

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Парлюк Екатерина Сергеевна

Должность: И.о. директора института

Дата подписания: 17.09.2021 10:33:01

Уникальный программный ключ:

7823a3d3181287ca51a86a4c69d33e1779345d45

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 электротехники имени академика И.А. Будзко

УТВЕРЖДАЮ  
И.о. директора института механики и  
энергетики имени В.П. Горячкина  
И.Ю. Игнаткин  
« 18 » 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
Б1.О.26 «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ»**

для подготовки бакалавров  
(академический бакалавриат)

ФГОС ВО

Направление: 35.03.06 – Агроинженерия

Направленность: Электрооборудование и электротехнологии

Автоматизация и роботизация технологических процессов

Курс 3


Семестр 5

Форма обучения: Очная

Год начала подготовки: 2021

Москва, 2021

Разработчик: Лештаев О.В., ассистент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)


«26» 08 2021 г.

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

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

«26» 08 2024 г.

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

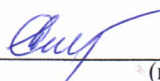
  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

«26» 08 2021 г.

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

Программа обсуждена на заседании кафедры ЭС и ЭТ им. акад. И.А. Будзко протокол № 1 от «26» 08 2021 г.

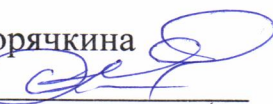
И.о. заведующего кафедрой Стушкина Н.А., к.т.н., доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

«26» 08 2021 г.

**Согласовано:**

Председатель учебно-методической  
комиссии института механики и энергетики имени В.П. Горячкина  
Чистова Я.С., к.п.н.,  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

«18» 10 2021 г.

Протокол № 3 « 18 » 10 2021 г.

Заведующий выпускающей кафедрой автоматизации  
и роботизации технологических процессов

имени академика И.Ф. Бородина Сторчевой В.Ф., д. т. н., профессор

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

Заведующий отделом комплектования ЦНБ Ермилова Я.В.  
(подпись)

## Содержание

|  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| <b>АННОТАЦИЯ</b> .....   | <b>4</b>                          |
| <b>1. ЦЕЛИ 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>5</b>                          |
| <b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....  | <b>8</b>                          |
| 4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ .....   | 8                                 |
| ПО СЕМЕСТРАМ .....   | 3                                 |
| 4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....  | 8                                 |
| 4.3 ЛЕКЦИИ/ЛАБОРАТОРНЫЕ/ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ .....   | 11                                |
| 4.4 САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ .....   | 14                                |
| <b>5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ</b> .....   | <b>14</b>                         |
| <b>6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....   | <b>15</b>                         |
| 6.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....                | 17                                |
| 6.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ.....   | 21                                |
| <b>7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....  | <b>22</b>                         |
| 7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА .....  | 22                                |
| 7.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА .....  | 23                                |
| 7.3 НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ.....   | 22                                |
| 7.4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ .....  | 23                                |
| <b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....                            | <b>23</b>                         |
| <b>9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ</b> .....   | <b>23</b>                         |
| <b>10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b> ....                         | <b>24</b>                         |
| <b>11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....  | <b>25</b>                         |
| Виды и формы отработки пропущенных занятий .....   | Ошибка! Закладка не определена.26 |
| <b>12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b> .....  | <b>26</b>                         |

## Аннотация

Рабочей программы учебной дисциплины Б1.О.26 «Электрические измерения» для подготовки бакалавра по направлению: 35.03.06 Агроинженерия, направленность Электрооборудование и электротехнологии; Автоматизация и роботизация технологических процессов

**Цель освоения дисциплины:** подготовить студентов и привить навыки использования технических средств измерения для оценки технического состояния и остаточного ресурса электротехнического оборудования и контроля основных параметров технологического процесса, а так же навыками проведения типовых экспериментальных исследований с использованием методики анализа и моделирования электрических цепей. 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 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.

**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): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3); ОПК-4 (ОПК-4.2); ОПК-5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2).

### Краткое содержание дисциплины:

Приводятся основные понятия теории измерений. Представлены методы электротехнических измерений и классификации средств измерений. Рассмотрены схемы и принципы работы механизмов и измерительных цепей электроизмерительных приборов. Показаны особенности применения средств измерений для проведения исследований параметров электрических цепей постоянного и переменного электрического тока. Приводятся основы оценки результатов измерений и выбора методик измерений конкретных физических величин.

**Общая трудоемкость дисциплины:** 4 зач. единицы (144 часов).

**Промежуточный контроль:** экзамен.

## **1. Цели освоения дисциплины**

Целью изучения дисциплины «Электрические измерения» является освоение студентами основных сведений о процессах, происходящих в электрических системах. Приобретение умений и навыков использования: методов анализа и моделирования электрических цепей, технических средств для измерения и контроля основных параметров технологических процессов, оценивать техническое состояние и остаточный ресурс оборудования. В результате изучения данной дисциплины студенты должны знать:

- метрологическое обеспечение электрических измерений;
- основные виды, характеристики электромагнитных сигналов;
- основные методы исследования электромагнитных сигналов и измерений их параметров;
- виды и характеристики распространённых средств измерений.

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

Дисциплина включена в блок 1 базовой части, обязательная часть, Б1.О.26.

Поскольку подготовка бакалавров по направлению 35.03.06 «Агроинженерия» направленность Электрооборудование и электротехнологии; Автоматизация и роботизация технологических процессов выполняется по нескольким специальностям, то для получения общего представления об электроэнергетике, ее месте и значении в национальной экономике страны предусмотрена дисциплина «Электрические измерения».

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Электрические измерения» являются «Математика» (курс 1,2; семестр 1,2,3), «Физика» (курс 1,2; семестр 2,3,4), «Теоретические основы электротехники» (курс 2, семестр 4), «Метрология, стандартизация и сертификация» (курс 2, семестр 4).

Дисциплина знакомит студентов с видами и методами электрических измерений, помогает получить навыки в оценке качества измерений и проведении анализа полученных результатов. Поэтому данная дисциплина является базовой для изучения всех специальных дисциплин направления «Электроэнергетика и электротехника».

Дисциплина является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Электротехнология» (курс 4; семестр 7), «Электроснабжение» (курс 4; семестр 7), «Эксплуатация электрооборудования и средств автоматики» (курс 4; семестр 7) и для выполнения выпускной квалификационной работы.

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

Рабочая программа дисциплины «Электрические измерения» 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 общепрофессиональных (ОПК) компетенций (индикаторов достижения компетенций), представленных в таблице 1.

## Требования к результатам освоения учебной дисциплины

| № п/п | Код компетенции | Содержание компетенции (или её части)   | Индикаторы компетенций   | В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:   |   |  |
|-------|-----------------|---|--|--|---|--|
|       |                 |   |  | знать  | уметь   | владеть  |
| 1.    | ОПК-1           | Способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических и естественных наук с применением информационно-коммуникационных технологий | ОПК-1.1 Использует основные законы естественнонаучных дисциплин для решения стандартных задач в соответствии с направленностью профессиональной деятельности | законы электротехники, методы измерений и расчетов параметров электрических цепей как переменного электрического тока, так и постоянного | проводить анализ режимов работы электрических цепей с различными видами источников электрического тока и потребителей с использованием методов моделирования. | методиками оценки результатов измерений и расчетов с целью прогнозирования процессов в электротехнических системах.  |
|       |                 |   | ОПК-1.2 Использует знания основных законов математических и естественных наук для решения стандартных задач в агроинженерии                                  | требования ГОСТов, СНИПов, ПУЭ, ПТЭЭП, ПТЭ и РУМов   | выполнять расчетную и графическую части для проектов электросетевых объектов напряжением 0,38 – 110 кВ  | практическими навыками проектирования электроснабжения различных объектов.   |
|       |                 |   | ОПК-1.3 Применяет информационно-коммуникационные технологии в решении типовых задач профессиональной деятельности  | режимы работы электроэнергетических установок  | определять состав оборудования электроэнергетических объектов и его параметры   | навыками использования специализированных пакетов прикладных компьютерных программ, предназначенных для расчета режимов работы электроэнергетических установок |
| 2.    | ОПК-5           | Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объек-   | ОПК-5.1 Использует современные методы экспериментальных исследований и испыта-   | принципы, методы, средства измерений и методики проведения экспериментальных ис-   | проводить измерения и оценивать полученные результаты по исследованию по различным  | методами предоставления результатов проведенных измерений с возможностью обоснов-  |

|   |       |   |  |   |   |  |
|---|-------|---|--|---|---|--|
|   |       | там профессиональной деятельности   | ний в профессиональной деятельности.   | следований параметров электротехнических схем.                                    | методикам параметров электротехнических цепей.  | вания практических результатов.  |
|   |       |   | ОПК-5.2 Под руководством специалиста более высокой квалификации участвует в проведении экспериментальных исследованиях процессов и испытаниях в профессиональной деятельности. | 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. |
| 3 | ОПК-4 | Способен реализовывать современные технологии и обосновывать их применение в профессиональной деятельности; | ОПК-4.2 Обосновывает и реализует современные технологии по обеспечению работоспособности машин и оборудования в сельскохозяйственном производстве                              | основные подходы, необходимые при организации индивидуальной работы               | анализировать свои возможности и приобретать новые знания, принимать решения в рамках своей профессиональной компетенции  | навыками самостоятельной индивидуальной работы   |

#### 4. Структура и содержание дисциплины

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

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач.ед. (144 часов), их распределение по видам работ в 5 семестре представлено в таблице 2.

Таблица 2

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

| Вид учебной работы   | Трудоёмкость |             |
|--|--------------|-------------|
|  | час          | семестр     |
|  |              | №5          |
| <b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану   | <b>144</b>   | <b>144</b>  |
| <b>1. Контактная работа:</b>   | <b>50,4</b>  | <b>50,4</b> |
| <b>Аудиторная работа:</b>  | <b>50,4</b>  | <b>50,4</b> |
| <i>в том числе:</i>  |              |             |
| <i>лекции (Л)</i>  | 16           | 16          |
| <i>практические занятия (ПЗ)</i>   | 16           | 16          |
| <i>лабораторные работы (ЛР)</i>  | 16           | 16          |
| <i>консультации перед экзаменом</i>  | 2            | 2           |
| <i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>   | 0,4          | 0,4         |
| <b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>   | <b>93,6</b>  | <b>93,6</b> |
| <i>контрольная работа (Кр) (подготовка)</i>  | 10           | 10          |
| <i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (про-работка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям)</i> | 41           | 41          |
| <i>Подготовка к экзамену (контроль)</i>  | 42,6         | 42,6        |
| 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> Обеспечение единства измерений в Российской Федерации | 12    | 2                 | 2  | 2  |     | 6                       |
| <b>Раздел 2.</b> Метрологические показатели измерений.                 | 12    | 2                 | 2  | 2  |     | 6                       |
| <b>Раздел 3.</b> Измерительные цепи и механизмы.                       | 13    | 2                 | 2  | 2  |     | 7                       |
| <b>Раздел 4.</b> Методы электрических измерений.                       | 12    | 2                 | 2  | 2  |     | 6                       |
| <b>Раздел 5.</b> Измерение электрических токов и напряжений.           | 12    | 2                 | 2  | 2  |     | 6                       |
| <b>Раздел 6.</b> Измерение параметров электрических цепей.             | 12    | 2                 | 2  | 2  |     | 6                       |
| <b>Раздел 7.</b> Цифровые измерительные приборы.                       | 12    | 2                 | 2  | 2  |     | 6                       |
| <b>Раздел 8.</b> Измерение электрической                               | 14    | 2                 | 2  | 2  |     | 8                       |



| Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнёно)        | Всего      | Аудиторная работа |           |           |            | Внеаудиторная работа СР |
|--|------------|-------------------|-----------|-----------|------------|-------------------------|
|  |            | Л                 | ПЗ        | ЛР        | ПКР        |                         |
| мощности и энергии.                                      |            |                   |           |           |            |                         |
| <b>Консультации перед экзаменом</b>                      | 2          |                   |           |           | 2          |                         |
| <b>Контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</b> | 0,4        |                   |           |           | 0,4        |                         |
| <b>Всего за 5-й семестр</b>                              | 101,4      | 16                | 16        | 16        | 2,4        | 51                      |
| <b>Экзамен</b>   | 42,6       |                   |           |           |            | 42,6                    |
| <b>Итого по дисциплине</b>                               | <b>144</b> | <b>16</b>         | <b>16</b> | <b>16</b> | <b>2,4</b> | <b>93,6</b>             |

## **Раздел 1. Обеспечение единства измерений в Российской Федерации**

**Тема 1.** Международная система единиц и эталоны.

Рассматриваемые вопросы

Международные стандарты размерностей, международная система СИ, используемые сокращения и обозначения, виды эталонов и сфера их применения.

**Тема 2.** Основные термины и определения теории измерений.

Рассматриваемые вопросы

Терминология метрологии, характеристики средств измерений, постулаты.

## **Раздел 2. Метрологические показатели измерений.**

**Тема 1.** Погрешности измерений и их оценка.

Рассматриваемые вопросы

Виды погрешностей, способы оценки измеряемых физических величин, понятие и необходимость поверки средства измерения.

**Тема 2.** Классификация методов электрических измерений.

Рассматриваемые вопросы

Оптимального выбора метода измерений в конкретных условиях, многообразие методов при измерений различных параметров электрических цепей.

## **Раздел 3. Измерительные цепи и механизмы.**

**Тема 1.** Электромеханические измерительные механизмы.

Рассматриваемые вопросы

Виды электромеханических измерительных приборов, их сфера применения и особенности при эксплуатации.

**Тема 2.** Измерительные цепи.

Рассматриваемые вопросы

Применение измерительных масштабных преобразователей, их классификации и промышленный выпуск для сферы электроснабжения.

## **Раздел 4. Методы электрических измерений.**

**Тема 1.** Метод непосредственной оценки и метод сравнения.

Рассматриваемые вопросы

Применение метода непосредственной оценки и его ограничения, сфера использования в электроснабжении. Метод сравнения – как метод с наименьшим влиянием на процессы в электрических цепях. Оценка методов для конкретных измерений параметров электрических цепей.

**Тема 2.** Измерение сопротивлений.

Рассматриваемые вопросы

Измерение сопротивлений постоянному току методами непосредственной оценки, методом сравнения, применение косвенных измерений при определении сопротивления.

## **Раздел 5. Измерение электрических токов и напряжений.**

**Тема 1.** Измерение постоянного тока и напряжения.

Рассматриваемые вопросы

Особенности при исследовании цепей постоянного электрического тока. Возможности и ограничения при измерениях.

**Тема 2.** Измерение переменного тока и напряжения.

Рассматриваемые вопросы

Измерительный трансформатор, выпрямители при измерении параметров электрических цепей переменного тока. Методики измерений и особенности при исследовании цепей переменного тока, устройство и принцип работы токовых клещей.

## **Раздел 6. Измерение параметров электрических цепей.**

**Тема 1.** Измерение индуктивности и ёмкости.

Рассматриваемые вопросы

Измерение параметров реактивных элементов электрических цепей, методика проведения измерений, погрешности измерений.

**Тема 2.** Методы определения разрыва высоковольтных линий.

Рассматриваемые вопросы

Виды повреждений электрических фидеров и частота их появления. Импульсный метод, метод колебательного разряда, волновой метод, петлевой метод, акустический метод, индукционно-импульсный метод, индукционный метод.

## **Раздел 7. Измерения с помощью цифровых измерительных приборов.**

**Тема 1.** АЦП, устройство цифровых вольтметров.

Рассматриваемые вопросы

Основы построения цифровых измерительных приборов, сфера применения и ограничения. Погрешности цифровых измерительных приборов – причины их обуславливающие.

**Тема 2.** Исследование формы сигналов.

Рассматриваемые вопросы

Разновидности цифровых измерительных приборов, использование для измерения чистоты и формы электрических сигналов.

## **Раздел 8. Измерение электрической мощности и энергии.**

**Тема 1.** Измерение активной мощности и энергии в цепях однофазного и трехфазного переменного электрического тока

Рассматриваемые вопросы

Измерение мощности потребителя методом непосредственной оценки и косвенным методом, измерение методом двух ваттметров.

**Тема 2.** Применение АСКУЭ в электроснабжении.

Рассматриваемые вопросы

Принципы построения АСКУЭ, наиболее перспективные и безопасные модели реализации АСКУЭ.

### 4.3 Лекции/лабораторные/практические занятия

Таблица 4

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

| № п/п | № раздела  | № и название лекций/ лабораторных/ практических занятий                                   | Формируемые компетенции (индикаторы достижения компетенций) | Вид контрольного мероприятия | Кол-во часов |
|-------|--|---|---|------------------------------|--------------|
| 1.    | <b>Раздел 1. Обеспечение единства измерений в Российской Федерации</b> |   |   |                              | <b>6</b>     |
|       | <b>Тема 1.</b> Международная система единиц и эталоны.                 | Лекция №1. Обеспечение единства измерений в Российской Федерации.                         | ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3)                           |                              | 2            |
|       |  | Практическое занятие. №1. Эталоны средств измерений. Характеристики средств измерений.    | ОПК -5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)                  | Дискуссия                    | 2            |
|       | <b>Тема 2.</b> Основные термины и определения теории измерений.        | Лабораторная работа №1. Правила подключения измерительных приборов, ошибки и последствия. | ОПК -5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)                  | Защита лабораторной работы   | 2            |
| 2.    | <b>Раздел 2. Метрологические показатели измерений.</b>                 |   |   |                              | <b>6</b>     |
|       | <b>Тема 1.</b> Погрешности измерений и их оценка.                      | Лекция №2. Метрологические показатели измерений.  | ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3)                           |                              | 2            |
|       |  | Практическое занятие. №2. Оценка погрешностей измерений.                                  | ОПК -5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)                  | Решение задач                | 2            |
|       | <b>Тема 2.</b> Классификация методов электрических измерений.          | Лабораторная работа №2. Поверка средств измерений.  | ОПК -5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)                  | Защита лабораторной работы   | 2            |
| 3.    | <b>Раздел 3. Измерительные цепи и механизмы.</b>                       |   |   |                              | <b>6</b>     |
|       | <b>Тема 1.</b> Электромеханические измерительные механизмы.            | Лекция №3. Измерительные цепи и механизмы.  | ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3)                           |                              | 2            |
|       |  | Практическое занятие. № 3. Электромеханические измерительные приборы.                     | ОПК -5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)                  | Решение задач                | 2            |
|       | <b>Тема 2.</b> Измерительные цепи.                                     | Лабораторная работа №3. Применение масштабных измери-                                     | ОПК -5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2), ОПК-4 (ОПК-                      | Защита лабораторной работы   | 2            |

| № п/п | № раздела   | № и название лекций/ лабораторных/ практических занятий   | Формируемые компетенции (индикаторы достижения компетенций) | Вид контрольного мероприятия | Кол-во часов |
|-------|---|---|---|------------------------------|--------------|
|       |   | тельных преобразователей.   | 4.2)  |                              |              |
| 4.    | <b>Раздел 4. Методы электрических измерений.</b>                |   |   |                              | <b>6</b>     |
|       | <b>Тема 1.</b> Метод непосредственной оценки и метод сравнения. | Лекция №4. Методы электрических измерений.  | ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3)                           |                              | 2            |
|       |   | Практическое занятие. № 3. Оценка погрешностей измерений методом непосредственной оценки и методом сравнения. | ОПК -5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)                  | Решение задач                | 2            |
|       | <b>Тема 2.</b> Измерение сопротивлений.                         | Лабораторная работа №4. Особенности измерений методом амперметра-вольтметра                                   | ОПК -5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)                  | Защита лабораторной работы   | 2            |
| 5.    | <b>Раздел 5. Измерение электрических токов и напряжений.</b>    |   |   |                              | <b>6</b>     |
|       | <b>Тема 1.</b> Измерение постоянного тока и напряжения.         | Лекция №5. Измерение электрических токов и напряжений.  | ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3)                           | Решение задач                | 2            |
|       |   | Практическое занятие. № 5. Определение параметров настройки и погрешности измерения мультиметра.              | ОПК -5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)                  |                              | 2            |
|       | <b>Тема 2.</b> Измерение переменного тока и напряжения.         | Лабораторная работа №5. Измерение переменного тока и напряжения.  | ОПК -5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)                  | Защита лабораторной работы   | 2            |
| 6.    | <b>Раздел 6. Измерение параметров электрических цепей.</b>      |   |   |                              | <b>6</b>     |
|       | <b>Тема 1.</b> Измерение индуктивности и ёмкости.               | Лекция №6. Измерения с помощью цифровых измерительных приборов  | ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3)                           |                              | 2            |
|       |   | Лабораторная работа №6. Применение мостов переменного тока для определения параметров электрических цепей.    | ОПК -5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)                  | Защита лабораторной работы   | 2            |

| № п/п | № раздела   | № и название лекций/ лабораторных/ практических занятий                                    | Формируемые компетенции (индикаторы достижения компетенций) | Вид контрольного мероприятия | Кол-во часов |
|-------|---|--|---|------------------------------|--------------|
|       | <b>Тема 2.</b> Методы определения разрыва высоковольтных линий.   | Практическое занятие. № 6. Расчет расстояний до разрыва высоковольтных линий.              | ОПК -5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)                  | Решение задач                | 2            |
| 7.    | <b>Раздел 7. Цифровые измерительные приборы.</b>  |  |   |                              | <b>6</b>     |
|       | <b>Тема 1.</b> АЦП, устройство цифровых вольтметров.  | Лекция №7. Цифровые измерительные приборы.   | ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3)                           |                              | 2            |
|       |   | Практическое занятие. № 7. Особенности работы и измерений цифровых измерительных приборов. | ОПК -5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)                  | Устный опрос                 | 2            |
|       | <b>Тема 2.</b> Исследование формы сигналов.   | Лабораторная работа №7. Определение параметров электрических сигналов.                     | ОПК -5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)                  | Защита лабораторной работы   | 2            |
| 8.    | <b>Раздел 8. Измерение электрической мощности и энергии.</b>  |  |   |                              | <b>6</b>     |
|       | <b>Тема 1.</b> Измерение активной мощности и энергии в цепях однофазного и трехфазного переменного электрического тока. | Лекция №8. Измерение электрической мощности и энергии.                                     | ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3)                           |                              | 2            |
|       |   | Практическое занятие. № 7. Расчет показателей счетчика активной энергии.                   | ОПК -5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)                  | Устный опрос                 | 2            |
|       | <b>Тема 2.</b> Применение АСКУЭ в электрообеспечении.   | Лабораторная работа №7. Применение метода двух ваттметров.                                 | ОПК -5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)                  | Защита лабораторной работы   | 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. Обеспечение единства измерений в Российской Федерации</b> |   |   |
| 1.   | <b>Тема 1.</b> Международная система единиц и эталоны.          | Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» (ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3) ОПК -5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2), ОПК-4 (ОПК-4.2))                            |
| <b>Раздел 2. Метрологические показатели измерений.</b>                 |   |   |
| 2.   | <b>Тема 1.</b> Погрешности измерений и их оценка.               | Аддитивная и мультипликативная погрешность (ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3) ОПК -5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)).                                      |
| <b>Раздел 3. Измерительные цепи и механизмы.</b>                       |   |   |
| 3.   | <b>Тема 1.</b> Электромеханические измерительные механизмы.     | Ферродинамические и электростатические измерительные механизмы (ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3) ОПК -5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2), ОПК-4 (ОПК-4.2))                   |
| 4.   | <b>Тема 2.</b> Измерительные цепи.                              | Разновидности измерительных трансформаторов (ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3) ОПК -5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)).                                     |
| <b>Раздел 4. Методы электрических измерений.</b>                       |   |   |
| 5.   | <b>Тема 2.</b> Измерение сопротивлений.                         | Измерение сопротивлений методом сравнения (ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3) ОПК -5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2), ОПК-4 (ОПК-4.2))  |
| <b>Раздел 5. Измерение электрических токов и напряжений.</b>           |   |   |
| 6.   | <b>Тема 2.</b> Измерение переменного тока и напряжения.         | Измерение малых токов и напряжений (ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3) ОПК -5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)).  |
| <b>Раздел 6. Измерение параметров электрических цепей.</b>             |   |   |
| 8.   | <b>Тема 2.</b> Методы определения разрыва высоковольтных линий. | Определение разрыва в слаботочных системах (ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3) ОПК -5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)).                                      |
| <b>Раздел 7. Цифровые измерительные приборы.</b>                       |   |   |
| 9.   | <b>Тема 2.</b> Исследование формы сигналов.                     | Приборы формирования стандартных измерительных сигналов. Генераторы и усилители. (ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3) ОПК -5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)) |
| <b>Раздел 8. Измерение электрической мощности и энергии.</b>           |   |   |
| 10   | <b>Тема 2.</b> Применение АСКУЭ в электро-снабжении.            | АСКУЭ на базе компонентов компании Меркурий, Тэкон (ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3) ОПК -5 (ОПК-5.1, ОПК-5.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)).                              |

#### 5. Образовательные технологии

В процессе преподавания дисциплины «Электрические измерения» 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, экзамен;

- основные формы практического обучения: практические занятия, лабораторные работы;
- дополнительные формы организации обучения: расчетно-графическая 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**

| № п/п | Тема и форма занятия   | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий |                               |
|-------|--|---|-------------------------------|
| 1.    | Измерение активной мощности и энергии в цепях однофазного и трехфазного переменного электрического тока. | Л   | Технология активного обучения |
| 2.    | Применение АСКУЭ в электроснабжении.   | Л   | Технология активного обучения |

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.

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

При изучении разделов дисциплины «Электрические измерения» 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, проведение дискуссий, выполнение контрольной работы.

**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 балльной шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Таблица 8

**Критерии оценивания результатов обучения**

| Оценка          | Критерии оценивания  |
|-----------------|--|
| Высокий уровень | оценку «отлично» заслуживает студент, глубоко и прочно освоив- |

|  |   |
|--|---|
| <p>«5»<br/>(отлично)</p>                                     | <p>ший знания, умения, компетенции и теоретический материал, излагающий его исчерпывающе, последовательно, системно и логически стройно. Студент, выполнивший и защитивший расчетную 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. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – высокий</b></p>   |
| <p>Средний уровень<br/>«4»<br/>(хорошо)</p>                  | <p>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 расчетную 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></p>  |
| <p>Пороговый уровень<br/>«3»<br/>(удовлетворительно)</p>     | <p>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 расчетную 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></p> |
| <p>Минимальный уровень<br/>«2»<br/>(неудовлетворительно)</p> | <p>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 расчетную работу; основная литература по проблемам курса не усвоена, практические навыки не сформированы. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, не сформированы</b></p>  |

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



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

1). При изучении дисциплины «Электрические измерения» предусмотрена контрольная работа.

Контрольная работа выполняется студентом во внеурочное время с использованием любых информационных материалов. Контрольная работа носит расчетный характер и обязательно выполняется в электронных таблицах Excel. Оформляется контрольная работа в текстовом редакторе Word.

Примерная тематика контрольной работы:

Расчет параметров счетчика активной энергии при отклонении качественных показателей синусоиды напряжений в заданных пределах в соответствии с ГОСТ 32144-2013.

2). Пример дискуссии для текущего контроля знаний обучающихся:

### Темы дискуссий по разделу 4. Методы электрических измерений.

Вопросы дискуссии по теме 2. Измерение сопротивлений.

1. Для чего используются мосты постоянного тока?
2. Что такое чувствительность измерительного прибора?
3. Какой из электромеханических приборов целесообразней использовать на измерительной диагонали моста постоянного тока и почему?
4. Запишите и докажите условие равновесия моста постоянного тока?
5. Зарисуйте схему строения магнитоэлектрических приборов?
6. Назовите положительные и отрицательные стороны магнитоэлектрических приборов?
7. Какие из электромеханических приборов нельзя использовать в цепях переменного тока?

3). Пример типовых задач для текущего контроля знаний обучающихся:

### Типовые задачи по разделу 2. Метрологические показатели измерений.

Типовая задача по теме 1. Погрешности измерений и их оценка.

Учебная задача №1

При испытании вольтметра, диапазон измерений которого  $U_n$ , на пяти числовых отметках его шкалы  $U_{П}$ , кроме нулевой, отсчитаны показания образцового вольтметра  $U_{обр}$ . (таблица С1.1). Определить приведенные погрешности вольтметра и установить его класс точности (результаты свести в таблицу).

Результаты испытаний вольтметра

Таблица С1.1

| Параметр<br>Вариант | $U_n, B$ | Числовые отметки шкалы поверяемого прибора $U_{Пов}, B$ |     |     |     |     | Показания образцового прибора $U_{Обр}, B$ |       |        |        |        |
|---------------------|----------|---|-----|-----|-----|-----|--|-------|--------|--------|--------|
|                     |          | 20  | 40  | 60  | 80  | 100 | 20,45                                      | 40,05 | 59,5   | 82,05  | 100,45 |
| 1...9               | 0...100  | 20  | 40  | 60  | 80  | 100 | 20,45                                      | 40,05 | 59,5   | 82,05  | 100,45 |
| 11...19             | 0...250  | 50  | 100 | 150 | 200 | 250 | 50,90                                      | 99,05 | 150,15 | 199,10 | 254,85 |
| 21...29             | 0...500  | 100   | 200 | 300 | 400 | 500 | 100,85                                     | 204,0 | 296,25 | 408,15 | 509,75 |

Построить график приведенных погрешностей вольтметра.

4). Пример заданий и вопросов при защите лабораторной работы для текущего контроля знаний обучающихся.

### Лабораторные работы по разделу 4. Методы электрических измерений.

Типовая лабораторная работа по теме 2. Измерение сопротивлений.

ТЕМА: МЕТОД АМПЕРМЕТРА-ВОЛЬТМЕТРА.

## 1. Задание

Учебная цель занятия: сформировать знания и умения использования метода амперметра-вольтметра при измерении электрических сопротивлений.

- 1.1. Рассчитать цепь при заданных параметрах.
- 1.2. Исследовать цепь при изменении сопротивления нагрузки
- 1.3. Сравнить результаты расчета и исследования цепи.
- 1.4. Определить погрешности измерений.
- 1.5. Сформулировать выводы по результатам.

## 2. Подготовка к работе

- 2.1. Изучить суть метода амперметра-вольтметра
- 2.2. Собрать электрические схемы рис. 2.1

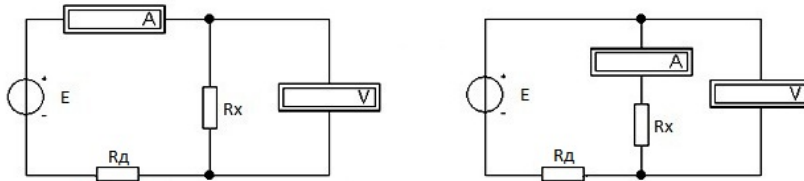


Рис. 2.1 Схемы электрической цепи метода амперметра-вольтметра

## 3. Выполнение работы на компьютере:

- 3.1. Установить значения резисторов в соответствии с вариантом по журналу
- 3.2. Измерить значения электрического тока и напряжения для каждого сопротивления

## 4. По результатам работы

- 4.1. Подсчитать значения сопротивлений при помощи закона Ома, результаты записать в таблицу.
- 4.2. Подсчитать значения относительных погрешностей для каждого из опытов
- 4.3. Построить зависимость относительной погрешности от величины сопротивлений для каждого из опытов.

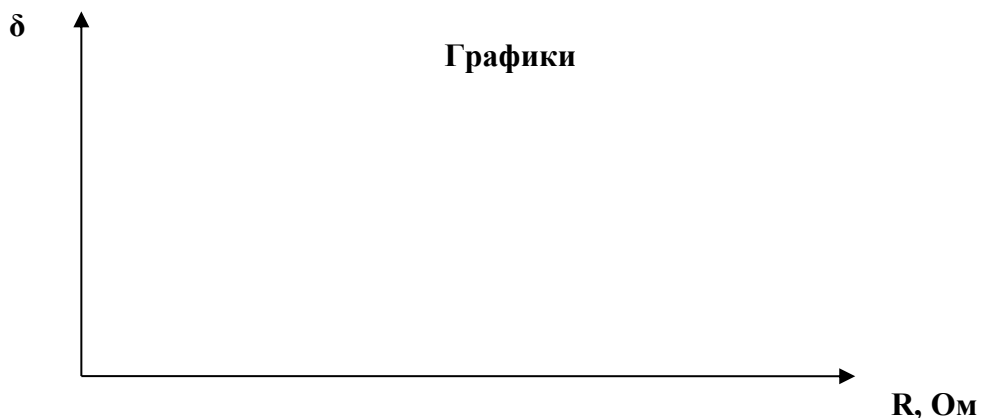
## 5. Содержание отчета

- 5.1. Заполненная таблица 1.1
- 5.2. Расчет сопротивлений и относительных погрешностей
- 5.3. Графики зависимостей относительных погрешностей от сопротивлений
- 5.4. Выводы по проделанной работе

Таблица 1.1

| Значения сопротивлений<br>$R_x$ |          | $10^{-3}$<br>*N | $10^{-2}$<br>*N | $10^{-1}$<br>*N | $1$ *N | $10$ *N | $10^2$<br>*N | $10^3$<br>*N | $10^4$ *N | $10^5$<br>*N |
|---------------------------------|----------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|---------|--------------|--------------|-----------|--------------|
| Измерено по первой схеме        | I, A     |                 |                 |                 |        |         |              |              |           |              |
|                                 | U, B     |                 |                 |                 |        |         |              |              |           |              |
| Расчитано по первой схеме       | R, Ом    |                 |                 |                 |        |         |              |              |           |              |
|                                 | $\delta$ |                 |                 |                 |        |         |              |              |           |              |
| Измерено по второй схеме        | I, A     |                 |                 |                 |        |         |              |              |           |              |
|                                 | U, B     |                 |                 |                 |        |         |              |              |           |              |
| Расчитано по второй схеме       | R, Ом    |                 |                 |                 |        |         |              |              |           |              |
|                                 | $\delta$ |                 |                 |                 |        |         |              |              |           |              |

Расчеты



## 6 Вопросы для защиты лабораторной работы.

- 6.1. К каким измерениям относится метод амперметра-вольтметра?
- 6.2. С помощью какой схемы измеряют малые сопротивления и почему?
- 6.3. С помощью какой схемы измеряют большие сопротивления и почему?
- 6.4. Зарисуйте схему строения магнитоэлектрического прибора.
- 6.5. Зарисуйте общую схему измерения электромеханических приборов.
- 6.6. По каким признакам можно классифицировать измерительные приборы?

Выводы: \_\_\_\_\_

5). Примерный перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию (экзамен):

1. Понятие, классификация и основные параметры электрических сигналов.
2. Измерение параметров сигналов осциллографическими способами.
3. Понятия измерения, объекта и средства измерения, принципа, метода измерения, результата и погрешности измерения; единицы и размерности физических величин.
4. Структурная схема, принцип работы, особенности применения цифровых осциллографов.
5. Основные виды и характеристики средств измерений.
6. Структурная схема, принцип работы, особенности применения запоминающих осциллографов.
7. Классификация измерений и их методов.
8. Структурная схема, принцип работы, особенности применения стробоскопических осциллографов.
9. Структурные схемы и вывод формул чувствительности измерительных приборов с прямым и уравнивающим преобразованием.
10. Структурная схема, принцип работы, основные характеристики универсальных осциллографов.
11. Понятие погрешности измерений; классификация погрешностей.
12. Структурная схема, диаграммы сигналов, принцип работы гетеродинного анализатора спектра.
13. Аддитивная и мультипликативная погрешности измерительных приборов с линейной функцией преобразования.
14. Понятие, сущность и виды синхронизации генератора развёртки современных осциллографов.
15. Нормирование погрешностей средств измерений; варианты определения нормированного значения измеряемой величины.
16. Структурная схема, диаграммы сигналов, принцип работы анализатора спектра параллельного действия.
17. Классы точности средств измерений; типовые обозначения класса точности измерительных приборов.
18. Структурная схема, диаграммы сигналов, принцип работы селективных вольтметров.
19. Классификация электроизмерительных приборов; уравнение шкалы электромеханического измерителя.
20. Резонансный метод определения частоты сигнала; схемы использования механического и электрического резонанса.
21. Измерение постоянного тока методом непосредственной оценки и методом сравнения; погрешности измерений, использование шунтов.
22. Осциллографический способ определения частоты сигнала; схема измерения с использованием круговой развёртки.
23. Измерение постоянного напряжения методом непосредственной оценки и методом сравнения; погрешность измерений.

24. Измерение частоты сигнала способом электронного частотомера; структурная схема измерительного прибора, диаграммы сигналов.
25. Расчёт добавочных сопротивлений для многопредельных вольтметров.
26. Измерение частоты сигнала гетеродинным способом; структурная схема измерительного прибора.
27. Основные характеристики электрических сигналов: среднее, средневыпрямленное, среднеквадратическое, амплитудное, пиковое значения; коэффициенты амплитуды и формы.
28. Структурная схема, диаграммы сигналов, принцип работы цифрового вольтметра (мультиметра) кодово-импульсного типа.
29. Измерение переменного тока с помощью электромеханических, термоэлектрических и выпрямительных приборов; измерение значений переменных токов, форма которых отличается от синусоидальной.
30. Структурная схема, диаграммы сигналов, принцип работы цифрового вольтметра (мультиметра) с двойным интегрированием.
31. Измерение переменного напряжения с помощью электромеханических, и электронных приборов; измерение значений переменных напряжений, форма которых отличается от синусоидальной.
32. Структурная схема, диаграммы сигналов, принцип работы цифрового вольтметра (мультиметра) время-импульсного типа.
33. Структурная схема, принцип работы дифференциального вольтметра.
34. Цифровые измерительные приборы; классификация, особенности построения цифровых мультиметров.
35. Вольтметры среднеквадратических значений; метод кусочно-линейной аппроксимации.
36. Сущность аналогово-цифрового преобразования электрических сигналов; погрешности преобразования.
37. Измерение амплитудных значений переменного напряжения; принцип работы пикового (амплитудного) детектора с открытым входом.
38. Измерение сопротивлений методом преобразования параметра в пропорциональное напряжение.
39. Измерение амплитудных значений переменного напряжения; принцип работы пикового (амплитудного) детектора с закрытым входом.
40. Измерение активных сопротивлений методом непосредственной оценки; схемы измерений, особенности применения различных схем измерений.
41. Измерение активных сопротивлений методом вольтметра-амперметра; схемы измерений, относительные методические погрешности.
42. Измерение индуктивности методом вольтметра-амперметра; схемы измерений, сравнительная характеристика различных схем.
43. Измерение ёмкости конденсаторов методом вольтметра-амперметра; схемы измерений, сравнительная характеристика различных схем, особенности применения метода двух вольтметров.
44. Структурная схема, диаграммы сигналов, принцип работы цифрового вольтметра (мультиметра) время-импульсного типа.
45. Структурная схема, диаграммы сигналов, принцип работы измерителя ёмкости методом дискретного счёта.
46. Основные характеристики электрических сигналов: среднее, средневыпрямленное, среднеквадратическое, амплитудное, пиковое значения; коэффициенты амплитуды и формы.
47. Понятие погрешности измерений; классификация погрешностей.
48. Структурная схема, диаграммы сигналов, принцип работы гетеродинного анализатора спектра.
49. Основные виды и характеристики средств измерений.
50. Структурная схема, принцип работы, особенности применения цифровых осциллографов.

**Пример экзаменационного билета для промежуточного контроля знаний обучающихся (экзамена):**



**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 «Электроснабжение и электротехники им. академика И.А. Будзко»  
Дисциплина «**Электрические измерения**»  
Курс 3 Семестр – 5, экзамен  
Направление: **35.03.06 – Агроинженерия**  
**(академический бакалавриат)**  
Направленность: **Электрооборудование и электротехнологии**

**БИЛЕТ № 1**

1. Основные виды и характеристики средств измерений.
2. Структурная схема, принцип работы, особенности применения запоминающих осциллографов.
3. Задача

Лектор курса, профессор \_\_\_\_\_ **В.И. Загинайлов**

Утверждаю:  
И.о. заведующего кафедрой \_\_\_\_\_ **Н.А. Стушкина**

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

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

Для допуска к экзамену по дисциплине «Электрические измерения» необходимо выполнить учебный план по дисциплине, включающий в себя посещение лекций, практических занятий, лабораторных работ, выполнение и защиту РГР, выполнение индивидуальных заданий по пропущенным темам.

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине «Электрические измерения» 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 балльной шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Таблица 8

**Критерии оценивания результатов обучения**

| <b>Оценка</b>                       | <b>Критерии оценивания</b>   |
|-------------------------------------|--|
| Высокий уровень<br>«5»<br>(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 расчетную 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. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – высокий.</b>  |
| 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 расчетную 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 «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 расчетную 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 «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, не выполнивший и защитивший расчетную 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. Бузунова, М. Ю. Электрические измерения : учебное пособие / М. Ю. Бузунова, В. В. Боннет. — Иркутск : Иркутский ГАУ, 2019. — 105 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/133360> (дата обращения: 08.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Попов, Н. М. Измерения в электрических сетях 0,4...10 кВ : учебное пособие / Н. М. Попов. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 228 с. — ISBN 978-5-8114-3598-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118629> (дата обращения: 08.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Ким, К. К. Средства электрических измерений и их поверка : учебное пособие для вузов / К. К. Ким, Г. Н. Анисимов, А. И. Чураков. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань,

2021. — 316 с. — ISBN 978-5-8114-7639-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/163397> (дата обращения: 08.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

## 7.2 Дополнительная литература

1. Метрология и электрические измерения : учебное пособие / А. Л. Каштанов, А. А. Комяков, А. А. Кузнецов [и др.]. — Омск : ОмГУПС, [б. г.]. — Часть 2 : Методы и средства электрических измерений — 2014. — 86 с. — ISBN 978-5-949-41103-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/129170> (дата обращения: 08.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Ким, К. К. Средства электрических измерений и их поверка : учебное пособие для спо / К. К. Ким, Г. Н. Анисимов, А. И. Чураков. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 316 с. — ISBN 978-5-8114-6981-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/153944> (дата обращения: 08.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Соболев А.В., Загинайлов В.И. Теоретические основы электротехники. Сборник Практических работ: Учебное пособие/ А.В. Соболев, В.И. Загинайлов. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2016. 164 с.

## 7.3 Нормативные правовые акты

Правила устройства электроустановок. 7-е изд. (ПУЭ-7).

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

Формами организации учебного процесса по дисциплине «Электрические измерения» 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 расчетно-графической работы. 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

Интернет, электронные ресурсы технических библиотек.

а) Каталоги электрооборудования и трансформаторов, изготавливаемых заводами России. (<https://inni.info/>) – открытый доступ.

б) Информационные центры России

в) Всероссийский институт научной и технической информации РАН (ВИНИТИ РАН) (<http://www.viniti.ru/>) – открытый доступ.

г) Всероссийский научно-технический информационный центр (ВНТИ-Центр) ([www.vntic.org.ru](http://www.vntic.org.ru)) – открытый доступ.

д) Защита интеллектуальной собственности (РОСПАТЕНТ) (<https://rupto.ru/ru>).

е) Российский научно-технический центр по стандартизации (СТАНДАРТИНФОРМ) (<http://www.gostinfo.ru/>) – открытый доступ.

## 9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 9

### Перечень программного обеспечения

| № п/п | Наименование раздела учебной дисциплины | Наименование программы | Тип программы | Автор | Год разработки |
|-------|---|------------------------|---------------|-------|----------------|
|-------|---|------------------------|---------------|-------|----------------|

|   |  |  |                             |                                   |              |
|---|--|--|-----------------------------|-----------------------------------|--------------|
| 1 | <b>Раздел 1.</b> Обеспечение единства измерений в Российской Федерации | Multisim 14.0.1<br>Rus<br>Office (Word, Power Point) | Расчетная<br>Оформительская | National Instruments<br>Microsoft | 2016<br>2017 |
| 2 | <b>Раздел 2.</b> Метрологические показатели измерений.                 | Multisim 14.0.1<br>Rus<br>Office (Word, Power Point) | Расчетная<br>Оформительская | National Instruments<br>Microsoft | 2016<br>2017 |
| 3 | <b>Раздел 3.</b> Измерительные цепи и механизмы.                       | Multisim 14.0.1<br>Rus<br>Office (Word, Power Point) | Расчетная<br>Оформительская | National Instruments<br>Microsoft | 2016<br>2017 |
| 4 | <b>Раздел 4.</b> Методы электрических измерений.                       | Multisim 14.0.1<br>Rus<br>Office (Word, Power Point) | Расчетная<br>Оформительская | National Instruments<br>Microsoft | 2016<br>2017 |
| 5 | <b>Раздел 5.</b> Измерение электрических токов и напряжений.           | Multisim 14.0.1<br>Rus<br>Office (Word, Power Point) | Расчетная<br>Оформительская | National Instruments<br>Microsoft | 2016<br>2017 |
| 6 | <b>Раздел 6.</b> Измерение параметров электрических цепей.             | Multisim 14.0.1<br>Rus<br>Office (Word, Power Point) | Расчетная<br>Оформительская | National Instruments<br>Microsoft | 2016<br>2017 |
| 7 | <b>Раздел 7.</b> Цифровые измерительные приборы.                       | Multisim 14.0.1<br>Rus<br>Office (Word, Power Point) | Расчетная<br>Оформительская | National Instruments<br>Microsoft | 2016<br>2017 |
| 8 | <b>Раздел 8.</b> Измерение электрической мощности и энергии.           | Multisim 14.0.1<br>Rus<br>Office (Word, Power Point) | Расчетная<br>Оформительская | National Instruments<br>Microsoft | 2016<br>2017 |

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

Таблица 10

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

| <b>Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)</b>  | <b>Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы**</b>   |
|--|--|
| 1  | 2  |
| 24 корпус, аудитория № 103<br>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.<br>2. Стулья 52 шт.<br>3. Доска меловая 2 шт.<br>4. Экран (Инв. № 410138000002640)<br>5. Проектор (Инв. № 410138000002634) |
| 24 корпус, аудитория № 106<br>учебная лаборатория для проведения за-   | Инв. № 410124000602952 на весь компьютерный класс  |



|   |   |
|---|---|
| нятий семинарского, лабораторно-практического типа, компьютерный класс с интерактивной доской | 1. Интерактивная доска 1 шт.<br>2. Системный блок 16 шт.<br>3. Монитор – 16 шт.<br>4 Парты – 18 шт.<br>5. Стулья – 32 шт.<br>6. Лабораторный стенд «Теория электрических цепей»<br>(Инв. № 410124000603063)<br>7. Доска меловая – 1 шт. |
|---|---|

Для самостоятельной работы студентов так же предусмотрены Читальный зал Центральной научной библиотеки имени Н.И. Железнова РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева и комнаты самоподготовки студентов в общежитиях.

## 11. Методические рекомендации студентам по освоению дисциплины

Учебный курс «Электрические измерения» является необходимым для студентов, обучающихся по направления 35.03.06 «Агроинженерия», направленность «Электрооборудование и электротехнологии», «Автоматизация и роботизация технологических процессов». В этом курсе студент получает знания о современных научно-инженерных решениях, используемых при расчете электромагнитных процессах протекающих в электрических цепях. Полученные знания необходимы студенту для успешной работы на производстве по выбранному направлению.

Методические рекомендации для успешного освоения студентом дисциплины «Электрические измерения» 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 и практических 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.

**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 домашнего задания.

При самостоятельной работе следует рекомендовать студентам использовать электронные учебные пособия.

**Контрольную 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 выполнить ее и защитить.

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

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

Преподавание инженерной дисциплины «Электрические измерения» 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, иллюстрируясь 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 РГР, 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:

Лештаев О.В., ассистент

\_\_\_\_\_ (подпись)

Стушкина Н.А., к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ (подпись)