЛ-10 кВ;
  - 3.1. Составление таблицы отклонения напряжения;
  - 3.2. Выбор марок проводов и расчет потерь напряжения в ВЛ-10 кВ;
4. Электрический расчет сети 0,38 кВ;
  - 4.1. Выбор трасс ВЛ-10 кВ;
  - 4.2. Выбор марок проводов и расчет потерь напряжения в ВЛ-0,38 кВ;
  - 4.3. Определение потерь мощности и энергии в сети 0,38 кВ;

В графической части работы выполняется чертёжи:

1. Схемы электроснабжения населенного пункта;
2. Схема электроснабжения сельскохозяйственного района;
3. Вид и трехлинейная схема соединений ТП 10/0,4 кВ.

Чертежи выполняются на листе формата А1 в среде AutoCad.

### **2) Пример тем для дискуссии.**

**Темы дискуссий по разделу 1. Введение и задачи сельского электроснабжения. Электрические нагрузки сельскохозяйственных потребителей.**

1. Системы электроснабжения.
2. Обеспечение качества электроэнергии, надежности электроснабжения и высоких технико-экономических показателей.
3. Мероприятия и технические средства обеспечения качества электроэнергии и надежности электроснабжения сельских потребителей.
4. Электрические нагрузки сельскохозяйственных потребителей.
5. Электрические нагрузки на вводе в дом, в группу домов, на участках ВЛ 0,38 кВ, 10 кВ, 35, 110 кВ, на шинах подстанций 10/0,4 кВ и 35-110/10 кВ;
6. Электрическая нагрузка наружного освещения.
7. Коэффициент одновременности и добавки мощностей для определения электрической нагрузки.

### **3) Пример вопросов для защиты лабораторных работ**

#### **Лабораторная работа № 1.**

**«Изучение электрической аппаратуры: изоляторы РУ, разъединители»**

1. Назначение изоляторов;
2. Из каких материалов изготавливают изоляторы;
3. Назовите виды изоляторов;
4. Покажите изоляторы на 0,38 и 10 кВ;
5. Каким требованиям должны соответствовать изоляторы;

6. Какими показателями характеризуются изоляторы;
7. Как по механической прочности подразделяются изоляторы.
8. Какие бывают типы разъединителей;
9. Можно ли разъединителем отключать ток короткого замыкания;
10. Из каких частей состоит разъединитель.

#### 4) Пример тематических задач

Выбрать сечения проводов к двигателям и освещению по условиям нагрева. Вся проводка находится в пожароопасном помещении (рис. ).

Линия ТП-РЩ выполнена кабелем с бумажной изоляцией и алюминиевыми жилами, проложенными в канале при  $t^\circ = 15^\circ \text{C}$ . Вся остальная проводка выполнена проводом ПР в водогазопроводных трубах в помещении  $t^\circ = 30^\circ \text{C}$ . На участке ТП-РЩ коэффициент одновременности  $m = 0,9$ ; коэффициент  $\alpha$  для всех двигателей равен 2,5. Номинальное напряжение 380 В. Параметры двигателей и освещения приведены в табл. .

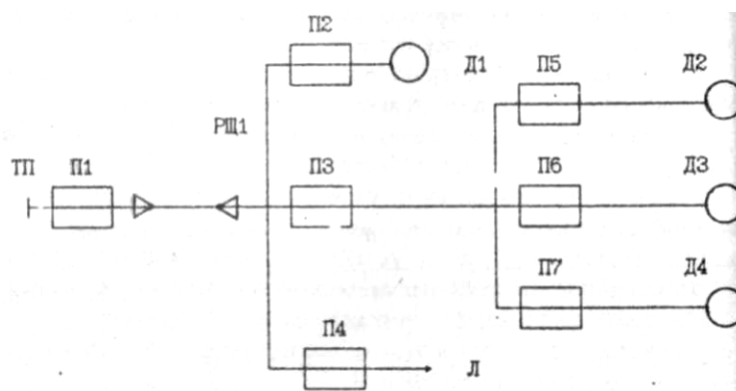


Рис. . Схема сети 0,38 кВ.

Исходные параметры двигателей и осветительной линии

Двигатели и освещение	Номинальная мощность $P_n$ , кВт	Коэффициент пуска $K_n = I_n/I_n$ , о.е.	кпд, о.е.	$\cos \varphi$ , о.е.	Коэффициент загрузки $K_z$ , о.е.
Д1	20	2,5	0,87	0,88	0,9
Д2	10	3,5	0,88	0,87	0,85
Д3	16	1,5	0,86	0,87	1,0
Д4	10	4,5	0,89	0,86	0,9
Л	10	—	—	1,0	1,0

#### 5) Перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию (экзамен)

1. Задачи сельского электроснабжения.

2. Начальный момент тока короткого замыкания
3. Схема соединений подстанции 35/10 кВ
4. Развитие электроэнергетики России и зарубежных стран.
5. Расчет токов к.з. в относительных базисных единицах.
6. Максимальная токовая защита. Выбор параметров срабатывания
7. Типы районных электрических станций – тепловые, гидравлические и др. Объединение станций в энергосистемы.
8. Устройство и характеристика электромагнитного токового реле. РТ-40
9. Электрическая дуга постоянного и переменного тока и способы ее гашения
10. Номинальные напряжения электроустановок.
11. Трансформаторы тока и их выбор.
12. Выбор параметров срабатывания максимальной токовой защиты. Оценить соответствие МТЗ требованиям селективности, быстродействия, чувствительности
13. Надежность электроснабжения. Способы обеспечения надежности сельского электроснабжения, выбор средств повышения надежности
14. Трансформаторы напряжения и их выбор.
15. Схемы МТЗ при двойных замыканиях на землю
16. Расчетная нагрузка. Расчетный период. Определение расчетной нагрузки на вводе в жилой дом.
17. Искровые промежутки, трубчатые и вентильные разрядники.
18. Схема соединений подстанций 10/0,4 кВ
19. Определение расчетной нагрузки на участках ВЛ 0,38 кВ и на шинах ТП 10/0,4 кВ.
20. Защита установок от прямых ударов молнии. Стержневые и тросовые молниеотводы.
21. Схемы соединения ТТ и реле
22. Определение расчетной нагрузки на участках ВЛ 10 кВ и на шинах РТП 35(110)/10 кВ.
23. Замыкания на землю (ЗНЗ) в системе с изолированной нейтралью, ток ЗНЗ.
24. Максимальная токовая защита на постоянном оперативном токе. Выбор параметров срабатывания, работа схемы МТЗ на постоянном оперативном токе
25. Выбор сечений проводов для ВЛ 10 кВ.
26. Замыкание на землю (ЗНЗ) в системе с изолированной нейтралью.
27. Выключатели нагрузки. Разъединители. Назначение, устройство, типы
28. Конструкции и марки проводов для воздушных линий и внутренних проводок. Активные и индуктивные сопротивления проводов и кабелей.
29. Определение токов к.з. в сетях до 1000 В.
30. Короткозамыкатели и отделители. Работа схемы при отключении подстанции с помощью короткозамыкателя и отделителя
31. Устройство наружных и внутренних электрических сетей. Активные и индуктивные сопротивления проводов и кабелей.
32. Общее выражение для любого вида несимметричного к.з. Определение тока несимметричного к.з. по расчетным кривым.
33. Токовая отсечка. Выбор параметров срабатывания. Проверка чувствительности, селективность отсечки
34. Конструкция и марки силовых кабелей для напряжений до 10 кВ.
35. Несимметричные к.з. общее выражение тока для любого вида к.з..
36. Ступенчатый принцип выбора выдержки времени МТЗ. Составляющие ступени  $\Delta t$
37. Классификация опор ВЛ. Способы пропитки деревянных опор.
38. Определение токов к.з. в сельских сетях напряжением выше 1000 В от системы неограниченной мощности.
39. Схема МТЗ на переменном оперативном токе с дешунтированием катушки отключения
40. Время использования максимума нагрузки и время потерь.
41. Расчет токов к.з. в именованных единицах.
42. Выключатели нагрузки: назначение, устройство, гашение дуги
43. Выбор плавких вставок и автоматических выключателей в сетях напряжением до 1000 В.



44. Сопротивление синхронного генератора току к.з. при к.з. на шинах электростанций.  $x_d''$ ,  $x_d'$ ,  $x_d$ .
45. Первичные и вторичные реле прямого действия. Устройство, типы
46. Допустимая токовая нагрузка на проводе и кабели. Вывод формула  $I_{\text{доп}}$
47. Ударный ток к.з. Значение ударного коэффициента. Наибольшее действующее значение тока к.з.
48. АПВ: назначение, область применения, принцип выполнения и работа схемы АПВ. (по выбору студента).
49. Порядок выбора сечений проводов по условиям нагрева.
50. Начальный период к.з.
51. Трубчатые разрядники: конструкция, выбор параметров, типы и область применения
52. Расчет по нагреву внутренних сетей, защищаемых автоматами.
53. Плавкие предохранители. Устройство, типы, гашение дуги.
54. Назначение релейной защиты и требования к ней
55. Типы районных электрических станций – тепловые, гидравлические и др. Объединение станций в энергосистемы.
56. Устройство и характеристика электромагнитного токового реле.
57. Электрическая дуга постоянного и переменного тока и способы ее гашения
58. Выбор проводов по экономической плотности тока и экономическим интервалам.
59. Замыкание на землю в системе с изолированной нейтралью.
60. Схемы соединения ТТ и реле
61. Потери мощности энергии в воздушных линиях и трансформаторах.
62. Защита от перенапряжений электрических сетей напряжением до 1000 В.
63. Согласование МТЗ с разнотипными характеристиками
64. Расчет линии с двусторонним питанием. Вывод формулы для тока из источника питания.
65. Масляные и малообъемные выключатели.
66. Принцип построения и работа схем АВР (по выбору студента)
67. Частные случаи формулы тока из источника питания для линии с двусторонним питанием.
68. Защита электроустановок высокого напряжения от волн перенапряжения.
69. Токовая отсечка. Определение тока срабатывания и коэффициента чувствительности.
70. Падение и потеря напряжения в трехфазных электрических сетях переменного тока.
71. Защита установок от прямых ударов молнии.
72. Комбинированное реле тока РТ(ИТ)-80: устройство, характеристика, область применения, классификация по способу включения в сеть и способу воздействия на отключающий аппарат и т.д.
73. Падение и потеря напряжения в электрических сетях переменного тока. Вывод формулы.
74. Порядок расчета ТКЗ в относительных базисных единицах.
75. Сравнительная оценка источников питания оперативных цепей
76. Определение допустимой потери напряжения в электрических сетях 10 и 0,38 кВ.
77. Сопротивление элементов схемы при расчете в именованных единицах.
78. Электромагнитное токовое реле. Характеристика реле. Область применения. ( $I_{с.р.}$ ,  $I_{в.р.}$ ,  $K_{в.}$ ,  $K_{н.}$ ).
79. Техничко-экономические показатели систем сельского электроснабжения (Затраты на систему электроснабжения).
80. Определение токов к.з. по расчетным кривым.
81. Максимальная направленная защита
82. Расчет трехфазных сетей с неравномерной нагрузкой фаз при соединении однофазных нагрузок в треугольник (конспект).
83. Многообъемный масляный выключатель.
84. Максимальная токовая защита сельскохозяйственных линий с ускорением до АПВ.
85. Определение допустимой потери напряжения в электрических сетях 10 и 0,38 кВ
86. Малообъемный масляный выключатель ВМГ-10.

87. Требование селективности и надежности релейной защиты
88. Трехфазно-однофазные сети.
89. Расчет токов к.з. по расчетным кривым.
90. Максимальная направленная защита. Определение параметров срабатывания. Оценка и область применения
91. Методы регулирования напряжения в сельских электрических сетях. стабилизация и встречное регулирование напряжения.
92. Расчет токов к.з. в относительных базисных единицах.
93. Релейная защита трансформаторов.
94. Основные средства регулирования напряжения. Встречное регулирование напряжения.
95. Расчет токов к.з. в именованных единицах.
96. Оценка работы МТЗ силового трансформатора со схемой соединения звезда-звезда ноль или звезда-треугольник при к.з (BC) и однофазном (B) на вторичной стороне трансформатора. (или МТЗ и отсечка, селективность, чувствительность)
97. Определение допустимой потери напряжения по таблицам отклонений напряжения.
98. Задача расчета токов к.з. Допущения при расчете токов к.з.
99. МТЗ принцип, выбор параметров срабатывания. Оценка чувствительности МТЗ.
100. Расчет электрических сетей 10 кВ по экономическим интервалам.
101. Электрическая дуга переменного тока, принцип и способы ее гашения.
102. Классификация реле, явление релейного эффекта.
103. Расчет эквивалентной мощности линии в MicrosoftExcel.
104. Применение программы RastrWin3 для исследования режимов работы централизованной сети.
105. Расчет токов коротко замыкания линии в Simulink.
106. Цифровая трансформация электроэнергетического комплекса.
107. Повышению эффективности работы предприятий электроэнергетического комплекса за счет цифровой трансформации электрических сетей.
108. Основные результаты цифровизации в электроэнергетике.

## 6. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Для допуска к экзамену по дисциплине «Электроснабжение» необходимо выполнить учебный план по дисциплине, включающий в себя посещение лекций, выполнение и защиту лабораторных работ, выполнение и защиту контрольной работы.

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине «Электроснабжение» применяется традиционная система контроля и оценки успеваемости студентов.

Критерии оценки знаний устанавливаются в соответствии с требованиями к профессиональной подготовке, исходя из действующих учебных планов и программ с учетом характера конкретной дисциплины, а также будущей практической деятельности выпускника. Знания оцениваются по четырехбалльной шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Таблица 8

### Критерии оценивания результатов обучения

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, глубоко и прочно освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, излагающий его исчерпывающе, последовательно, системно и логически стройно. Студент, выполнивший и защитивший контрольную работу на высоком качественном уровне; не затрудняется с ответом при видоизменении задания;

	справляется с нестандартными задачами, вопросами и другими видами применения знаний; при изложении материала владеет терминологией и символикой изучаемой дисциплины; показывает разносторонние знания основной и дополнительной литературы; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – высокий.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку <b>«хорошо»</b> заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и логически правильно излагающий теоретический материал, не допускающий существенных неточностей в ответе на вопрос; владеющий терминологией и символикой изучаемой дисциплины при изложении материала. Студент, выполнивший и защитивший контрольную работу; усвоивший основную литературу, рекомендованную программой дисциплины; обладающий основными профессиональными компетенциями; в основном сформировал практические навыки. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – хороший (средний).</b>
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку <b>«удовлетворительно»</b> заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал только по обязательному минимуму содержания предмета, определенному программой дисциплины; выполнивший и защитивший контрольную работу; знания основной литературы, рекомендованной программой, отрывочны и не системны. Студент допускает неточности в ответе, недостаточно правильные формулировки, нарушения последовательности в изложении материала, четкость и убедительность ответа выражена слабо, испытывает затруднения в выполнении типовых практических заданий, некоторые практические навыки не сформированы. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – достаточный.</b>
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку <b>«неудовлетворительно»</b> заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал; не показал правильного понимания существа экзаменационных вопросов; не знает значительной части основного материала; допускает принципиальные ошибки при выполнении типовых практических заданий. Студент, выполнивший и защитивший контрольную работу; основная литература по проблемам курса не усвоена, практические навыки не сформированы. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, не сформированы.</b>

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1 Основная литература

1. Лещинская, Т.Б. Электроснабжение сельского хозяйства: учебник для вузов / Т.Б. Лещинская, И.В. Наумов – М.: БИБКМ, ТРАНСЛОГ, 2015. – 656 с.
2. Лещинская, Т.Б.. Практикум по электроснабжению сельского хозяйства: учебное пособие для студентов вузов./ Т.Б. Лещинская, И.А. Наумов – М.: БИБКМ-ТРАНСЛОГ, 2015. – 455 с.

3. Боцман, В. В. Электроснабжение : 2019-08-27 / В. В. Боцман. — Белгород : БелГАУ им.В.Я.Горина, 2019. — 144 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/123352> (дата обращения: 08.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

## 7.2 Дополнительная литература

1. Справочник по проектированию электрических сетей / Под ред. Д.Л. Файбисовича. — М.: ЭНАС, 2006. — 315 с.
2. Гриднева, Т. С. Электроснабжение : методические указания / Т. С. Гриднева. — Самара : СамГАУ, 2020. — 67 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/143461> (дата обращения: 08.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Щербаков, Е. Ф. Электроснабжение и электропотребление в сельском хозяйстве : учебное пособие / Е. Ф. Щербаков, Д. С. Александров, А. Л. Дубов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 392 с. — ISBN 978-5-8114-3114- — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/130498>
4. Капитанов, Д. В. Введение в MatLab : учебное пособие / Д. В. Капитанов, О. В. Капитанова. — Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2016. — 65 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/153039> (дата обращения: 26.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

## 7.3 Нормативные правовые акты

1. Правила устройства электроустановок
2. Правила технической эксплуатации электроустановок,
3. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей

## 7.4 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Семичевский, П.А., Электроснабжение населенного пункта. Методические рекомендации по курсовому и дипломному проектированию./ П.А.Семичевский.,Т.Б. Лещинская,С.И. Белов – М.: МГАУ, 2009 – 141 с.

## 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Программы: Microsoft Office (Word, Excel, Power Point), AutoCAD. Интернет, электронные ресурсы технических библиотек.

- а) Каталоги электрооборудования и трансформаторов, изготавливаемых заводами России, etc., интернет-ресурс (открытый доступ).
- б) Информационные центры России (открытый доступ).
- в) Всероссийский институт научной и технической информации РАН (ВИНИТИ РАН), интернет-ресурс (открытый доступ).
- г) Всероссийский научно-технический информационный центр (ВНТИ-Центр), интернет-ресурс (открытый доступ)..
- е) Защита интеллектуальной собственности (РОСПАТЕНТ), интернет-ресурс (открытый доступ).
- ф) Российский научно-технический центр по стандартизации (СТАНДАРТИНФОРМ), интернет-ресурс (открытый доступ).

## 9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 9

№	Наименование	Наименование	Тип	Автор	Год
---	--------------	--------------	-----	-------	-----

п/п	раздела учебной дисциплины	программы	программы		разработки
1.	Раздел 2. Устройство наружных и внутренних электрических сетей, их расчет. Регулирование напряжения в электрических сетях.	Word Power Point Excel AutoCAD	Оформительская Презентация Расчетная	Microsoft Autodesk	2010 2009
2.	Раздел 3. Механический расчет воздушных линий. Токи короткого замыкания и замыкания на землю.	Word Power Point Excel AutoCAD	Оформительская Презентация Расчетная	Microsoft Autodesk	2010 2009
3.	Раздел 9. Проектирование систем электроснабжения. Монтаж, эксплуатация и ремонт сельских электрических сетей.	Word Power Point Excel AutoCAD	Оформительская Презентация Расчетная	Microsoft Autodesk	2010 2009

**10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Таблица 10

**Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями, кабинетами, лабораториями**

Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы**
1	2
24 корпус, аудитория № 103 учебная аудитория для проведения: занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, для групповых и индивидуальных консультаций, для текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы	1. Парты 26 шт. 2. Стулья 52 шт. 3. Доска меловая 2 шт. 4. Экран (Инв. № 410138000002640) 5. Проектор (Инв. № 410138000002634)
24 корпус, аудитория № 107 учебная лаборатория для проведения занятий семинарского, лабораторно-практического типа, компьютерный класс с интерактивной доской	1. Парты 15 шт. 2. Стулья 30 шт. 3. Доска меловая 1 шт. 4. Лабораторный стенд «Распределительные устройства в электрических сетях» (Инв. № 410124000603087)
Корпус ЦНБ, аудитория 123 читальный зал Центральной научной библиотеки имени Н.И. Железнова для	1. Парты 127 шт. 2. Стулья 254 шт.

## 11. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины

В курсе «Электроснабжение» студент получает знания о современной электроэнергетики. Полученные знания необходимы студенту для успешной работы на производстве по выбранному направлению.

Методические рекомендации для успешного освоения студентом дисциплины «Электроснабжение» сводятся к следующему:

1. Активно изучать теоретический материал, излагаемый на лекциях. Самостоятельно производить расчеты при обработке экспериментальных данных и осуществлять их графическую интерпретацию с использованием интерактивных программных сред.
2. На лабораторных занятиях обдуманно выполнять задания, анализировать полученные результаты. Защищать лабораторную работу в день её выполнения или ближайшее время.
3. Максимально использовать возможности практик на предприятии для изучения всего электрооборудования, имеющегося на предприятии, стремиться принять участие в ремонте электрических машин и трансформаторов.
4. Регулярно посещать тематические выставки, например, международный форум «Электрические сети», «Золотая осень» и др.

Образовательный процесс по дисциплине организован в форме учебных занятий (контактная работа (аудиторной и внеаудиторной) обучающихся с преподавателем и самостоятельная работа обучающихся). Учебные занятия (в том числе по реализации практической подготовки) представлены следующими видами, включая учебные занятия, направленные на практическую подготовку обучающихся и проведение текущего контроля успеваемости:

лекции (занятия лекционного типа);  
семинары, практические занятия, лабораторные работы (занятия семинарского типа);  
курсовое проектирование (выполнение курсовых работ);  
групповые консультации;  
индивидуальные консультации и иные учебные занятия, предусматривающие индивидуальную работу преподавателя с обучающимся;  
самостоятельная работа обучающихся;  
занятия иных видов.

На учебных занятиях обучающиеся выполняют запланированные настоящей программой отдельные виды учебных работ, в том числе отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

**Самостоятельная работа студентов** предполагает проработку лекционного материала, подготовку к самостоятельным работам по рекомендуемой литературе, изучение дополнительной литературы, дополнительное конспектирование некоторых разделов курса, подготовку докладов и сообщений на секции студенческой научной конференции, выполнение контрольной работы.

При самостоятельной работе следует рекомендовать студентам использовать электронные учебные пособия.

### Виды и формы отработки пропущенных занятий

Студент, пропустивший лекцию, обязан самостоятельно проработать материал и отчитаться в устной форме, ответив на вопросы лектора по теме лекции.



Студент, пропустивший лабораторную работу, обязан выполнить ее и ответить на вопросы преподавателя по данной лабораторной работе.

## **12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине**

Формами организации учебного процесса по дисциплине «Электроснабжение», согласно структуре, являются лекции, лабораторные работы, контрольная работа, консультации и самостоятельная работа студентов.

Чтение лекций осуществляется в аудитории, оборудованной аппаратурой для компьютерной презентации.

***Лекции*** содержат теоретический материал в них: даётся оценка роли дисциплины в учебном процессе, рассматриваются основные понятия и определения. Рассматриваются вопросы теплотехнических, физических и электротехнических процессов в современных электроустановках и оборудовании. Излагаются способы расчета параметров и характеристик устройств.

Чтение лекций целесообразно сопровождать демонстрацией презентаций, видеоклипов и т.п. Для этого в лекционной аудитории рекомендуется иметь проекционное оборудование, интерактивную доску и т.п.

***Лабораторные работы*** проводятся согласно разработанным на кафедре методическим указаниям.

Для организации планомерной и ритмичной работы, повышения мотивации студентов к освоению дисциплины путём дифференциации оценки их учебной работы, повышения уровня организации образовательного процесса по дисциплине, а также стимулирования студентов к регулярной самостоятельной учебной работе.

***Самостоятельная работа студентов*** предполагает проработку лекционного материала, выполнение контрольной работы, подготовку к лабораторным работам по рекомендуемой литературе, изучение дополнительной литературы, дополнительное конспектирование некоторых разделов курса, подготовку докладов и сообщений на секции студенческой научной конференции.

При самостоятельной работе следует рекомендовать студентам использовать электронные учебные пособия. Рекомендуется посещение тематических и агропромышленных выставок с последующей групповой дискуссией по результатам посещения.

### **Программу разработал:**

Цедяков А.А, к.т.н., доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

\_\_\_\_\_