

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: 26.01.2026

Уникальный программный ключ:

3097683b38557f6827027e8e64c5f15ba3ab904



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. Будко

УТВЕРЖДАЮ:

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

А.Г. Арженовский

« 27.01.2025 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.О.22 Основы электротехники**  
для подготовки бакалавров

ФГОС ВО

Направление: – 35.03.06 «Агроинженерия»

Направленность: Автоматизация и роботизация технологических процессов

Курс 2

Семестр 3

Форма обучения: Очная

Год начала подготовки: 2025

Москва, 2025

Разработчик: Савенко А.В., к.т.н., доцент

«19» 06 2025 г.

Рецензент: Шабаев Е.А., к.т.н., доцент

«19» 06 2025 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 теплоэнергетики имени академика И.А. Будзко  
протокол № 5 от «20» 06 2025 г.

И.о. зав. кафедрой Нормов Д.А., д.т.н., профессор

«16» 06 2025 г.

**Согласовано:**

Председатель учебно-методической  
комиссии института механики и энергетики имени В.П. Горячкина  
Дидманидзе О.Н., д.т.н., профессор

протокол № 6 от «25» 06 2025 г.

И.о. заведующий выпускающей кафедрой  
электроснабжения и теплоэнергетики  
имени академика И.А. Будзко  
Нормов Д.А., д.т.н., профессор

«20» 06 2025 г.

Заведующий отделом комплектования ЦНБ /

Савенко А.В.

## 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>5</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 ПО СЕМЕСТРАМ .....	8
4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	9
4.3. ЛЕКЦИИ/ЛАБОРАТОРНЫЕ/ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ.....	13
<b>5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....</b>	<b>20</b>
<b>6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>21</b>
6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности.....	21
6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания.....	27
<b>7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>28</b>
7.1. Основная литература.....	28
7.2. Дополнительная литература .....	29
7.3. Нормативные правовые акты.....	29
7.4. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям.....	29
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>30</b>
<b>9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ .....</b>	<b>30</b>
<b>10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	<b>31</b>
<b>11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>26</b>
ВИДЫ И ФОРМЫ ОТРАБОТКИ ПРОУЩЕННЫХ ЗАНЯТИЙ.....	32
<b>12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....</b>	<b>32</b>

### **Аннотация**

Рабочей программы учебной дисциплины Б1.О.22. «Основы электротехники» по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия».

**Цель освоения дисциплины:** «Основы электротехники» является изучение студентами методов анализа и моделирования электрических и магнитных цепей и применение навыков теоретического и экспериментального их исследования при решении профессиональных задач. Дисциплина «Основы электротехники» является в своей основе теоретической и способствует развитию у студентов логического и абстрактного мышления с практической реализацией ее содержания, развитие способности:

- к планированию собственного времени, самоорганизации и самообразованию;
- применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач;
- принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности 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.
- обучение принципам и методам разработки, создания, распространения и использования цифровых технологий в электротехнике; получение базовых знаний о современных цифровых технологиях, используемых в профессиональной деятельности и практические навыки их использования.

**Место дисциплины в учебном плане:** дисциплина включена в обязательную часть учебного плана по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия»

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

**Краткое содержание дисциплины:** Электрическая цепь и ее основные элементы. Основные законы электрических цепей. Методы расчета разветвленных электрических цепей. Линейные электрические цепи синусоидального тока. Основные элементы цепи синусоидального тока. Расчет цепей синусоидального тока. Индуктивно связанные цепи. Трехфазные цепи. Схемы соединения и расчет трехфазных цепей. Метод симметричных составляющих расчета трехфазных цепей. Пассивные двухполюсники и четырехполюсники. Электрические цепи с не-синусоидальными ЭДС, напряжениями и токами. Разложение несинусоидальных периодических функций времени в тригонометрический ряд Эйлера-Фурье. Расчет однофазных цепей не-синусоидального тока. Высшие гармоники в трехфазных цепях. Переходные процессы в электрических цепях. Классический метод расчета переходных процессов. Нелинейные электрические цепи постоянного и переменного тока. Магнитные цепи при постоянных и переменных магнитных потоках. Магнитные цепи при постоянных магнитных потоках. Магнитные цепи при переменных магнитных потоках. Основы теории электромагнитного поля. Электрические цепи с распределенными параметрами.

**Общая трудоемкость дисциплины:** 144 часа (4 зачетные единицы). **Промежуточный контроль:** в 3 семестре экзамен.

### **1. Цель освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины: «Основы электротехники» является изучение студентами методов анализа и моделирования электрических и магнитных цепей и применение навыков теоретического и экспериментального их исследования при решении профессиональных задач.

Данная дисциплина является базовой теоретической дисциплиной для основных профильных дисциплин направления 35.03.06 «Агроинженерия» и предназначена для овладения студентами основных методов анализа, расчета и моделирования электрических цепей

Дисциплина «Основы электротехники» является в своей основе теоретической и способствует развитию у студентов логического и абстрактного мышления с практической реализацией ее содержания, развитие способности:

- к планированию собственного времени, самоорганизации и самообразованию;
- применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач;
- принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности 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.
- обучение принципам и методам разработки, создания, распространения и использования цифровых технологий в электротехнике; получение базовых знаний о современных цифровых технологиях, используемых в профессиональной деятельности и практические навыки их использования.

В результате изучения дисциплины студенты должны знать:

- методы анализа и моделирования линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока;
- методы расчета переходных процессов в электрических цепях постоянного и переменного тока;
- основы теории электромагнитного поля и цепей с распределенными параметрами

## **2. Место дисциплины в учебном процессе**

Дисциплина «Основы электротехники» включена в обязательную часть учебного плана по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия». Изучение данной дисциплины позволяет освоить методы анализа различных режимов работы элементов электроэнергетических и электротехнических системы в различных режимах ее работы и получить навыки анализа этих режимов.

Дисциплина непосредственно базируется на предшествующих курсах: «Математика» (курс 1,2; семестр 1,2,3), «Физика» (курс 1,2; семестр 2,3), опираясь на следующие разделы перечисленных дисциплин: «Дифференциальное и интегральное исчисление», «Решение линейных и нелинейных дифференциальных уравнений», «Векторный анализ», «Теория функций комплексного переменного», «Физика твердого тела», «Электромагнетизм». Дисциплина знакомит студентов с методами расчета электрических цепей в разных режимах. Знание этих вопросов необходимо всем специалистам по электроэнергетике, электротехнике и электрооборудованию. Поэтому данная дисциплина является базовой для изучения специальных дисциплин направления 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника. Она является основополагающей для изучения следующих дисциплин: аппараты защиты и управления, электроника, электрические измерения, электрические машины, автоматика, электропривод, электротехнологии, электроснабжение и др.

Рабочая программа дисциплины «Основы электротехники» 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**

**Таблица 1**

**Требования к результатам освоения учебной дисциплины «Основы электротехники»**

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикатор компетенции	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-1.2 Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи	методы критического анализа и синтеза информации, применять системный подход для решения поставленных задач	осуществлять поиск и применять методы критического анализа и синтеза информации, применять системный подход для решения поставленных задач	методами критического анализа и синтеза информации, применять системный подход для решения поставленных задач
			УК-1.3 Рассматривает возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки	возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки	использовать возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки	возможными вариантами решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки
2	ОПК-1	Способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических и естественных наук	ОПК-1.1 Использует основные законы естественнонаучных дисциплин для решения стандартных задач в соответствии с направленностью профессиональной деятельности	основные законы естественнонаучных дисциплин для решения стандартных задач в соответствии с направленностью профессиональной деятельности	применять основные законы естественнонаучных дисциплин для решения стандартных задач в соответствии с направленностью	знаниями основных законов математических и естественных наук для решения стандартных задач в агроинженерии

		с применением информационно-коммуникационных технологий;			профессиональной деятельности	информационно-коммуникационные технологии в решении типовых задач профессиональной деятельности
			ОПК-1.2 Использует знания основных законов математических и естественных наук для решения стандартных задач в агроинженерии		применять знания основных законов математических и естественных наук для решения стандартных задач в агроинженерии	
			ОПК-1.3 Применяет информационно-коммуникационные технологии в решении типовых задач профессиональной деятельности	информационно-коммуникационные технологии в решении типовых задач профессиональной деятельности	Применять методы информационно-коммуникационные технологий в решении типовых задач профессиональной деятельности	
3	ОПК-5	Способен участвовать в проведении экспериментальных исследований в профессиональной деятельности;	ОПК-5.1 Использует современные методы экспериментальных исследований и испытаний в профессиональной деятельности	современные методы экспериментальных исследований и испытаний в профессиональной деятельности	применять современные методы экспериментальных исследований и испытаний в профессиональной деятельности	современными методами экспериментальных исследований и испытаний в профессиональной деятельности
			ОПК-5.2 Под руководством специалиста более высокой квалификации участвует в проведении экспериментальных исследований процессов и испытаниях в профессиональной деятельности		под руководством специалиста более высокой квалификации участвовать в проведении экспериментальных исследований процессов и испытаниях в профессиональной деятельности	современными методами экспериментальных исследований и испытаний и участвовать в проведении экспериментальных исследований в профессиональной деятельности

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### 4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач. ед. (144 часа), их распределение по видам работ в семестрах представлено в таблице 2.

Таблица 2

##### Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость
	час. Семестр 3
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>144</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>70,4</b>
<b>Аудиторная работа</b>	<b>70,4</b>
<i>лекции (Л)</i>	34
<i>практические занятия (ПЗ)/семинары (С)</i>	-
<i>лабораторные работы (ЛР)</i>	34
<i>курсовая работа (КР) (консультация, защита)</i>	-
<i>консультации перед экзаменом</i>	2
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,4
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>73,6</b>
<i>курсовая работа (КР) (подготовка)</i>	-
<i>Расчетно-графическая работа (РГР) (подготовка)</i>	20
<i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)</i>	26,6
<i>Подготовка к зачету с оценкой</i>	—
<b>Подготовка к экзамену(контроль)</b>	<b>27</b>
Вид промежуточного контроля:	Экзамен,



## 4.2 Содержание дисциплины

Таблица 3

### Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов дисциплин (укрупнёно)	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ	ЛР	ПКР	
Семестр №3						
Раздел 1. Линейные электрические цепи постоянного тока	15	4	-	8		3
Раздел 2. Линейные электрические цепи синусоидального тока	10	4	-	6		
Раздел 3. Трёхфазные цепи	12	4	-	8		
Раздел 4. Двухполюсники и четырехполюсники	6,6	2	-	2		2,6
Раздел 5. Электрические цепи с несинусоидальными ЭДС, напряжениями и токами	8	4	-	2		2
Раздел 6. Переходные процессы в электрических цепях	14	4	-	6		4
Раздел 7. Нелинейные электрические цепи	8	4	-	2		2
Раздел 8. Электромагнитное поле. Магнитные и электростатические цепи	9	6	-			3
Раздел 9. Электрические цепи с распределёнными параметрами	5	2	-			3
Консультации перед экзаменом	2		-		2	
Расчетно-графическая работа (РГР) (подготовка)	20		-			20
Контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,4		-		0,4	
Экзамен (подготовка)	27					27
Итого по дисциплине	144	34	-	34	4,75	73,6

## **Раздел 1. Линейные электрические цепи постоянного тока.**

**Тема 1.** Электрическая цепь и ее основные элементы. Физические процессы в электрических цепях. Электрический ток, потенциал, ЭДС, напряжение. Схемы замещения источников электрической энергии.

**Тема 2.** Основные законы электрических цепей. Законы Ома, закон Джоуля-Ленца. Расчет неразветвленных цепей постоянного тока. Уравнение баланса мощностей. Потенциальная диаграмма.

**Тема 3.** Методы расчета разветвленных электрических цепей. Законы Кирхгофа и их применение для расчета электрических цепей. Преобразование схем электрических цепей: преобразование последовательно и параллельно соединенных пассивных и активных элементов. Взаимное преобразование схем соединения элементов «звездой» и «треугольником». Метод контурных токов, метод узловых потенциалов, метод наложения. Пассивный и активный двухполюсники, метод эквивалентного генератора. Свойство взаимности. Теорема компенсации.

## **Раздел 2. Линейные электрические цепи синусоидального тока.**

**Тема 1.** Синусоидальные токи и напряжения. Мгновенное значение синусоидальных токов и напряжений. Получение синусоидальной ЭДС, синхронный генератор. Амплитуда, частота, период, начальная фаза, угол сдвига фаз. Действующее и среднее значение синусоидальных токов и напряжений. Векторное представление синусоидальных функций времени, векторные диаграммы. Представление синусоидальных токов и напряжений комплексными числами.

**Тема 2.** Основные элементы цепи синусоидального тока. Резистор в цепи синусоидального тока. Расчет тока. Мгновенная и активная мощность. Индуктивный элемент в цепи синусоидального тока. Расчет тока. Реактивное сопротивление. Мгновенная и реактивная мощность. Емкостной элемент в цепи синусоидального тока. Расчет тока. Мгновенная и реактивная мощность.

**Тема 3.** Комплексный метод расчета цепей синусоидального тока. Расчет цепи синусоидального тока с последовательным и с параллельным соединением элементов  $R$ - $L$ - $C$ . Активное, реактивное, полное и комплексное сопротивления и проводимости. Активная, реактивная, полная и комплексная мощности. Баланс мощностей. Топографическая диаграмма цепи. Расчет разветвленных цепей синусоидального тока. Резонансы в электрических цепях

**Тема 4.** Индуктивно связанные цепи. Взаимная индукция и взаимная индуктивность. ЭДС и напряжение взаимной индукции. Коэффициент индуктивной связи. Расчет индуктивно связанных цепей. Экспериментальное определение взаимной индуктивности и одноименных полюсов катушек индуктивности.

## **Раздел 3. Трехфазные цепи.**

**Тема 1.** Трехфазная система ЭДС. Понятие о многофазных электрических цепях. Получение трехфазной системы ЭДС. Трехфазный источник. Фазные и линейные напряжения.

**Тема 2.** Схемы соединения и расчет трехфазных цепей. Трехфазные цепи при соединении нагрузки звездой: расчет, векторные и топографические диаграммы. Трехфазные цепи при соединении нагрузки треугольником: расчет, векторные и топографические диаграммы. Мощности в трехфазных цепях. Расчет разветвленных трехфазных цепей

**Тема 3.** Метод симметричных составляющих расчета трехфазных цепей. Несимметричный трехфазный источник. Разложение несимметричных фазных и линейных напряжений на симметричные составляющие. Расчет трехфазных цепей с несимметричным трехфазным источником.

## **Раздел 4. Двухполюсники и четырехполюсники**

**Тема 1.** Пассивные двухполюсники. Эквивалентные схемы замещения пассивных двухполюсников и расчет их параметров. Экспериментальное определение параметров

**Тема 2.** Пассивные четырехполюсники. Режимы работы четырехполюсников. Уравнения четырехполюсников. Коэффициенты четырехполюсников и их определение. Передаточные функции четырехполюсников. Эквивалентные схемы замещения четырехполюсников.

## **Раздел 5. Электрические цепи с несинусоидальными ЭДС, напряжениями и токами.**

**Тема 1.** Разложение не синусоидальных периодических функций времени в тригонометрический ряд. Основные характеристики не синусоидальных функций времени. Действующее и средние значения не синусоидального тока и напряжения.

**Тема 2.** Расчет однофазных цепей несинусоидального тока. Метод наложения расчета цепей несинусоидального тока. Мощности цепи не синусоидального тока.

**Тема 3.** Высшие гармоники в трехфазных цепях. Причины и последствия не синусоидальности напряжений трехфазного источника ЭДС. Разложение фазных и линейных напряжений трехфазного источника с несинусоидальными ЭДС на гармонические составляющие прямой, обратной и нулевой последовательности. Расчет симметричных трехфазных цепей с несинусоидальным источником ЭДС.

#### **Раздел 6. Переходные процессы в электрических цепях.**

**Тема 1.** Задача и методы расчета переходных процессов. Возникновение переходных процессов. Законы коммутации. Начальные условия. Установившаяся и свободная составляющая переходного процесса. Методы расчета переходных процессов.

**Тема 2.** Классический метод расчета переходных процессов. Расчет переходных процессов в не разветвленных цепях первого порядка. Расчет переходных процессов в разветвленных цепях первого порядка. Расчет переходных процессов в цепях второго порядка.

#### **Раздел 7. Нелинейные электрические цепи.**

**Тема 1.** Нелинейные электрические цепи постоянного тока. Нелинейные элементы и нелинейные цепи. Нелинейные резисторы и их характеристики. Графические и аналитические методы расчета нелинейных цепей постоянного тока.

**Тема 2.** Нелинейные электрические цепи переменного тока. Нелинейные электрические цепи переменного тока: нелинейная катушка индуктивности и нелинейный конденсатор. Расчет нелинейных электрических цепей переменного тока графическими и аналитическими методами.

#### **Раздел 8. Электромагнитное поле. Магнитные и электростатические цепи**

**Тема 1.** Магнитное поле. Магнитные цепи. Основные характеристики магнитного поля. Ферромагнитные материалы и их характеристики. Нелинейные и линейные магнитные сопротивления. Электрические схемы замещения магнитных цепей. Основные законы магнитных цепей при постоянных магнитных потоках. Расчет магнитных цепей при постоянных магнитных потоках. Задача анализа и задача синтеза. Магнитные цепи при переменных магнитных потоках. Характеристики нелинейной катушки индуктивности в цепи переменного тока. Расчет тока в идеальной нелинейной катушке графическим и аналитическим методом. Схемы замещения. Векторные диаграммы. Расчет тока в нелинейной катушке индуктивности с реальным магнитопроводом. Параметры эквивалентных схем замещения реальных нелинейных катушек индуктивности.

**Тема 2.** Электрическое поле и электростатические цепи. Основные величины, характеризующие электрическое поле. Характеристики вещества в электрическом поле. Электрическое электростатическое поле. Энергия электростатического поля. Механические силы в электростатическом поле. Электростатические цепи. Методы расчета, преобразования и аналогия электростатических цепей с цепями постоянного тока.

**Тема 3.** Переменное электромагнитное поле. Полный электрический ток и его плотность. Уравнения Максвелла. Переменное электромагнитное поле в диэлектрике, в диэлектрике с потерями и в проводящей среде

#### **Раздел 9. Электрические цепи с распределенными параметрами. Длинные линии.**

**Тема 1.** Уравнения длинных линий. Длинная линия как электрическая цепь с распределенными параметрами. Схема замещения длинной линии. Первичные параметры. Уравнения длинной линии в частных производных и в комплексной форме. Вторичные параметры. Задачи расчета длинной линии. Решение уравнений длинных линий.

**Тема 2.** Основные параметры и характеристики длинных линий. Волновое сопротивление. Коэффициент затухания, коэффициент фазы, коэффициент распространения. Фазовая скорость и длина волны. Коэффициент отражения. Входное сопротивление. Длинные линии без искажений и их параметры. Длинные линии без потерь.

### 4.3 Лекции/лабораторные занятия/практические занятия

Таблица 4

#### Содержание лекций/лабораторных работ/ практических занятий и контрольные мероприятия

№ п/п	№ раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических занятий	Формируемая компетенция (индикатор достижения компетенции)	Вид контрольного мероприятия	Кол. час.
Семестр №3					
Раздел 1. Линейные электрические цепи постоянного тока					18
1.	Тема 1. Электрическая цепь и ее основные элементы.	Лекция №1. Физические процессы в электрических цепях. Электрический ток, потенциал, ЭДС, напряжение.	УК-1(УК-1.2, УК-1.3), ОПК-3		2
2.		Лабораторная работа №1. Измерение параметров линейной электрической цепи постоянного тока, в программе-Simulink	(ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК-3.4), ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3).	Защита отчета по Лаб. раб. №1	2
3.	Тема 2. Основные законы электрических цепей.	Лекция №2. Основные законы электрических цепей. Баланса мощностей. Потенциальная диаграмма.	УК-1(УК-1.1, УК-1.2), ОПК-3		2
4.		Практическое занятие №1. Расчет неразветвленных цепей постоянного тока.	(ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК-3.4), ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3).	Дискуссия..	2
5.	Тема 3. Методы расчета разветвленных электрических цепей.	Лекция №3.Законы Кирхгофа и их применение для расчета электрических цепей. Преобразование схем электрических цепей. Теорема компенсации.	УК-1(УК-1.1, УК-1.2), ОПК-3 (ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК-3.4), ОПК-4		4
7.		Практическое занятие № 2. Расчет разветвленных цепей постоянного тока.	(ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК-3.4), ОПК-4	Дискуссия.	2
8.		Лабораторная работа №2. Метод эквивалентного генератора, в программе Workbench,	(ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3).	Защита отчета по Лаб. раб. №2	2
Раздел 2. Линейные электрические цепи синусоидального тока.					26
9.	Тема 1. Синусоидальные токи и напряжения.	Лекция №5. Синусоидальные функции времени и их характеристики. Значения синусоидальных токов и напряжений.	УК-1(УК-1.1, УК-1.2), ОПК-3		2

10.		<u>Практическое занятие №2.</u> Характеристики и значения синусоидальных токов и напряжений.	(ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК-3.4), ОПК-4	Дискуссия. Устный опрос. Решение задач.	2
11.	<b>Тема 2.</b> Основные элементы цепи синусоидального тока.	<u>Лекция №6.</u> Резистор, индуктивный и емкостной элементы в цепи синусоидального тока.	(ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3).		2
12.	<b>Тема 3.</b> Комплексный метод расчета цепей синусоидального тока.	<u>Лекция №7.</u> Расчет цепи синусоидального тока с последовательным и с параллельным соединением элементов <i>R-L-C</i> .	УК-1(УК-1.1, УК-1.2), ОПК-3 (ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК-3.4), ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3).		2
13.		<u>Лекция №8.</u> Мощности в цепи синусоидального тока. Баланс мощностей. Топографическая диаграмма цепи.			2
14.		<u>Практическое занятие №2.</u> Расчет цепи синусоидального тока с последовательным и с параллельным соединением элементов <i>R-L-C</i> .		Дискуссия..	2
15.		<u>Лабораторная работа № 1.</u> Исследование характеристик простых цепей синусоидального тока, в программе Workbench,		Защита отчета по Лаб. раб. №1	2
16.		<u>Лекция №9.</u> Резонансы в электрических цепях.			2
17.		<u>Лабораторная работа № 2.</u> Исследование резонансов в электрических цепях, в программе Workbench,		Защита отчета по Лаб. раб. №2	4
18.		<u>Лекция №10.</u> Расчет разветвленных цепей синусоидального тока.			2
19.	<b>Тема 4.</b> Индуктивно связанные цепи.	<u>Лекция №11.</u> Взаимная индукция и взаимная индуктивность.		Дискуссия.	2
20.		<u>Практическое занятие №3.</u> Расчет индуктивно связанных цепей.			2
<b>Раздел 3. Трехфазные цепи</b>					<b>14</b>
21.	<b>Тема 1.</b> Трехфазная система ЭДС.	<u>Лекция №12.</u> Понятие о многофазных электрических цепях. Трехфазный источник. Фазные и линейные напряжения.	УК-1(УК-1.1, УК-1.2), ОПК-3 (ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК-3.4), ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3).		2

22.	Тема 2. Схемы соединения и расчет трехфазных цепей.	Лекция №13. Трехфазные цепи при соединении нагрузки звездой и треугольником. Расчет разветвленных трехфазных цепей.	УК-1(УК-1.1, УК-1.2), ОПК-3 (ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК-3.4), ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3).		2
23.		Практическое занятие №1. Расчет симметричных и несимметричных трехфазных цепей.		Дискуссия.	2
24.		Лабораторная работа №1. Исследование трехфазных цепей, в программе Workbench,		Защита отчета по Лаб. раб. №1.	4
25.	Тема 3. Метод симметричных составляющих расчета трехфазных цепей.	Лекция №14. Несимметричный трехфазный источник. Разложение несимметричных фазных и линейных напряжений на симметричные составляющие.	УК-1(УК-1.1, УК-1.2), ОПК-3 (ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК-3.4), ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3).		2
26.		Практическое занятие №2. Расчет трехфазных цепей с несимметричным источником.		Дискуссия.	2
		Лекция №15. Расчет трехфазных сетей методом симметричных составляющих			2
Раздел 4. Двухполюсники и четырехполюсники					8
27.	Тема 1. Пассивные двухполюсники.	Лекция №16. Эквивалентные схемы замещения пассивных двухполюсников.	УК-1(УК-1.1, УК-1.2), ОПК-3 (ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК-3.4), ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3).		2
28.		Лабораторная работа №1. Исследование пассивных двухполюсников, в программе Workbench,		Защита отчета по Лаб. раб. №1.	2
29.	Тема 2. Пассивные четырехполюсники.	Лекция №17. Уравнения четырехполюсников. Коэффициенты четырехполюсников и их определение.	УК-1(УК-1.1, УК-1.2), ОПК-3 (ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК-3.4), ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3).		2
30.		Практическое занятие №1. Расчет параметров эквивалентных схем замещения четырехполюсников.		Дискуссия.	2
Раздел 5. Электрические цепи с несинусоидальными ЭДС, напряжениями и токами.					

31.	<b>Тема 1.</b> Разложение не синусоидальных периодических функций времени в тригонометрический ряд.	<u>Лекция №1.</u> Разложение несинусоидальных периодических функций времени в тригонометрический ряд Эйлера-Фурье. Основные характеристики не синусоидальных функций времени.	УК-1(УК-1.1, УК-1.2), ОПК-3 (ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК-3.4), ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3).		2
32.	<b>Тема 2.</b> Расчет однофазных цепей несинусоидального тока	<u>Лекция №2.</u> Метод наложения расчета цепей несинусоидального тока. Мощности цепи не синусоидального тока.	УК-1(УК-1.1, УК-1.2), ОПК-3 (ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК-3.4), ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3).		2
33.		<u>Практическое занятие №1.</u> Расчет однофазной цепи несинусоидального тока.		Дискуссия..	4
34.		<u>Лабораторная работа №1.</u> Исследование цепи несинусоидальной тока, в программе Workbench,		Защита отчета по Лаб. раб. №1.	2
35.	<b>Тема 3.</b> Высшие гармоники в трехфазных цепях.	<u>Лекция №3.</u> Расчет симметричных трехфазных цепей с несинусоидальным источником ЭДС.	УК-1(УК-1.1, УК-1.2), ОПК-3 (ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК-3.4), ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3).		2
36.		<u>Практическое занятие №2.</u> Расчет трехфазных цепей несинусоидального тока.		Дискуссия.	2
Раздел 6. Переходные процессы в электрических цепях					
37.	<b>Тема 1.</b> Задача и методы расчета переходных процессов.	<u>Лекция № 4.</u> Возникновение переходных процессов. Законы коммутации. Начальные условия.			2
38.	<b>Тема 2.</b> Классический метод расчета переходных процессов.	<u>Лекция №5.</u> Расчет переходных процессов в цепях первого порядка.	УК-1(УК-1.1, УК-1.2), ОПК-3 (ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК-3.4), ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3).		2
39.		<u>Лабораторная работа №2.</u> Исследование переходных процессов в цепях первого порядка, в программе Workbench,		Защита отчета по Лаб. раб. №1.	4
40.		<u>Лекция №6.</u> Расчет переходных процессов в цепях второго порядка.			2
41.		<u>Практическое занятие №3.</u>		Дискуссия.	2

		Расчет переходных процессов в цепях второго порядка			
42		Лабораторная работа №3. Исследование переходных процессов в цепях второго порядка, в программе Workbench,		Защита отчета по Лаб. раб. №2.	4
43.		Практическое занятие №4. Расчет переходных процессов в трехфазных цепях.		Дискуссия.	2
Раздел 7.Нелинейные электрические цепи.					
44	Тема 1. Нелинейные электрические цепи постоянного тока.	Лекция №7. Нелинейные элементы и нелинейные цепи. Нелинейные резисторы и их характеристики. Графические методы расчета.	УК-1(УК-1.1, УК-1.2), ОПК-3 (ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК-3.4), ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3).		2
45.		Практическое занятие №5. Расчет нелинейных цепей постоянного тока.		Дискуссия.	2
46.		Лабораторная работа № 4. Исследование нелинейных цепей постоянного тока, в программе Workbench,		Защита отчета по Лаб. раб.№1	2
47.		Лекция № 8.Методы линеаризации характеристик нелинейных элементов. Аналитические методы расчета нелинейных цепей.			2
48.	Тема 2. Нелинейные электрические цепи переменного тока.	Лекция № 9. Расчет нелинейных электрических цепей переменного тока.			2
49.		Лабораторная работа № 5. Исследование нелинейных цепей переменного тока, в программе Workbench,		Защита отчета по Лаб. раб.№2.	4
Раздел 8. Электромагнитное поле. Магнитные и электростатические цепи					
50	Тема 1. Магнитное поле. Магнитные цепи.	Лекция №10. Основные характеристики магнитного поля. Основные законы магнитных цепей.	УК-1(УК-1.1, УК-1.2), ОПК-3 (ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК-3.4), ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3).		2
51		Лекция №11. Задачи по анализу и синтезу магнитных цепей.			2
52		Лекция №12. Магнитные цепи при переменных магнитных потоках			2
53		Практическое занятие № 6. Расчет магнитных цепей при постоянных магнитных потоках		Дискуссия.	2
54	Тема 2. Электрическое поле и электростатические цепи	Лекция № 13.Электрические и электростатические поля. Методы расчета, преобразования и аналогия электростатических цепей с цепями постоянного тока			2



55	<b>Тема 3.</b> Переменное электромагнитное поле.	<u>Лекция № 14.</u> Переменное электромагнитное поле в диэлектрике, в диэлектрике с потерями и в проводящей среде			2
<b>Раздел 9. Электрические цепи с распределенными параметрами. Длинные линии.</b>					
56.	<b>Тема 1.</b> Уравнения длинных линий.	<u>Лекция №15.</u> Длинная линия как электрическая цепь с распределенными параметрами. Схема замещения длинной линии. Первичные параметры длинной линии. Решение уравнений длинных линий	УК-1(УК-1.1, УК-1.2), ОПК-3 (ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК-3.4), ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3).		2
57.	<b>Тема 2.</b> Основные параметры и характеристики длинных линий.	<u>Лекция №16.</u> Вторичные параметры. Длинные линии без искажений и длинные линии без потерь.			2
58		<u>Практическое занятие №7.</u> Расчет параметров длинных линий.		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. Линейные электрические цепи постоянного тока.</b>		
<b>1.</b>	<b>Тема 1.</b> Электрическая цепь и ее основные элементы.	Внешние характеристики источников электрической энергии
	<b>Тема 3.</b> Методы расчета разветвленных электрических цепей.	Расчет эквивалентных сопротивлений
<b>Раздел 2. Линейные электрические цепи синусоидального тока.</b>		
<b>2.</b>	<b>Тема 2.</b> Основные элементы цепи синусоидального тока.	Резонансы в реальных колебательных контурах. Полоса пропускания колебательных контуров
	<b>Тема 3.</b> Комплексный метод расчета цепей синусоидального тока.	Взаимное преобразование цепи с последовательным и параллельным соединением элементов $R-L-C$
	<b>Тема 4.</b> Индуктивно связанные цепи.	Методы определения одноименных полюсов и взаимной индуктивности
<b>Раздел 3. Трехфазные цепи.</b>		
<b>3.</b>	<b>Тема 2.</b> Схемы соединения и расчет трехфазных цепей	Расчет и анализ аварийных режимов работы трехфазных цепей. Методы измерения активной и реактивной мощности в трехфазных цепях. Расчет разветвленных трехфазных цепей.

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
<b>Раздел 4. Двухполюсники и четырехполюсники</b>		
4.	<b>Тема 1.</b> Пассивные двухполюсники.	Частотные и фазовые характеристики двухполюсников.
	<b>Тема 2.</b> Пассивные четырехполюсники.	Передаточные функции и характеристические сопротивления пассивных четырехполюсников.
<b>Раздел 5. Электрические цепи с несинусоидальными ЭДС, напряжениями и токами</b>		
5.	<b>Тема 1.</b> Разложение не синусоидальных периодических функций времени в тригонометрический ряд	Частотные и фазовые спектры. Генераторы гармоник.
	<b>Тема 2.</b> Расчет однофазных цепей не синусоидального тока	Количественная оценка степени не синусоидальности не синусоидальных периодических функций времени.
	<b>Тема 3.</b> Высшие гармоники в трехфазных цепях.	Количественные характеристики степени не синусоидальности фазных и линейных напряжений. ОПК-6 (ОПК-6.1
<b>Раздел 6. Переходные процессы в электрических цепях.</b>		
6.	<b>Тема 2.</b> Классический метод расчета переходных процессов.	Расчет переходных процессов при не корректных коммутациях (цепи $R-L$ , $R-C$ ).
<b>Раздел 7. Нелинейные электрические цепи.</b>		
7.	<b>Тема 1.</b> Нелинейные электрические цепи постоянного тока.	Методы линеаризации ВАХ нелинейных резисторов. Расчет разветвленных нелинейных электрических цепей постоянного тока. ОПК-6 (ОПК-6.1
	<b>Тема 2.</b> Нелинейные электрические цепи переменного тока.	Расчет разветвленных нелинейных электрических цепей переменного тока
<b>Раздел 8. Электромагнитное поле. Магнитные и электростатические цепи</b>		
8	<b>Тема 1.</b> Магнитное поле. Магнитные цепи	Расчет разветвленных магнитных цепей постоянного тока.
	<b>Тема 2.</b> Электрическое поле и электростатические цепи	Методы расчета электростатических цепей
	<b>Тема 3.</b> Переменное электромагнитное поле.	Полный электрический ток и его плотность. Уравнения Максвелла
<b>Раздел 9. Электрические цепи с распределенными параметрами. Длинные линии.</b>		
9	<b>Тема 1.</b> Уравнения длинных линий.	Уравнения длинной линии в гиперболических функциях.

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
	<b>Тема 2. Основные параметры и характеристики длинных линий.</b>	Режим стоячих волн в длинных линиях.

## 5. Образовательные технологии

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

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, зачет, экзамен;
- основные формы практического обучения: практические занятия, лабораторные работы;
- дополнительные формы организации обучения: дополнительная форма организации обучения — 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).

Занятия целесообразно проводить в интерактивной форме – дискуссии, решение типовых задач, совместная работа студентов в группе при проведении практических занятий и выполнения лабораторных работ, междисциплинарное обучение – подготовка студенческих докладов, разбор конкретных ситуаций.

Например, первый час каждого занятия – в форме объяснения преподавателем решения типовых задач. После этого следует выдавать индивидуальные задания. Второй час каждого занятия проводится в интерактивной форме. Для этого предложить студентам выполнить решение типовых задач или ответить на вопросы дискуссии. Преподаватель оценивает выполнение и проводит анализ результатов.

Таблица 6

п/п	Тема и форма занятия	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
1.	Современный пульт диспетчерского управления	3 Выездное занятие на объект ПАО «Россети», АО ОЭК.
2.	Подстанция 220/10 кВ	3 Выездное занятие на объект ПАО «Россети», АО ОЭК.

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

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

- текущий,
- промежуточный.

**Текущий контроль** знаний предполагает посещение лекций, устные ответы студентов на вопросы на практических занятиях, защита лабораторных работ, решение типовых задач, защита расчетно-графической работы проведение дискуссий.

### **Промежуточный контроль знаний: экзамен.**

В учебном процессе 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 четырех бальной шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Для допуска к дифференциальному зачету по курсу в третьем семестре необходимо выполнить учебный план по дисциплине, включающий в себя посещение лекций, практических занятий, выполнить и защитить лабораторные работы, выполнить и защитить курсовую работу.

Для допуска к экзамену по курсу в четвертом семестре необходимо выполнить учебный план по дисциплине, включающий в себя посещение лекций, практических занятий, выполнить и защитить лабораторные работы, выполнить и защитить расчетно-графическую работу.

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

**Примерная тематика РГР:** «Расчет переходных процессов в трехфазных цепях» (по вариантам).

#### **Темы дискуссий по разделу 1. Линейные электрические цепи постоянного тока.**

Вопросы дискуссии по теме 3. Методы расчета разветвленных электрических цепей.

1. Сколько уравнений следует составить по законам Кирхгофа для расчета разветвленных электрических цепей?
2. Сколько уравнений следует составить при использовании метода контурных токов?
3. Сколько уравнений следует составить при использовании метода узловых потенциалов?
4. В чем состоит метод компенсации и его назначение.
5. Практическое значение потенциальной диаграммы.

#### **Типовые задачи по разделу 1. Линейные электрические цепи постоянного тока.**

Для заданной цепи:

- 1) определить ток цепи;
- 2) определить напряжение  $U_{ad}$ ;
- 3) рассчитать и построить потенциальную диаграмму;
- 4) проверить выполнение баланса мощностей.

**3. Пример заданий и вопросов при защите лабораторной работы для текущего контроля знаний обучающихся.**

#### **Лабораторные работы по разделу 2. Линейные электрические цепи синусоидального тока.**

**Лабораторная работа № 1. «Исследование характеристик простых цепей синусоидального тока».**

1. Исследовать зависимость сопротивлений реактивных элементов от частоты.
2. Экспериментально определить углы сдвига фаз активно-реактивных цепей.
3. Сравнить экспериментальные данные с результатами расчетов.

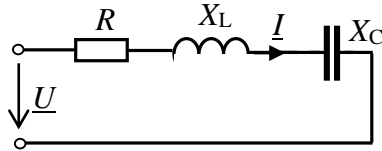
На защите лабораторной работы студент должен предъявить преподавателю отчет по лабораторной работе, содержащий:

1. Фамилию, имя, отчество студента и номер его группы.
2. Название лабораторной работы, схему измерений.
3. Результаты исследования в виде таблиц, графиков, векторных диаграмм.

Выводы по полученным результатам

Задания и контрольные вопросы при защите лабораторной работы.

1. Что характеризует угол  $\varphi$ ?
2. Запишите комплексные сопротивления  $Z_1 = -10 + j10$  и  $Z_2 = 10 - j10$  в показательной форме.
3. Дополните: сопротивление катушки индуктивностью  $L$  при частоте  $f$  синусоидального тока равно  $X_L =$  \_\_\_\_\_, конденсатора емкостью  $C$   $X_C =$  \_\_\_\_\_.
4. Напишите формулу полного сопротивления этой цепи:  $Z =$  \_\_\_\_\_.



5. В схеме последовательного колебательного контура  $u = 100 \sin 314t$ ,  $I = 2 \sin 314t$ ,  $R = X_L = 100$  Ом. Определить емкость конденсатора.
6. Определить действующее напряжение источника в схеме последовательного колебательного контура при  $U_R = 100$  В,  $U_L = 200$  В,  $U_C = 80$  В.
7. В схеме параллельного колебательного контура  $\underline{U} = j100$  В,  $I_R = 10$  А,  $I_L = 20$  А,  $I_C = 40$  А. Построить векторную диаграмму цепи.
8. Что покажет ваттметр на входе схемы параллельного колебательного контура при  $R_2 = 100$  Ом и  $I_2 = I_3 = I_4 = 1$  А?
9. Установите соотношение между мощностями в цепи с последовательным соединением элементов  $R$ - $L$ - $C$  в момент резонанса.

4. Пример перечня вопросов для устного опроса.

#### **Раздел 1. Линейные электрические цепи постоянного тока.**

Тема 1. Расчет неразветвленных цепей постоянного тока.

1. Какую цепь называют неразветвленной?
  2. Что называют активным и пассивным участком цепи?
  3. Порядок составления уравнения баланса мощностей
  4. Порядок расчета и построения потенциальной диаграммы цепи.
  5. Расчет параметров активного участка цепи.
  6. В каких единицах измеряются токи, напряжения?
  7. В каких единицах измеряются сопротивления проводимости, напряжения?
  8. Какое внутреннее сопротивление имеет амперметр, почему?
  9. Какое внутреннее сопротивление имеет вольтметр, почему?
  10. Как следует включить амперметр для измерения тока на участке цепи?
  11. Как следует включить вольтметр для измерения напряжения на участке цепи?
6. Примерный перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию (зачет, экзамен):

#### **Вопросы к экзамену**

1. Обобщенный закон Ома и его применение для расчета электрических цепей постоянного тока (на примере простой цепи постоянного тока).
2. Законы Кирхгофа и их применение для расчета электрических цепей (на примере разветвленной цепи синусоидального тока)
3. Метод контурных токов и его применение для расчета цепей синусоидального тока (на примере разветвленной цепи синусоидального тока).
4. Метод узловых потенциалов и его применение для расчета электрических цепей (на примере разветвленной цепи синусоидального тока).
5. Расчет электрической цепи методом наложения (на примере цепи постоянного тока)

6. Метод эквивалентных преобразований и его применение для расчета электрических цепей постоянного и синусоидального тока: преобразование пассивных и активных элементов.
7. Синусоидальный ток и синусоидальное напряжение. Мгновенное, среднее и действующее значения синусоидального тока и напряжения.
8. Мощности в цепи синусоидального тока. Мгновенная и активная мощность. Векторная диаграмма.
9. Резистор и индуктивная катушка в цепи синусоидального тока. ЭДС самоиндукции, напряжение на катушке, мгновенная мощность и реактивная мощность, векторная диаграмма.
10. Резистор и конденсатор в цепи синусоидального тока, напряжение на конденсаторе, мгновенная и реактивная мощность, векторная диаграмма..
11. Комплексный метод расчета цепей синусоидального тока (на примере цепи с последовательным соединением элементов  $R$ ,  $L$ ,  $C$ ).
12. Последовательное соединение резистора, индуктивной катушки и конденсатора. Уравнение второго закона Кирхгофа в дифференциальной и комплексной формах, закон Ома. Топографическая диаграмма цепи.
13. Последовательное соединение резистора, индуктивной катушки и конденсатора. Векторная диаграмма. Активное, реактивное, полное и комплексное сопротивление цепи.
14. Параллельное соединение резистора, индуктивной катушки и конденсатора. Векторная диаграмма, треугольники проводимостей и мощностей.
15. Резонанс напряжений. Векторная диаграмма. Частотные характеристики и резонансные кривые последовательного колебательного контура.
16. Резонанс токов. Векторная диаграмма. Частотные характеристики и резонансные кривые параллельного колебательного контура.
17. Индуктивно связанные цепи. Явление взаимной индукции. ЭДС и напряжение взаимной индукции. Взаимная индуктивность.
18. Последовательное и параллельное соединение двух индуктивно связанных катушек: расчет цепи, топографическая диаграмма.
19. Получение трёхфазной системы ЭДС. Трёхфазный источник, фазные и линейные напряжения источника, векторная и топографическая диаграмма. Виды схем трёхфазных цепей.
20. Расчет симметричной и несимметричной четырехпроводной трехфазной цепи без нагрузки в нейтральном проводе. Векторная диаграмма цепи.
21. Расчет трёхфазной цепи с несимметричной нагрузкой, соединённой звездой без нейтрального провода. Векторная диаграмма цепи.
22. Расчет трёхфазной цепи с симметричной и несимметричной нагрузкой, соединённой треугольником. Векторная диаграмма цепи.
23. Расчет трёхфазной цепи с несимметричной нагрузкой, соединённой звездой с нагрузкой в нейтральном проводе.
24. Активная, реактивная, полная и комплексная мощность в трехфазных цепях.
25. Разложение не симметричных векторных величин на симметричные составляющие.
26. Расчет симметричной трехфазной цепи с не симметричным источником при соединении нагрузки "треугольником".
27. Расчет симметричной трехфазной цепи с не симметричным источником при соединении нагрузки "звездой".
28. Двухполюсники и их схемы замещения
29. Экспериментальное определение параметров схем замещения двухполюсников.
30. Четырехполюсники. Уравнения и коэффициенты четырехполюсника.
34. Экспериментальное определение коэффициентов четырехполюсника.

35. Эквивалентная Т-образная и П-образная схема замещения четырехполюсника.
1. Представление несинусоидальных периодических функций времени тригонометрическим рядом Эйлера-Фурье. Коэффициенты Фурье и их определение.
  2. Расчёт однофазных цепей с несинусоидальными ЭДС и токами (на примере цепи с последовательным соединением элементов  $R, L, C$ ).
  3. Высшие гармоники в трехфазных цепях. Симметричные составляющие фазных и линейных напряжений трехфазного источника.
  4. Расчет симметричной трехфазной цепи с не синусоидальным источником при соединении нагрузки "звездой".
  5. Расчет симметричной трехфазной цепи с не синусоидальным источником при соединении нагрузки "треугольником".
  6. Нелинейные элементы, их свойства и основные характеристики. Методы расчета нелинейных цепей.
  7. Статическое и дифференциальное сопротивление нелинейного резистора.
  8. Графический метод расчета нелинейных цепей постоянного тока при последовательном, параллельном и смешанном соединении элементов.
  9. Линеаризация характеристик нелинейных элементов. Эквивалентные линейные схемы нелинейных элементов.
  10. Аналитическая аппроксимация нелинейных характеристик. Метод наименьших квадратов определения коэффициентов аппроксимации.
  11. Нелинейные элементы в цепях переменного тока и их основные характеристики.
  12. Магнитная цепь и ее элементы. Основные величины, характеризующие магнитное поле.
  13. Ферромагнитные материалы. Основные параметры и характеристики ферромагнитных материалов. Кривая первоначального намагничивания.
  14. Ферромагнитные материалы. Основные параметры и характеристики ферромагнитных материалов. Петли гистерезиса.
  15. Магнитное напряжение и магнитное сопротивление. Закон Ома для магнитной цепи.
  15. Законы магнитной цепи. Аналогия между магнитной и электрической цепью.
  17. Расчет неразветвленных магнитных цепей. Задача синтеза магнитной цепи (на примере не разветвленной магнитной цепи).
  18. Расчет неразветвленных магнитных цепей. Задача анализа магнитной цепи. Графоаналитический метод (на примере не разветвленной магнитной цепи).
  19. Нелинейная цепь переменного тока. Нелинейная катушка индуктивности и ее характеристики в цепи переменного тока. Вебер-амперная характеристика нелинейной катушки и ее построение.
  20. Расчет тока в идеальной катушке индуктивности с нелинейной вебер-амперной характеристикой. Эквивалентная синусоида.
  21. Расчет тока в реальной катушке индуктивности с нелинейной вебер-амперной характеристикой с учетом потерь в стали.
  22. Возникновение переходных процессов. Законы коммутации. Начальные условия.
  23. Классический метод расчета переходного процесса. Расчет переходных процессов в неразветвленных цепях 1-го порядка (включение цепи  $R-L$  на постоянное и синусоидальное напряжение).
  24. Классический метод расчета переходного процесса. Расчет переходных процессов в неразветвленных цепях 1-го порядка (включение цепи  $R-C$  на постоянное и синусоидальное напряжение).

25. Переходные процессы в неразветвленной цепи второго порядка (включение цепи  $R, L, C$  на постоянное напряжение).
26. Переходные процессы в разветвленной цепи 1-го порядка.
27. Цепи с распределенными параметрами. Схема замещения. Первичные и вторичные параметры длинной линии и их физическое содержание.
28. Уравнения длинной линии в комплексной форме и их решение при заданных параметрах в начале и в конце линии. Режим смешанных волн.
29. Вторичные параметры длинной линии (коэффициент затухания, коэффициент фазы).

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

Для допуска к зачету и к экзамену по дисциплине «Основы электротехники» необходимо выполнить учебный план по дисциплине, включающий в себя посещение лекций, практических занятий, защиту отчетов по ЛР, выполнение и защиту КР.

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине 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 четырех бальной шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» (табл. 7)

Таблица 7

Критерии оценивания результатов обучения (экзамен, зачет с оценкой)	
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 курсовую 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.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» 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 курсовую работу; усвоивший основную литературу, рекомендованную программой дисциплины; обладающий основными профессиональными компетенциями; в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал только по обязательному минимуму содержания предмета, определенному программой дисциплины; выполнивший и защитивший курсовую работу; знания основной литературы, рекомендованной программой, отрывочны и не системны. Студент допускает не-



	точности 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.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» 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 курсовую работу; основная литература по проблемам курса не усвоена, практические навыки не сформированы.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **7.1 Основная литература**

1. Арсеньев Г.Н. Основы теории цепей: учебн. пособие / Г.Н. Арсеньев, В.Н. Бондаренко, И.А. Чепурнов. – М.: ФОРУМ, 2015. – 448 с.
2. Электротехника и электроника: учебник для академического бакалавриата / В.А. Кузовкин, В.В. Филатов. – М. :Юрайт, 2015. – 431 с.
3. Горбунов А.Н. Теоретические основы электротехники: учебник для вузов / А.Н. Горбунов, И.Д. Кабанов, А.В. Кравцов и др. 2-е изд., перераб. и доп. М.: УМЦ "Триада", 2005. – 304 с.
4. Соболев А. В. Теоретические основы электротехники. Сборник практических работ : учеб. пособие / А.В. Соболев, В.И. Загинайлов; М-во с.-х. РФ; РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. – М.: Издательство РГАУ - МСХА, 2016. – 164 с.:  
[<http://elib.timacad.ru/dl/Local/409.hdf>.]

### **7.2. Дополнительная литература**

- 1.Новожилов О.П. Электротехника (теория электрических цепей) : учебник для академического бакалавриата / О.П. Новожилов. - М. :Юрайт, 2014. – 644 с. - (Бакалавр. Академический курс).
2. Бакалов В.П. Основы анализа цепей: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений, обучающихся по напр. подготовки 210700 "Инфокоммуникационные техн. и системы связи" / В.П. Бакалов, О.Б. Журавлева, Б.И. Крук. 2-е изд., стер. – М.: Горячая линия-Телеком, 2014. – 592 с.
3. Соболев А. В. Теоретические основы электротехники : метод. указания / А.В. Соболев, В.И. Загинайлов, А.А. Меренков; М-во с.-х. РФ; РГАУ-МСХА им.К.А. Тимирязева; Энерг. фак. ; Каф. "Электроснабжения и электротехники им. акад. И.А. Будзко" . - М. : ФГБНУ "Росинформатех", 2017. - 72с. : табл., ил. - Библиогр.: с. 69.
4. Ляпин В.Г. Электротехника и электроника. Элементы, схемы, системы /В.Г. Ляпин, Г.С. Зиновьев, А.В. Соболев. М.: ООО «Репрт», 2018. – 184с.

Лабораторные работы выполняются в соответствии с «Журналом лабораторных работ» по дисциплине.

### **7.3. Нормативные правовые акты**

1. ГОСТ 2.702-2011 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Правила выполнения электрических схем.
2. ГОСТ 2.721-74 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения.
3. ГОСТ 2.728-74 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы.

4. ГОСТ 2.723-68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, автотрансформаторы и магнитные усилители.

5. ГОСТ 2.725-68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Устройства коммутирующие.

6. Развитие цифровой экономики в России. Программа до 2035 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 28.07.2017 № 1632-р. 2. ГОСТ 32144 2013.

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

Формами организации учебного процесса по дисциплине «Электротехника и электроника» являются лекции, лабораторные и практические занятия, консультации, самостоятельная работа студентов. Лекции проводятся на потоке, практические занятия в группах, лабораторные занятия в подгруппах. По курсу предусмотрено выполнение курсовой работы в 3 семестре и расчетно-графической работы в 4 семестре. На лекциях излагается теоретический материал, лабораторные и практические занятия проводятся для закрепления теоретических знаний.

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

1. <http://www.shat.ru> (Электронные учебные материалы по электротехнике, МАНиГ).
2. [http://window.edu.ru/window/library?p\\_rid=24979](http://window.edu.ru/window/library?p_rid=24979) (Электротехника и электроника. Трехфазные электрические цепи: учебное пособие) (открытый доступ).
3. <http://www.cnsbh.ru> . Электронный каталог центральной научной сельскохозяйственной библиотеке (ГН ЦНСХБ Россельхозакадемии) (открытый доступ).
4. <http://www.kodges.ru/> (тексты книг по электротехническим дисциплинам, в формате. pdf для бесплатного перекачивания) (открытый доступ).
5. <http://www.electrolibrary.info> (открытый доступ).
6. <http://opdo.timacad.ru/> Образовательный портал РГАУ МСХА им. К.А Тимирязева. Электронный ресурс кафедры «Электроснабжения и электротехники». Теоретические основы электротехники (открытый доступ).
7. <https://cyberleninka.ru> научная электронная библиотека «КиберЛенинка»

Таблица 8

#### 9. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Наименование программы <sup>1</sup>	Тип программы <sup>2</sup>	Автор
11	Раздел 1. «Основные законы и методы расчета электрических цепей»	Elcalc	Расчетная	Куракин А.С., Марченко А.П.
		МЭС	Моделирование электрических схем	НИИ мех.и мат. Гос. ун.г. Алма-Ата
		Workbench	Моделирование электрических схем	Sun Systems/Oracle
2		Elcalc	Расчетная	Куракин А.С., Марченко А.П.

	Раздел 2. «Методы расчета и исследования цепей синусоидального тока»	QBASIC	Обучающая	Меренков А.А. Соболев А.В.
		Workbench	Моделирование электрических схем	Sun Systems/Oracle
3	Раздел 3. «Методы анализа трехфазных цепей»	Elcalc	Расчетная	Куракин А.С., Марченко А.П.
		AutoCAD	Расчетная	Autodesk
		Workbench	Моделирование электрических схем	Sun Systems/Oracle
4	Раздел 4. Переходные процессы в электрических цепях»	Elcalc	Расчетная	Куракин А.С., Марченко А.П.
		QBASIC	Обучающая	Меренков А.А. Соболев А.В.
		Workbench	Моделирование электрических схем	Sun Systems/Oracle
5	Раздел 7. Нелинейные электрические цепи	QBASIC	Обучающая	Меренков А.А. Соболев А.В.
		Workbench	Моделирование электрических схем	Sun Systems/Oracle

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

Таблица 9

**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 № 106 учебная лаборатория для проведения занятий семинарского, лабораторно-практического типа, компьютерный класс с интерак- тивной доской	Инв. № 410124000602952 на весь компьютерный класс 1. Интерактивная доска 1 шт. 2. Системный блок 16 шт. 3. Монитор – 16 шт. 4 Парты – 18 шт. 5. Стулья – 32 шт. 6. Лабораторный стенд «Теория электрических це- пей» (Инв. № 410124000603063) 7. Доска меловая – 1 шт.
--	--

Для самостоятельной работы студентов используются ресурсы центральной научной библиотеки имени Н.И. Железнова, включающие 9 читательских залов, организованных по принципу открытого доступа и оснащенных Wi-Fi, Интернет-доступом, в том числе 5 компьютеризованных читальных залов, а также для самоподготовка в общежитиях №4 и №5.

### **11. Методические рекомендации студентам по освоению дисциплины**

Учебный курс «Основы электроника» является основополагающим для студентов, обучающихся по направлению 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, направленность Энергообеспечение предприятий В этом курсе студент получает знания о современных научно-инженерных решениях, используемых при расчете электромагнитных переходных процессов. Полученные знания необходимы студенту для успешной работы на производстве по выбранному направлению.

Методические рекомендации для успешного освоения студентом дисциплины «Электротехника и электроника» сводятся к следующему:

**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 домашних контрольных работ, выполнение курсовых работ.

При самостоятельной работе следует рекомендовать студентам использовать электронные учебные пособия.

Курсовую работу рекомендуется выполнять последовательно и систематически по мере изучения соответствующего раздела дисциплины. При возникновении трудностей следует обращаться к преподавателю.

### **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 практическое занятие, обязан получить у преподавателя индивидуальное задание, выполнить его и сдать.

Студент, пропустивший лабораторную работу, обязан ее отработать и защитить.

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

Формы организации учебного процесса по дисциплине «Основы электроника» являются лекции, лабораторные занятия, практические занятия, консультации, самостоятельная работа студентов.

Преподавание инженерной дисциплины «Основы электротехники» требует особых методических подходов вследствие специфики общей подготовки студентов.

Лекции являются одним из важнейших видов учебных занятий. Они должны дать систематизированные основы научных знаний по дисциплине, концентрировать внимание студентов на наиболее сложных и узловых вопросах.

Объем читаемых лекций определяется графиком изучения дисциплины. Каждая лекция должна делиться на три части: введение, основная часть (учебные вопросы) и заключение.

Лекции должны иметь логическую связь с ранее изученным материалом и быть ориентированы на последующее применение излагаемого материала.

Для этой цели во введении к лекции преподаватель формулирует тему, учебные вопросы, отражающие содержание лекции и четко определяет цель данной лекции. Начиная изложение рассматриваемого материала, преподаватель устанавливает логическую связь данной лекции с предыдущим материалом и изучаемыми ранее дисциплинами. Введение должно занимать не более 10 минут, но должно полностью подготовить студента к восприятию излагаемого далее основного содержания.

Поскольку объем лекций ограничен, то планируемый в лекциях материал должен отражать только основное содержание изучаемого вопроса, сочетаясь с примерами и, при необходимости, иллюстрируется плакатами и другими техническими средствами обучения. При этом не следует, по возможности, включать в лекцию громоздкие выводы, пояснения и тому подобный материал, однако в таких случаях необходимо обязательно указывать разделы рекомендуемой литературы, где можно получить убедительные ответы на возникшие вопросы. Кроме этого, в лекции обращается внимание студентов на те вопросы изучаемого материала, которые он должен изучить самостоятельно по указанной в методических указаниях по данной дисциплине литературе.

В заключительной части лекций преподаватель должен подвести итог и сформулировать общие выводы, вытекающие из содержания основной части лекции, и еще раз обратить внимание на тот объем материала, который подлежит самостоятельному изучению.

Самостоятельная работа студентов включает проработку лекционного материала, подготовку к лабораторным работам, выполнение КР, изучение дополнительной литературы, подготовку к сообщению на практических занятиях и конференциях.

Изучение курса сопровождается постоянным контролем самостоятельной работы студентов, разбором и обсуждением выполненных домашних заданий, с последующей корректировкой принятых ошибочных решений. Контроль выполнения индивидуальных домашних заданий осуществляет ведущий дисциплину преподаватель.

Преподавание дисциплины основано на максимальном использовании активных форм обучения и самостоятельной работы студентов. Под руководством преподавателя студенты должны самостоятельно осуществлять поиск необходимой информации и принимать обоснованные решения по конкретным ситуациям.

**Программу разработал:**

Савенко А.В., к.т.н., доцент \_\_\_\_\_