

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»**

**Факультет приборостроения, электротехнических  
и биотехнических систем  
Кафедра электромеханики**

**УТВЕРЖДАЮ:**

**Декан факультета**

(подпись)

« 18 »

04

2023 года

Тарасенко О.В.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Основы метрологии и электрические измерения»**

По направлению подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
Профиль: «Электроснабжение»

Луганск – 2023

## Лист согласования РПУД

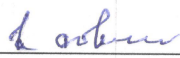
Рабочая программа учебной дисциплины «Основы метрологии и электрические измерения» по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. –32 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Основы метрологии и электрические измерения» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 28 февраля 2018 г. № 144 с изменениями и дополнениями в соответствии с приказами МИНОБРНАУКИ РОССИИ № 1456 от 26.11.2020 г., № 83 от 08.02.2021 г., №662 от 19.07.2022).

СОСТАВИТЕЛЬ:

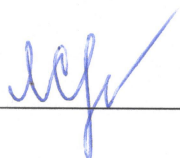
канд. тех. наук, доцент Мирошниченко О.Н.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры электромеханики  
« 14 » 04 20 23 года, протокол № 6-1.

Заведующий кафедрой  Яковенко В.В.

Переутверждена: « \_\_\_\_ » \_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ года, протокол № \_\_\_\_.

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии  
факультета приборостроения, электротехнических и биотехнических систем  
« 14 » 04 20 23 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической  
комиссии факультета приборостроения,  
электротехнических и биотехнических систем  Яременко С.П.

## **Структура и содержание дисциплины**

### **1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе**

**Цель изучения дисциплины** – получение знаний для решения проблем производственных заданий, связанных с выбором средств и методов измерений электрических и магнитных величин, а также для изучения других дисциплин специальности.

**Задачи:**

- изучение принцип действия, особенности, характеристики серийных средств измерений электрических и магнитных величин;
- умение выбирать средства и методы измерений;
- умение выполнять измерения и оценивать их погрешности

### **2. Место дисциплины в структуре ООП ВО.**

Дисциплина «Основы метрологии и электрические измерения» относится к циклу основных дисциплин профессионального цикла подготовки.

**знания:**

терминологию, основные понятия и определения, основы теории погрешностей измерений, методы обработки результатов измерений, принципы, методы и особенности, характеристик серийных средств измерений электрических и магнитных величин.

**умения:**

выбирать методы и средства измерений, разрабатывать технологический процесс измерения, подбирать измерительную аппаратуру в соответствии с целью проводимых измерений, проводить измерения параметров элементов электрических цепей и сигналов, в том числе, с целью научно-исследовательской деятельности, обрабатывать полученные результаты с оценкой их точности, выбирать необходимое оборудование на основе знаний основных характеристик электрических измерительных приборов, которые используются в промышленности.

**навыки:**

методами теории вероятности для обработки результатов измерений, разбираться в технических описаниях и паспортах измерительного оборудования в принципе работы, назначении и возможности средств измерений.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин Теоретические основы электротехники, физика, высшая математика, разделы теории вероятности и позволяет выполнить специальную часть в выпускной квалификационной работе.

### 3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

| Код и наименование компетенции                                                                                                     | Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Перечень планируемых результатов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-4. Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин                              | <p>ПК ОПК-4.1. Способен оценить актуальность решаемой задачи на основе анализа научно-технической литературы и информационных материалов по тематике исследования;</p> <p>ОПК-4.2. Способен подготовить исходные данные для математического описания физики процесса в электрических цепях и электрических машинах с учетом их назначения и элементной базы;</p> <p>ОПК-4.3. Способен адекватно применить математический инструментарий при моделировании электрических цепей и электрических машин.</p> | <p><b>Знать:</b> 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; принцип действия электронных устройств;</p> <p><b>Уметь:</b> анализировать установившиеся режимы работы трансформаторов и вращающихся электрических машин различных типов, использовать знания их режимов работы и характеристик; применять знания функций и основных характеристик электрических и электронных аппаратов;</p> <p><b>Владеть:</b> навыками количественной оценки изменений электромагнитных переменных, прогнозирования функционирования электрической цепи или электротехнического устройства при изменении этих переменных, а также управляющих и возмущающих воздействий; формулирования требований к простейшим электромагнитным устройствам, определения их характеристик и параметров.</p> |
| ОПК-6. Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности | <p>ОПК-6.1. Соблюдает требования нормативной документации при измерении электрических и неэлектрических величин.</p> <p>ОПК-6.2. Знаком с принципами действия измерительных приборов, датчиков, автоматизированного и метрологического оборудования применительно к объектам профессиональной деятельности;</p> <p>ОПК-6.3. Выбирает средства измерения, проводит измерения</p>                                                                                                                          | <p><b>Знать:</b> основные методы и средства измерений, источники возникновения погрешностей измерений, основы организации поверки средств измерений, методы оценки и расчета погрешностей измерений применительно к объектам профессиональной деятельности;</p> <p><b>Уметь:</b> измерять основные электрические и неэлектрические величины, эффективно использовать современные аналоговые и цифровые средства измерительной</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

|  |                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | электрических и неэлектрических величин, обрабатывает результаты измерений и оценивает их погрешность; | техники, квалифицированно выбирать эффективные методы и средства при организации измерений и испытаний, выбирать тип и класс точности прибора в зависимости от поставленных задач измерения, определять погрешность средств измерений и результатов измерений;<br><b>Владеть:</b> методиками измерений основных электрических величин, методами эффективного использования современных аналоговых и цифровых средств измерительной техники, методиками квалифицированного выбора наиболее эффективных методов и средств при организации измерений и испытаний, методиками выбора типов и классов точности приборов в зависимости от поставленных измерительных задач, методами определения погрешности средств измерений и результатов измерений. |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### 4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

| Вид учебной работы                                                             | Объем часов (зач. ед.)          |                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|                                                                                | Очная форма                     | Заочная форма                   |
| <b>Общая учебная нагрузка (всего)</b>                                          | <b>144</b><br><b>(4 зач ед)</b> | <b>144</b><br><b>(4 зач.ед)</b> |
| <b>Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)</b><br><b>в том числе:</b> | <b>68</b>                       | <b>16</b>                       |
| Лекции                                                                         | 34                              | 8                               |
| Семинарские занятия                                                            | -                               | -                               |
| Практические занятия                                                           | 17                              | 4                               |
| Лабораторные работы                                                            | 17                              | 4                               |
| Курсовая работа (курсовой проект)                                              | -                               | -                               |
| Другие формы и методы организации образовательного процесса                    | -                               | -                               |
| <b>Самостоятельная работа студента (всего)</b>                                 | <b>76</b>                       | <b>128</b>                      |
| Итоговая аттестация                                                            | экзамен                         | экзамен                         |

##### 4.2. Содержание разделов дисциплины

Семестр 2

#### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ

##### Тема 1. Цель и задачи курса, его связь с другими дисциплинами

Цель и задачи курса, связь с другими дисциплинам. Общие сведения по

метрологию и измерения. История метрологии измерений

## **Тема 2. Метрология, разделы и функции**

Физические величины, их характеристики и классификация. Единицы физических величин и системы физических величин.

## **Тема 3. Теория измерений**

Классификация измерений. Основные понятия про государственную систему обеспечения единства измерений (ГСИ). Поверка средств измерений (СИ), поверочные схемы. Методы поверки СИ. Требования к образцовым СИ. Планирование и организация измерений. Нормирование метрологических характеристик.

## **Тема 4. Принцип и методы измерений. Средства измерительной техники.**

Основные определения. Общая классификация СИ. Классификация и виды эталонов физических величин. Классификация измерительных преобразователей. Характеристики и структура измерительных приборов. (ИП)

## **Тема 5. Погрешности измерений и средств измерений**

Основная классификация погрешностей средств измерений. Погрешности средств измерений. Классы точности СИ.

## **Тема 6. Некоторые сведения с теории вероятности и статистики про случайные величины и их распределения.**

Дискретные случайные величины, непрерывные случайные величины, числовые характеристики непрерывной случайной величины, случайные величины с распространенными в измерительной технике распределениями, характеристическая функция случайной величины.

## **Тема 7. Обработка результатов измерений**

Обработка результатов однократных измерений. Обработка результатов прямых измерений с многократными наблюдениями. Оценка истинного значения измеряемой величины на основании ограниченного числа измерений

## **СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

### **Тема 8. Меры электрических величин**

Меры ЭДС и напряжения, электрического сопротивления, индуктивности, взаимной индуктивности, емкости.

### **Тема 9. Электрические измерительные устройства и преобразователи. Назначение, основные типы**

Шунты, дополнительные сопротивления, делители напряжения, измерительные трансформаторы тока и напряжения, измерительные усилители, измерительные выпрямители, компараторы измерительных величин

### **Тема 10. Аналоговые измерительные приборы**

Общие сведения. Системы электромеханических приборов. Магнитоэлектрические приборы с преобразователями.

#### **Тема 11. Измерительные мосты и измерительные компенсаторы**

Измерительные мосты постоянного тока, измерительные мосты переменного тока. Компенсаторы напряжения постоянного тока, компенсаторы напряжения переменного тока.

#### **Тема 12. Электронно-лучевые осциллографы**

Общие сведения. Электронно-лучевая трубка. Структура и принцип действия. Технология измерения электрических сигналов

#### **Тема 13. Цифровые средства измерительной техники**

Общие сведения. Аналогово-цифровое преобразование. Основные метрологические характеристики АЦП и цифровых приборов. Классификация аналогово-цифровых преобразований. Основные структурные схемы цифровых средств измерительной техники.

### **ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН**

#### **Тема 14. Измерение тока, напряжения, заряда**

Общие сведения. Измерение постоянных и переменных токов и напряжений. Измерение электрических зарядов.

#### **Тема 15. Измерение мощности, энергии и показателей качества электроэнергии, частоты**

Общие сведения. Измерение мощности постоянного и однофазного переменного тока. Измерение активной и реактивной мощности в сети трехфазного переменного тока. Измерение энергии. Измерение показателей качества электроэнергии. Измерение частоты.

#### **Тема 16. Измерение электрического сопротивления**

Общие сведения. Прямые и косвенные измерения сопротивлению особенности измерения сопротивления изоляции и сопротивления заземления Измерение сопротивления цифровыми приборами

#### **Тема 17. Измерение параметров электрических цепей переменного тока.**

Особенности измерений, составляющих комплексного электрического сопротивления приборами прямого преобразования. Преобразования параметров комплексного сопротивления в напряжение. Мостовые методы измерения параметров  $L$ ,  $R$ ,  $C$ .

### **ИЗМЕРЕНИЕ МАГНИТНЫХ ВЕЛИЧИН.**

#### **Тема 18. Метрологические аспекты измерений магнитных величин Измерение параметров магнитного поля.**

Физические основы магнитометрии. Метрологическое обеспечение магнитных измерений.

Индукционный метод измерения параметров магнитного поля. Квантовые магниторезонансные методы измерений параметров магнитного поля. Измерение параметров магнитных полей методом компарирования.

### 4.3. Лекции

| №<br>п/п      | Название темы                                                                                                                                                     | Объем часов    |                  |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------|
|               |                                                                                                                                                                   | Очная<br>форма | Заочная<br>форма |
| 1             | Вводная лекция. Цели и задачи курса, его связь с другими дисциплинами. Общие сведения про метрологию и измерения. История измерений                               | 2              | 2                |
| 2             | Метрология, ее разделы и функции. Классификация измерений.                                                                                                        | 2              |                  |
| 3             | Принципы и методы измерений                                                                                                                                       | 2              |                  |
| 4             | Основная классификация погрешностей средств измерений. Погрешности СИ. Классы точности СИ.                                                                        | 2              |                  |
| 5             | Некоторые сведения из теории вероятности и математической статистики про случайные величины и законы их распределения. Обработка результатов измерений            | 2              |                  |
| 6             | Электрические измерительные устройства преобразователи. Назначения. Основные типы.                                                                                | 2              | 2                |
| 7             | Измерительные трансформаторы тока и напряжения                                                                                                                    | 2              |                  |
| 8             | Аналоговые измерительные приборы ЧАСТЬ 1. Общие сведения. Механические узлы, детали, успокоители. Системы электромеханических приборов                            | 2              |                  |
| 9             | Аналоговые измерительные приборы. ЧАСТЬ 2 Системы электромеханических приборов                                                                                    | 2              |                  |
| 10            | Магнитоэлектрические приборы с преобразователями. Электронные приборы                                                                                             | 2              |                  |
| 11            | Измерительные мосты и компенсаторы                                                                                                                                | 2              |                  |
| 12            | Электронно-лучевые осциллографы                                                                                                                                   | 2              | 2                |
| 13            | Цифровые измерительные приборы. Общие сведения. АЦП. Основные метрологические характеристики. Принцип построения измерений. Цифровые вольтметры, частотомеры      | 2              |                  |
| 14            | Измерение тока, напряжения, сопротивления аналоговыми и цифровыми приборами.                                                                                      | 2              |                  |
| 15            | Измерение мощности, энергии, показателей качества электроэнергии.                                                                                                 | 2              | 2                |
| 16            | Измерение параметров электрических цепей переменного тока. Измерение емкости и тангенса угла потерь, измерение индуктивности, добротности, взаимной индуктивности | 2              |                  |
| 17            | Измерение магнитных величин. Метрологическая основа магнитных измерений. Измерения, магнитного потока, магнитной индукции и напряженности магнитного поля         | 2              |                  |
| <b>Итого:</b> |                                                                                                                                                                   | <b>34</b>      | <b>8</b>         |

#### 4.4. Практические (семинарские) занятия

| № п/п  | Название темы                                                                                                                                                                                  | Объем часов |               |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------|
|        |                                                                                                                                                                                                | Очная форма | Заочная форма |
| 1      | Расчет погрешностей СИ. Классы точности средств измерений. Погрешности прямых измерений. Погрешности косвенных измерений. Дополнительные погрешности                                           | 4           | 2             |
| 2      |                                                                                                                                                                                                |             |               |
| 3      |                                                                                                                                                                                                | 4           |               |
| 4      | Обработка результатов измерений. Обработка многократных и однократных измерений.Оценка истинного значения измеряемой величины.                                                                 |             |               |
| 5      | Расчет шунтов и добавочных сопротивлений.                                                                                                                                                      | 2           | 2             |
| 6      | Расчет характеристик электроизмерительных приборов. Постоянна прибора, цена деления прибора, схема включения приборов через трансформаторы тока и напряжения. Расчет параметров схем измерений | 4           |               |
| 7      |                                                                                                                                                                                                |             |               |
| 8      | Измерение мощности электрического тока в однофазных и трехфазных цепях синусоидального тока.                                                                                                   | 2           |               |
| 9      | Выбор средства измерения для проведения измерений при заданных условиях и параметрах                                                                                                           | 1           |               |
| Итого: |                                                                                                                                                                                                | 17          | 4             |

#### 4.5. Лабораторные работы

| № п/п  | Название темы                                                                                  | Объем часов |               |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------|
|        |                                                                                                | Очная форма | Заочная форма |
| 1      | Вводное занятие. Техника безопасности при работе с СИ под напряжением                          | 2           | 2             |
| 2      | Поверка СИ                                                                                     | 2           |               |
| 3      | Измерение сопротивления методом вольтметра и амперметра                                        |             |               |
| 4      | Расширение пределов измерений напряжения измерительных механизмов магнитоэлектрической системы | 4           |               |
| 5      |                                                                                                |             |               |
| 6      | Исследование однофазного индукционного счетчика электрической энергии                          | 2           | 2             |
| 7      | Измерение мощности в трехфазной цепи синусоидального тока                                      | 3           |               |
| 8      |                                                                                                |             |               |
| 9      | Итоговое занятие                                                                               | 2           |               |
| Итого: |                                                                                                | 17          | 4             |

#### 4.6. Самостоятельная работа студентов

| № п/п         | Название темы                                                                                                                                                                                                                                              | Объем часов |               |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------|
|               |                                                                                                                                                                                                                                                            | Очная форма | Заочная форма |
| 1             | Единицы физических величин и системы физических величин. Основные и производные единицы                                                                                                                                                                    | 4           | 6             |
| 2             | Основные понятия про государственную систему обеспечения единства измерений. Поверка средств измерений. Поверочные схемы. Методы поверки СИ. Требования к образцовым СИ. Планирование и организация измерений. Нормирование метрологических характеристик. | 8           | 12            |
| 3             | Общая классификация СИ. Классификация и виды эталонов физических величин. Классификация измерительных преобразователей. Основная классификация СИ.                                                                                                         | 4           | 10            |
| 4             | Меры ЭДС и напряжения, электрического сопротивления, индуктивности, взаимной индуктивности, емкости                                                                                                                                                        | 4           | 10            |
| 5             | Измерительные выпрямители, компараторы измерительных величин.                                                                                                                                                                                              | 4           | 10            |
| 6             | Технология измерения электрических сигналов электронно-лучевым осциллографом                                                                                                                                                                               | 4           | 10            |
| 7             | Классификация аналогово-цифровых преобразований                                                                                                                                                                                                            | 4           | 4             |
| 8             | Измерение электрических зарядов                                                                                                                                                                                                                            | 4           | 10            |
| 9             | Измерение частоты                                                                                                                                                                                                                                          | 4           | 10            |
| 10            | Преобразование параметров комплексного сопротивления в напряжение                                                                                                                                                                                          | 6           | 10            |
| 11            | Мостовые схемы измерения параметров R,L,C                                                                                                                                                                                                                  | 6           | 10            |
| 12            | Физические основы магнитометрии. Метрологическое обеспечение магнитных измерений                                                                                                                                                                           | 6           | 10            |
| 13            | Измерение магнитных параметров и характеристик материалов.                                                                                                                                                                                                 | 10          | 10            |
| <b>Итого:</b> |                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>76</b>   | <b>128</b>    |

#### 4.7. Курсовые работы/проекты.

Не предусмотрены рабочим учебным планом.

#### 5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

*Информационные технологии:* использование электронных образовательных ресурсов (электронные конспект лекций, методические указания, размещенные во

внутренней сети и сайте кафедры) при подготовке к лекциям и практическим занятиям, наглядные пособия и плакаты.

## 6. Формы контроля освоения дисциплины.

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем, ведущими практические занятия по дисциплине в следующих формах:

- тестирование;
- контрольные работы (заочная форма обучения);
- выполнение и защита лабораторных работ.
- Фонды оценочных средств, включающие типовые задания, контрольные работы, тесты и методы контроля, позволяющие оценить результаты обучающихся по данной дисциплине, помещаются в УМКД.
- Итоговый контроль по результатам освоения дисциплины проходит в форме письменного экзамена (включает в себя ответ на теоретические вопросы и написание программного кода). Студентам, выполнившим 75% текущих и контрольных мероприятий на «отлично», а остальные 25 % на «хорошо», имеют право на получение итоговой отличной оценки.
- В экзаменационную ведомость и зачетную книжку выставляются оценки по национальной шкале, приведенной в таблице.

| Национальная шкала      | Характеристика знания предмета и ответов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Зачеты     |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| отлично (5)             | Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендуемую литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. | зачтено    |
| хорошо (4)              | Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.                                    |            |
| удовлетворительно (3)   | Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в излагаемых ответах в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.                                   |            |
| неудовлетворительно (2) | Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями                                                                                                                                  | не зачтено |

|  |                                                                                                                |  |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | и навыками при выполнении практических задач.<br>Студент отказывается от ответов на<br>дополнительные вопросы. |  |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

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

### **а) основная литература:**

1. Метрология и радиоизмерения [Электронный ресурс]: учебник / Лютиков И.В., Фомин А.Н., Леусенко В.А. - Красноярск: СФУ, 2016.
2. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Под общей редакцией Б.Н. Тихонова. - 2-е изд., стереотип. - М.: Горячая линия - Телеком, 2012.
3. Богомолова С.А., Метрология и измерительная техника. Технические требования к средствам измерений: электронный учебник / Богомолова С.А. - М.: МИСиС, 2019. - 172 с
4. Лабковская Р.Я., Метрология и электрорадиоизмерения / Лабковская Р.Я. - М.: Национальный Открытый Университет "ИНТУИТ", 2016.
5. Лютиков И.В., Метрология и радиоизмерения: учебник / Лютиков И.В., Фомин А.Н., Леусенко В.А. - Красноярск: СФУ, 2016. - 508 с.

### **б) дополнительная литература:**

1. Бабёр А.И., Электрические измерения: учеб. пособие / А.И. Бабёр, Е.Т. Харевская. - Минск: РИПО, 2019. - 106 с.
2. Коминов С.В., Метрология. Технические измерения и приборы / Коминов С.В. - М.: МИСиС, 2009. - 113 с
3. Электротехника. Лабораторный практикум [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.Ф. Клепча - Минск: РИПО, 2016.
4. Новикова Н.В., Электрические измерения. Лабораторный практикум: учеб. пособие / Н.В. Новикова, В.О. Афонько. - Минск: РИПО, 2018. - 215 с.
5. Кудасов Ю.Б., Электрофизические измерения / Кудасов Ю.Б. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 184 с.

### **в) методические рекомендации:**

1. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Основы метрологии и электрических измерений»/ Сост. Мирошниченко О.Н., Лойко А.В. Луганск: Изд-во ВНУ им. В. Даля, 2015. – 15 с.

### **г) интернет-ресурсы:**

Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>

Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

#### **Электронные библиотечные системы и ресурсы**

Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

#### **Информационный ресурс библиотеки образовательной организации**

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

### **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Освоение дисциплины «Основы метрологии и электрические измерения» предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет

#### **Программное обеспечение:**

| <b>Функциональное назначение</b> | <b>Бесплатное программное обеспечение</b> | <b>Ссылки</b>                                                                                                                                                                |
|----------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Офисный пакет                    | Libre Office 6.3.1                        | <a href="https://www.libreoffice.org/">https://www.libreoffice.org/</a><br><a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice">https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice</a> |
| Операционная система             | UBUNTU 19.04                              | <a href="https://ubuntu.com/">https://ubuntu.com/</a><br><a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu">https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu</a>                             |
| Браузер                          | Firefox Mozilla                           | <a href="http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx">http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx</a>                                                                                      |
| Браузер                          | Opera                                     | <a href="http://www.opera.com">http://www.opera.com</a>                                                                                                                      |
| Почтовый клиент                  | Mozilla Thunderbird                       | <a href="http://www.mozilla.org/ru/thunderbird">http://www.mozilla.org/ru/thunderbird</a>                                                                                    |
| Файл-менеджер                    | Far Manager                               | <a href="http://www.farmanager.com/download.php">http://www.farmanager.com/download.php</a>                                                                                  |
| Архиватор                        | 7Zip                                      | <a href="http://www.7-zip.org/">http://www.7-zip.org/</a>                                                                                                                    |
| Графический                      | GIMP (GNU Image                           | <a href="http://www.gimp.org/">http://www.gimp.org/</a>                                                                                                                      |

|              |                       |                                                                                                                                                                                |
|--------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| редактор     | Manipulation Program) | <a href="http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8">http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8</a><br><a href="http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP">http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP</a> |
| Редактор PDF | PDFCreator            | <a href="http://www.pdfforge.org/pdfcreator">http://www.pdfforge.org/pdfcreator</a>                                                                                            |
| Аудиоплеер   | VLC                   | <a href="http://www.videolan.org/vlc/">http://www.videolan.org/vlc/</a>                                                                                                        |

Паспорт  
фонда оценочных средств по учебной дисциплине  
«Основы метрологии и электрические измерения»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в  
результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

| №<br>п/п | Код<br>контролируемой<br>компетенции | Формулировка<br>контролируемой<br>компетенции                                                                                  | Контролируемые темы учебной дисциплины,<br>лабораторных работ                                          | Этапы<br>формирования<br>(семестр<br>изучения) |
|----------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1        | ОПК-4                                | Способность использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин                              | Тема 1. Цель и задачи курса, его связь с другими дисциплинами                                          | 4                                              |
|          |                                      |                                                                                                                                | Тема 2. Метрология, разделы и функции                                                                  | 4                                              |
|          |                                      |                                                                                                                                | Тема 3. Теория измерений                                                                               | 4                                              |
|          |                                      |                                                                                                                                | Тема 4. Принцип и методы измерений. Средства измерительной техники.                                    | 4                                              |
|          |                                      |                                                                                                                                | Тема 5. Погрешности измерений и средств измерений                                                      | 4                                              |
|          |                                      |                                                                                                                                | Тема 6. Некоторые сведения с теории вероятности и статистики про случайные величины и их распределения | 4                                              |
|          |                                      |                                                                                                                                | Тема 7. Обработка результатов измерений                                                                | 4                                              |
|          |                                      |                                                                                                                                | Тема 8. Меры электрических величин                                                                     | 4                                              |
|          |                                      |                                                                                                                                | Тема 9. Электрические измерительные устройства и преобразователи. Назначение, основные типы            | 4                                              |
|          |                                      |                                                                                                                                | Тема 10. Аналоговые измерительные приборы                                                              | 4                                              |
|          |                                      |                                                                                                                                | Тема 11. Измерительные мосты и измерительные компенсаторы                                              | 4                                              |
|          |                                      |                                                                                                                                | Тема 12. Электронно-лучевые осциллографы                                                               | 4                                              |
|          |                                      |                                                                                                                                | Тема 13. Цифровые средства измерительной техники                                                       | 4                                              |
| 2.       | ОПК-6                                | Способность проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности | Тема 14. Измерение тока, напряжения, заряда                                                            | 4                                              |
|          |                                      |                                                                                                                                | Тема 15. Измерение мощности, энергии и показателей качества электроэнергии, частоты                    | 4                                              |
|          |                                      |                                                                                                                                | Тема 16. Измерение параметров электрических цепей переменного тока.                                    | 4                                              |
|          |                                      |                                                                                                                                | Тема 17. Метрологические аспекты измерений магнитных величин Измерение параметров магнитного поля.     | 4                                              |
|          |                                      |                                                                                                                                | Тема 12. Электронно-лучевые осциллографы                                                               | 4                                              |
|          |                                      |                                                                                                                                | Тема 13. Цифровые средства измерительной техники                                                       | 4                                              |
|          |                                      |                                                                                                                                | Тема 14. Измерение тока, напряжения, заряда                                                            | 4                                              |
|          |                                      |                                                                                                                                | Тема 15. Измерение мощности, энергии и показателей качества электроэнергии, частоты                    | 4                                              |

|  |  |  |                                                                                                   |   |
|--|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
|  |  |  | Тема 16. Измерение параметров электрических цепей переменного тока.                               | 4 |
|  |  |  | Тема 17. Метрологические аспекты измерений магнитных величин Измерение параметров магнитного поля | 4 |

**Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания**

| № п/п | Код контролируемой компетенции | Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Показатель оценивания (знания, умения, навыки)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Контролируемые темы учебной дисциплины                                                                                                                                         | Наименование оценочного средства                                                                        |
|-------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | ОПК-4                          | ОПК-4.1. Способен оценить актуальность решаемой задачи на основе анализа научно-технической литературы и информационных материалов по тематике исследования;<br>ОПК-4.2. Способен подготовить исходные данные для математического описания физики процесса в электрических цепях и электрических машинах с учетом их назначения и элементной базы;<br>ОПК-4.3. Способен адекватно применить математический инструментальный при моделировании электрических цепей и электрических машин. | 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; принцип действия электронных устройств;<br>Уметь: анализировать установившиеся режимы работы трансформаторов и вращающихся электрических машин различных типов, использовать знания их режимов работы и характеристик; применять знания функций и основных характеристик электрических и электронных аппаратов;<br>Владеть: навыками количественной оценки изменений электромагнитных переменных, прогнозирования функционирования электрической цепи или электротехнического устройства при изменении этих переменных, а также управляющих и | Тема 1<br>Тема 2<br>Тема 3<br>Тема 4<br>Тема 5<br>Тема 6<br>Тема 7<br>Тема 8<br>Тема 9<br>Тема 10<br>Тема 11<br>Тема 12<br>Тема 13<br>Тема 14<br>Тема 15<br>Тема 16<br>Тема 17 | Вопросы к лабораторным работам, вопросы для контроля выполнения курсового проекта и вопросы к экзаменам |

|   |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                |
|---|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | возмущающих воздействий; формулирования требований к простейшим электромагнитным устройствам, определения их характеристик и параметров.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                |
| 2 | ОПК-6 | <p>ОПК-6.1. Соблюдает требования нормативной документации при измерении электрических и неэлектрических величин.</p> <p>ОПК-6.2. Знаком с принципами действия измерительных приборов, датчиков, автоматизированного и метрологического оборудования применительно к объектам профессиональной деятельности;</p> <p>ОПК-6.3. Выбирает средства измерения, проводит измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывает результаты измерений и оценивает их погрешность;</p> | <p><b>Знать:</b> основные методы и средства измерений, источники возникновения погрешностей измерений, основы организации поверки средств измерений, методы оценки и расчета погрешностей измерений применительно к объектам профессиональной деятельности;</p> <p><b>Уметь:</b> измерять основные электрические и неэлектрические величины, эффективно использовать современные аналоговые и цифровые средства измерительной техники, квалифицированно выбирать эффективные методы и средства при организации измерений и испытаний, выбирать тип и класс точности прибора в зависимости от поставленных задач измерения, определять погрешность средств измерений и результатов измерений;</p> <p><b>Владеть:</b> методиками измерений основных электрических величин, методами эффективного использования современных аналоговых и цифровых средств измерительной техники, методиками квалифицированного выбора наиболее эффективных методов и средств при организации измерений и испытаний, методиками выбора типов и классов точности приборов в зависимости от</p> | <p>Тема 1</p> <p>Тема 2</p> <p>Тема 3</p> <p>Тема 4</p> <p>Тема 5</p> <p>Тема 6</p> <p>Тема 7</p> <p>Тема 8</p> <p>Тема 9</p> <p>Тема 10</p> <p>Тема 11</p> <p>Тема 12</p> <p>Тема 13</p> <p>Тема 14</p> <p>Тема 15</p> <p>Тема 16</p> <p>Тема 17</p> | <p>Вопросы к лабораторным работам, вопросы для контроля выполнения курсового проекта и вопросы к экзаменам</p> |

|  |  |  |                                                                                                               |  |  |
|--|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|  |  |  | поставленных измерительных задач, методами определения погрешности средств измерений и результатов измерений. |  |  |
|--|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

## Фонды оценочных средств по дисциплине «Основы метрологии и электрические измерения»

### Оценочные средства для текущей аттестации (лабораторная работа):

Вопросы к лабораторным работам:

1. Что называется поверкой средств измерений (СИ)?
  2. Что такое класс точности средства измерений?
  3. Что такое нормируемое значение?
  4. Что такое погрешность измерений?
  5. Что такое основная погрешность СИ?
  6. Что такое метрологические характеристики СИ?
  7. Какие требования предъявляются к образцовым СИ?
  8. Назовите нормируемые метрологические характеристики?
  9. Что такое цена деления?
  10. Как классифицируются погрешности по источнику возникновения?
  11. Что такое диапазон измерений?
  12. Методы поверки СИ?
  13. Какие измерения называются косвенными? Приведите пример косвенного измерения.
  14. Почему внутреннее сопротивление вольтметра выбирают как можно большего значения?
  15. Что такое методическая погрешность?
  16. Какую схему включения амперметра и вольтметра необходимо применять при измерении относительно малых сопротивлений?
  17. Что такое приведенная погрешность?
  18. К какой группе средств измерений в зависимости от соотношения между аддитивной и мультипликативной составляющими погрешностями относятся использованные вами для измерения амперметр и вольтметр. Что понимают под классом точности для этой группы приборов?
  19.  $\textcircled{1,5}$  - для чего используется это обозначение?
- Сформулируйте условия для создания вращающихся и бегущих магнитных полей.
20. Из каких конструктивных элементов состоит счетчик?
  21. Объяснить принцип действия счетчика.
  22. Что такое самоход счетчика и как его устранить?
  23. Как измерить реактивную энергию трехфазной цепи?

24. Предложите формулу расчета добавочных сопротивлений для двухпредельного вольтметра с магнитоэлектрическим ИМ.
25. Требования, предъявляемые к параметрам добавочных сопротивлений
26. Можно ли в качестве добавочных сопротивлений использовать резисторы включенные параллельно или последовательно?
27. Какие параметры измерительной цепи вольтметра будут влиять на его точность?
28. Как установить класс точности вольтметра с новыми пределами измерения?
29. Какие ещё методы измерения активной и реактивной мощностей существуют?
30. Как определить цену деления ваттметра, включённого через трансформатор тока?
31. Как измерить активную мощность симметричной трехфазной цепи при отсутствии нулевого провода одним ваттметром?
32. Как включается в цепь трехфазный ваттметр?

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству текущего контроля (лабораторная работа):

| Шкала оценивания      | Критерий оценивания                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| отлично (5)           | выполнены все задания лабораторной работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы, нет погрешностей в оформлении работы.                                                          |
| хорошо (4)            | задания лабораторной работы выполнены с несущественными недочетами или неточностями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями, присутствуют некоторые погрешности в оформлении.          |
| удовлетворительно (3) | выполнены все задания лабораторной работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями, допущено небрежность и неточность у оформления.                                       |
| незачтено (2)         | Студентом допущены серьезные ошибки по содержанию работы или задания лабораторной работы выполнены неправильно; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы. |

**Оценочные средства для текущей аттестации (контрольная работа):**

### **Контрольное задание №1**

1. В электрическую цепь, согласно варианту, таблица 3-1, включить приборы для измерения тока, напряжения мощности.

*Определить:*

- показания приборов с учетом их внутренних сопротивлений;
- абсолютную погрешность измерения, относительную методическую погрешность, наибольшую относительную погрешность результата измерений,

среднеквадратичную относительную погрешность, обусловленную: а) классом точности и пределом измерения прибора;

б) внутренним сопротивлением прибора ( $R_{ВТ}$ ).

- мощность, потребляемую измерительными приборами.

Схемы к контрольному заданию №1

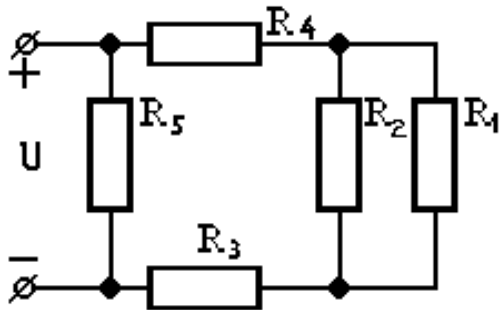


Рисунок – 3.1

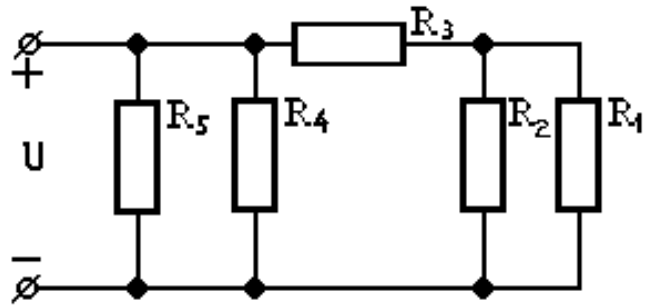


Рисунок – 3.2

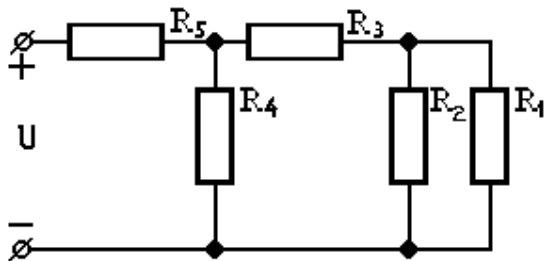


Рисунок – 3.3

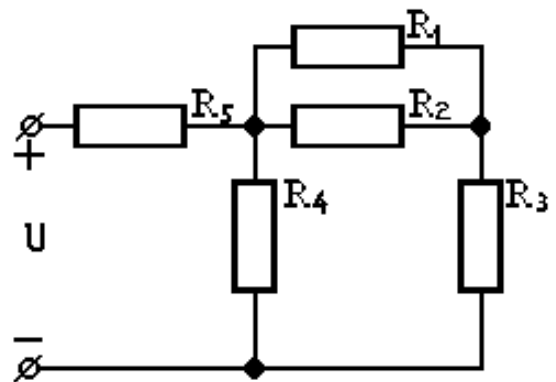


Рисунок – 3.4

Таблица 1-1 – Варианты заданий к контрольному заданию №3

| № вариан-<br>та | U, В | R <sub>1</sub> , Ом | R <sub>2</sub> , Ом | R <sub>3</sub> , Ом | R <sub>4</sub> , Ом | R <sub>5</sub> , Ом | R <sub>V</sub> , Ом | R <sub>A</sub> , Ом | R <sub>W1</sub> , Ом | R <sub>W2</sub> , Ом | γ <sub>A</sub> , % | γ <sub>V</sub> , % | γ <sub>W</sub> , % | U <sub>H</sub> , В | I <sub>H</sub> , А | U <sub>HW</sub> , В | I <sub>HW</sub> , А | №<br>рис. |
|-----------------|------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-----------|
| 1               | 10   | **<br>20            | 30<br>***           | *<br>10             | 20<br>**            | ***<br>40           | 500                 | 2                   | 3                    | 500                  | 1                  | 1,5                | 0,5                | 10                 | 0,5                | 10                  | 0,5                 | 3.1       |
| 2               | 15   | 40                  | 60                  | 15                  | 18                  | 20                  | 400                 | 5                   | 4                    | 400                  | 1                  | 1                  | 1                  | 10                 | 2                  | 10                  | 1,5                 | 3.2       |
| 3               | 20   | **<br>60            | *<br>40             | ***<br>18           | 15                  | 20                  | 500                 | 4                   | 5                    | 600                  | 0,5                | 1                  | 0,5                | 15                 | 1,5                | 10                  | 1                   | 3.3       |
| 4               | 25   | 60                  | **<br>60            | *<br>40             | ***<br>25           | 30                  | 200                 | 2                   | 4                    | 400                  | 1,5                | 1                  | 1                  | 20                 | 5                  | 15                  | 4                   | 3.4       |
| 5               | 30   | 60                  | *<br>50             | **<br>30            | ***<br>50           | 120                 | 500                 | 3                   | 2                    | 400                  | 0,5                | 1                  | 1                  | 25                 | 0,5                | 20                  | 0,5                 | 3.1       |
| 6               | 35   | **<br>20            | ***<br>80           | 28                  | 30                  | *<br>40             | 600                 | 5                   | 3                    | 600                  | 1                  | 0,5                | 1,5                | 20                 | 2                  | 20                  | 2                   | 3.2       |
| 7               | 40   | ***<br>80           | 20                  | 20                  | *<br>45             | 20                  | 800                 | 6                   | 4                    | 900                  | 0,5                | 0,5                | 0,5                | 30                 | 5                  | 20                  | 4                   | 3.3       |
| 8               | 10   | 40                  | ***<br>40           | **<br>35            | 60                  | *<br>15             | 900                 | 7                   | 4                    | 800                  | 0,5                | 1                  | 0,5                | 10                 | 0,5                | 10                  | 0,5                 | 3.4       |
| 9               | 15   | ***<br>40           | *<br>60             | 10                  | 20                  | **<br>30            | 1000                | 4                   | 5                    | 700                  | 1,5                | 2                  | 1                  | 10                 | 1                  | 10                  | 1                   | 3.1       |
| 10              | 20   | **<br>30            | ***<br>70           | 28                  | *<br>35             | 30                  | 800                 | 5                   | 4                    | 500                  | 2                  | 1                  | 1,5                | 10                 | 2                  | 10                  | 1                   | 3.2       |
| 11              | 25   | ***<br>70           | **<br>30            | 25                  | 42                  | *<br>40             | 600                 | 5                   | 3                    | 400                  | 1                  | 0,5                | 1                  | 15                 | 1                  | 10                  | 1                   | 3.3       |
| 12              | 30   | *<br>60             | 40                  | 42                  | 36                  | 30                  | 400                 | 7                   | 4                    | 300                  | 1                  | 0,5                | 1                  | 20                 | 0,5                | 20                  | 0,2                 | 3.4       |
| 13              | 35   | 30                  | **<br>40            | 20                  | *<br>10             | ***<br>30           | 500                 | 8                   | 5                    | 600                  | 0,2                | 0,5                | 0,5                | 30                 | 1                  | 20                  | 1                   | 3.1       |



Продолжение таблицы 1-1

| № вариан-<br>та | U, В | R <sub>1</sub> , Ом | R <sub>2</sub> , Ом | R <sub>3</sub> , Ом | R <sub>4</sub> , Ом | R <sub>5</sub> , Ом | R <sub>V</sub> , Ом | R <sub>A</sub> , Ом | R <sub>W1</sub> , Ом | R <sub>W2</sub> , Ом | γ <sub>A</sub> , % | γ <sub>V</sub> , % | γ <sub>W</sub> , % | U <sub>H</sub> , В | I <sub>H</sub> , А | U <sub>HW</sub> , В | I <sub>HW</sub> , А | №<br>сх.<br>рис. |
|-----------------|------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|------------------|
| 14              | 40   | ***                 | **                  | 15                  | *                   | 25                  | 700                 | 5                   | 4                    | 700                  | 0,5                | 1                  | 0,5                | 30                 | 4                  | 20                  | 3                   | 3.2              |
| 15              | 10   | **                  | ***                 | 18                  |                     | *                   | 600                 | 3                   | 3                    | 800                  | 1                  | 1                  | 1                  | 5                  | 0,5                | 5                   | 0,5                 | 3.3              |
| 16              | 20   | 40                  | **                  | ***                 | *                   | 15                  | 400                 | 2                   | 4                    | 900                  | 0,5                | 0,5                | 0,5                | 10                 | 2                  | 10                  | 2                   | 3.4              |
| 17              | 30   | 3                   | *                   | 2                   | 5                   | 8                   | 500                 | 4                   | 5                    | 1000                 | 1,5                | 1,5                | 1,5                | 20                 | 10                 | 20                  | 1                   | 3.1              |
| 18              | 40   | 50                  | 50                  | 20                  | 28                  | 30                  | 300                 | 5                   | 6                    | 250                  | 2                  | 2                  | 2                  | 25                 | 2                  | 25                  | 2                   | 3.2              |
| 19              | 10   | 30                  | 70                  | 18                  | *                   | 25                  | 200                 | 2                   | 6                    | 300                  | 2                  | 1,5                | 1                  | 10                 | 1                  | 5                   | 1                   | 3.3              |
| 20              | 15   | 60                  | 40                  | 20                  | 28                  | 20                  | 400                 | 4                   | 7                    | 450                  | 1                  | 0,5                | 0,5                | 10                 | 1,5                | 10                  | 1                   | 3.4              |
| 21              | 20   | 5                   | 6                   | 4                   | 4                   | 6                   | 300                 | 3                   | 3                    | 550                  | 0,5                | 1                  | 0,5                | 20                 | 10                 | 20                  | 1                   | 3.1              |
| 22              | 25   | 60                  | 40                  | 30                  | 28                  | 35                  | 400                 | 2                   | 3                    | 650                  | 1,5                | 1                  | 1,5                | 20                 | 1                  | 15                  | 1                   | 3.2              |
| 23              | 30   | 20                  | 80                  | 20                  | 28                  | 25                  | 500                 | 2                   | 4                    | 700                  | 1,5                | 1,5                | 1                  | 20                 | 0,5                | 20                  | 1                   | 3.3              |
| 24              | 35   | 40                  | 60                  | 28                  | 18                  | 46                  | 600                 | 3                   | 4                    | 750                  | 2                  | 1,5                | 1                  | 20                 | 1                  | 20                  | 1                   | 3.4              |
| 25              | 40   | 10                  | 20                  | 40                  | 10                  | 20                  | 700                 | 5                   | 5                    | 800                  | 0,5                | 0,5                | 1                  | 30                 | 5                  | 20                  | 5                   | 3.1              |

Примечание: (\*) - найти напряжение, (\*\*) - найти ток, (\*\*\*) - найти мощность.

1

## Контрольное задание №2

Номинальный режим электроустановки постоянного тока характеризуется напряжением  $U_n$ , током  $I_n$  и мощностью  $P_n$ , измерение которых может быть произведено вольтметром V, амперметром A ваттметром W.

Значения напряжения  $U_n$ , тока  $I_n$  и  $P_n$  характеристики электроизмерительных приборов приведены в таблице 4.1.

*Необходимо:*

а) из двух вольтметров и двух амперметров, предложенных в табл. 4.1, выбрать электроизмерительные приборы, обеспечивающие меньшую возможную относительную погрешность и какой прибор обеспечит более высокую точность заданного измерения;

б) определить пределы, в которых могут находиться действительные значения напряжения и тока при их измерении выбранными приборами;

в) определить возможную относительную погрешность в определении мощности установки по показаниям вольтметра и амперметра.

Таблица 4-1 – Варианты заданий к контрольному заданию №2

| Прибор     | Величина       | Вариант |     |     |      |      |     |     |     |     |     |
|------------|----------------|---------|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
|            |                | 1       | 2   | 3   | 4    | 5    | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  |
| Вольтметры | $U_{пр}$ , В   | 12      | 24  | 12  | 36   | 220  | 220 | 380 | 127 | 36  | 24  |
|            | $U_{1ном}$ , В | 15      | 30  | 75  | 150  | 300  | 450 | 600 | 150 | 150 | 75  |
|            | $\gamma_1$ , % | 1,5     | 1,0 | 0,2 | 0,05 | 0,1  | 0,1 | 0,5 | 0,1 | 2,5 | 1,5 |
|            | $U_{2ном}$ , В | 30      | 75  | 15  | 75   | 450  | 300 | 450 | 300 | 75  | 30  |
|            | $\gamma_2$ , % | 1,0     | 0,5 | 2,5 | 4,0  | 0,05 | 2,5 | 1,5 | 2,5 | 4   | 2,5 |
|            | $N$ , дел      | 50      | 100 | 50  | 150  | 150  | 150 | 150 | 30  | 50  | 150 |

|                   |                 |                |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|-------------------|-----------------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                   |                 | <b>Вариант</b> |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|                   |                 | <b>11</b>      | <b>12</b> | <b>13</b> | <b>14</b> | <b>15</b> | <b>16</b> | <b>17</b> | <b>18</b> | <b>19</b> | <b>20</b> |
| <b>Амперметры</b> | $I_{пр}, A$     | 1,5            | 4         | 4         | 2         | 2         | 0,3       | 0,85      | 2,3       | 2         | 3,5       |
|                   | $I_{1ном}, A$   | 2              | 3         | 5         | 5         | 2,5       | 0,5       | 1         | 2,5       | 5         | 10        |
|                   | $\gamma_1, \%$  | 2,5            | 1,5       | 2,5       | 2,5       | 0,5       | 2,5       | 2,5       | 2,5       | 0,5       | 0,2       |
|                   | $I_{2ном}, A$   | 3              | 5         | 10        | 2,5       | 5         | 1         | 2         | 5         | 2,5       | 5         |
|                   | $\gamma_2, \%$  | 0,5            | 0,05      | 0,1       | 4,5       | 0,2       | 0,05      | 1,0       | 0,1       | 1,5       | 1,5       |
|                   | $N, \text{дел}$ | 100            | 150       | 50        | 50        | 100       | 50        | 100       | 50        | 50        | 100       |
|                   |                 | <b>Вариант</b> |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|                   |                 | <b>21</b>      | <b>22</b> | <b>23</b> | <b>24</b> | <b>25</b> | <b>26</b> | <b>27</b> | <b>28</b> | <b>29</b> | <b>30</b> |
| <b>Ваттметры</b>  | $P_{пр}, Вт$    | 85             | 20        | 25        | 350       | 450       | 75        | 450       | 200       | 250       |           |
|                   | $P_{1ном}, Вт$  | 100            | 30        | 75        | 750       | 750       | 150       | 500       | 500       | 300       | 600       |
|                   | $\gamma_1, \%$  | 1,0            | 0,5       | 0,5       | 0,5       | 0,2       | 0,5       | 1,5       | 1,0       | 1,5       | 0,1       |
|                   | $P_{2ном}, Вт$  | 150            | 25        | 30        | 375       | 500       | 100       | 750       | 250       | 450       | 450       |
|                   | $\gamma_2, \%$  | 0,5            | 0,5       | 2,5       | 2,5       | 2,5       | 2,5       | 0,1       | 2,5       | 0,2       | 2, 5      |
|                   | $N, \text{дел}$ | 150            | 150       | 150       | 150       | 150       | 150       | 150       | 150       | 150       | 150       |

### Контрольное задание №3

В электрическую цепь, согласно варианту, таблица 5.1, для измерения тока и напряжения включены амперметр и вольтметр электромагнитной системы. Параметры схемы и приборов приведены в таблице 5-1, согласно варианту.

Определить:

- абсолютную и методическую погрешности, наибольшую относительную погрешность результата измерений, среднеквадратичную погрешность;
- мощность, потребляемую прибором;
- чувствительность и цену деления прибора.

Схемы к контрольному заданию №3

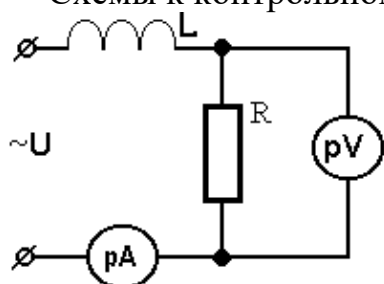


Рис. 5.1

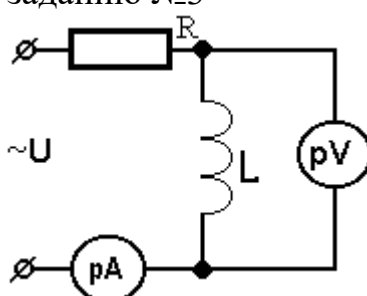


Рис. 5.2

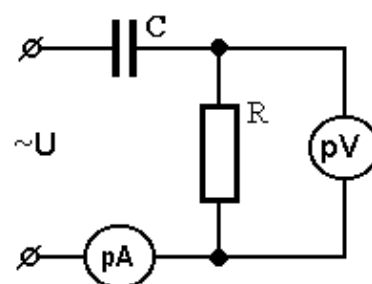


Рис. 5.4

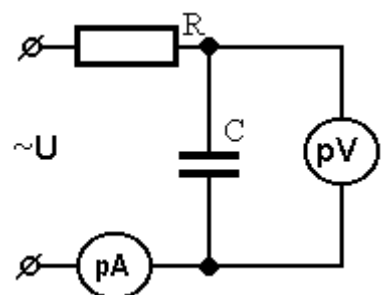


Рис. 5.5

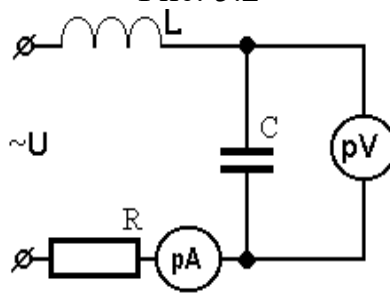


Рис. 5.6

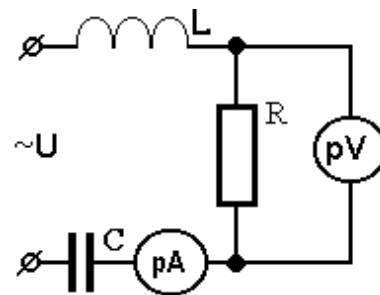


Рис. 5.7

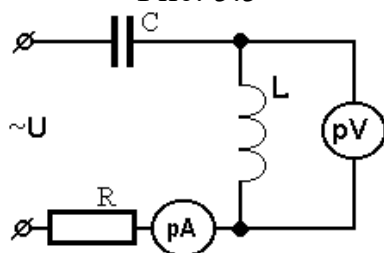


Рис. 5.8

Таблица 5.1 – Варианты заданий к контрольному заданию №3

| № вар. | № схем | Параметры элементов электрической схемы |          |          |           |           |                        |             |            |             |                |                |            |           |             |
|--------|--------|-----------------------------------------|----------|----------|-----------|-----------|------------------------|-------------|------------|-------------|----------------|----------------|------------|-----------|-------------|
|        |        | элементов электрической схемы           |          |          |           |           | измерительных приборов |             |            |             |                |                |            |           |             |
|        |        | $U$ , В                                 | $f$ , Гц | $R$ , Ом | $L$ , мГн | $C$ , мкФ | $R_A$ , Ом             | $L_A$ , мГн | $R_V$ , Ом | $L_V$ , мГн | $\gamma_A$ , % | $\gamma_V$ , % | $I_H$ , мА | $U_H$ , В | $N$ деления |
| 1      | 2      | 3                                       | 4        | 5        | 6         | 7         | 8                      | 9           | 10         | 11          | 12             | 13             | 14         | 15        | 16          |
| 1      | 5.1    | 40                                      | 400      | 100      | 50        | -         | 3                      | 2           | 500        | 10          | 1,0            | 0,5            | 100        | 20        | 50          |
| 2      | 5.2    | 10                                      | 100      | 50       | 100       | -         | 4                      | 4           | 600        | 15          | 1,5            | 2,0            | 200        | 10        | 100         |
| 3      | 5.3    | 20                                      | 200      | 60       | -         | 2         | 5                      | 5           | 700        | 20          | 0,5            | 1,0            | 300        | 25        | 25          |
| 4      | 5.4    | 30                                      | 300      | 70       | -         | 3         | 6                      | 4           | 1000       | 10          | 2,0            | 0,5            | 400        | 25        | 50          |
| 5      | 5.5    | 40                                      | 400      | 80       | 20        | 4         | 4                      | 3           | 2000       | 5           | 0,05           | 0,1            | 500        | 20        | 100         |
| 6      | 5.6    | 50                                      | 500      | 90       | 20        | 5         | 8                      | 6           | 1500       | 6           | 0,2            | 0,5            | 600        | 25        | 25          |
| 7      | 5.7    | 10                                      | 600      | 100      | 30        | 2         | 7                      | 2           | 2000       | 7           | 1,0            | 1,5            | 700        | 10        | 50          |
| 8      | 5.8    | 20                                      | 700      | 50       | 40        | -         | 6                      | 1           | 800        | 8           | 4,0            | 2,0            | 800        | 10        | 100         |
| 9      | 5.1    | 30                                      | 800      | 40       | 50        | -         | 4                      | 0,5         | 700        | 10          | 0,05           | 1,0            | 1000       | 20        | 25          |
| 10     | 5.2    | 40                                      | 900      | 60       | -         | 2         | 2                      | 0,5         | 600        | 5           | 0,2            | 0,5            | 100        | 25        | 50          |
| 11     | 5.3    | 50                                      | 1000     | 300      | -         | 2,5       | 5                      | 5           | 500        | 10          | 0,5            | 0,5            | 200        | 50        | 100         |
| 12     | 5.4    | 10                                      | 1000     | 150      | 40        | 3         | 5                      | 2           | 400        | 2           | 1,0            | 1,5            | 300        | 10        | 25          |
| 13     | 5.5    | 20                                      | 900      | 200      | 30        | 4         | 3                      | 3           | 500        | 4           | 4,0            | 2,0            | 400        | 20        | 50          |
| 14     | 5.6    | 30                                      | 800      | 300      | 40        | 5         | 6                      | 1           | 600        | 6           | 0,05           | 1,0            | 500        | 20        | 100         |
| 15     | 5.7    | 40                                      | 700      | 60       | 60        | -         | 7                      | 4           | 700        | 8           | 0,05           | 0,1            | 600        | 20        | 200         |
| 16     | 5.8    | 50                                      | 600      | 50       | 70        | -         | 8                      | 5           | 800        | 10          | 0,2            | 0,5            | 700        | 50        | 25          |
| 17     | 5.1    | 10                                      | 500      | 200      | -         | 4         | 6                      | 0,5         | 900        | 2           | 1,0            | 1,5            | 800        | 10        | 50          |
| 18     | 5.2    | 20                                      | 400      | 60       | -         | 5         | 4                      | 0,5         | 1000       | 4           | 2,0            | 2,0            | 600        | 20        | 100         |
| 19     | 5.3    | 30                                      | 300      | 40       | 80        | 6         | 5                      | 1           | 1500       | 6           | 4,0            | 0,1            | 500        | 20        | 200         |
| 20     | 5.4    | 40                                      | 200      | 30       | 50        | 7         | 2                      | 2           | 1800       | 8           | 0,05           | 0,1            | 400        | 25        | 250         |
| 21     | 5.5    | 50                                      | 100      | 40       | 60        | 8         | 1                      | 3           | 2000       | 10          | 0,2            | 0,5            | 300        | 25        | 50          |
| 22     | 5.6    | 10                                      | 200      | 50       | 50        | -         | 2                      | 4           | 800        | 2           | 1,0            | 1,5            | 200        | 10        | 100         |
| 23     | 5.7    | 20                                      | 300      | 60       | 40        | -         | 3                      | 5           | 900        | 4           | 2,0            | 2,0            | 100        | 20        | 150         |

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству текущего контроля (контрольная работа):

| Шкала оценивания      | Критерий оценивания                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| отлично (5)           | выполнены все задания лабораторной работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы, нет погрешностей в оформлении работы.                                                          |
| хорошо (4)            | задания лабораторной работы выполнены с несущественными недочетами или неточностями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями, присутствуют некоторые погрешности в оформлении.          |
| удовлетворительно (3) | выполнены все задания лабораторной работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями, допущено небрежность и неточность в оформлении.                                       |
| не зачтено (2)        | Студентом допущены серьезные ошибки по содержанию работы или задания лабораторной работы выполнены неправильно; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы. |

### Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен):

Вопросы к экзамену:

1. Основные характеристики процесса измерений.
2. Теория мостовых схем.
3. Образцовые и рабочие средства измерений. Принципы построения поверочных схем.
4. Случайные погрешности. Характеристика случайных погрешностей.
5. Основные характеристики средств измерений.
6. Статическая и динамическая погрешности.
7. Абсолютная и относительная погрешности.
8. Случайные погрешности. Характеристика случайных погрешностей.
9. Способы получения результатов измерений.
10. Косвенные измерения. Обработка результатов косвенных измерений.  
Погрешность косвенных измерений.
11. Классификация измерений.
12. Понятия физической величины. Эталоны, их классификация.  
Международная система единиц.
13. Временные и точностные характеристики измерений.
14. Нормальное распределение (Гаусса).
15. Оценки случайных погрешностей.
16. Сигналы измерительной информации, общие сведения.
17. Электронно-лучевой осциллограф. Устройство, принцип действия.
18. Методические вопросы измерений. Расширение пределов измерений тока.  
Шунты.
19. Измерения методом сравнения с мерой.
20. Компенсация изменений температуры при измерении тока.

21. Типы погрешностей.
22. Предельное распределение случайных величин.
23. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Среднее квадратическое отклонение.
24. Непрерывные и дискретные сигналы. Дискретизация сигналов.
25. Электромеханические аналоговые измерительные приборы. Классификация, принцип действия, применение.
26. Методические вопросы измерений. Расширение пределов измерений напряжения. Добавочные сопротивления.
27. Измерительные преобразователи (датчики). Их классификация и области применения
28. Аналоговые электронные приборы. Вольтметры постоянного и переменного тока.
29. Электронно-лучевая осциллографическая трубка. Устройство. Принцип работы.
30. Электростатические приборы.
31. Электронные счетчики электрической энергии.
32. Измерение мощности в однофазной цепи.
33. Электронный осциллограф. Понятие линейной развертки.
34. Электродинамические и ферродинамические приборы.
35. Эталоны основных физических величин. История и современность.
36. Измерительные трансформаторы тока и напряжения.
37. Компенсаторы (потенциометры) постоянного тока.
38. Цифровые ваттметры.
39. Измерение фазы. Аналоговые фазометры.
40. Методы преобразования непрерывных измеряемых величин в коды. Метод последовательного счета.
41. Электромагнитные логометры.
42. Метод интерференционных фигур Лиссажу.
43. Электромагнитные приборы.
44. Цифровое кодирование. Позиционные и комбинированные коды.
45. Магнитоэлектрические приборы.
46. Применение осциллографа для измерения фазового сдвига между сигналами.
47. Индукционные приборы. Счетчики активной энергии.
48. Прямые и косвенные измерения. Обработка результатов косвенных измерений. Погрешность косвенных измерений.
49. Измерение частоты.
50. Методы преобразования непрерывных измеряемых величин в коды. Метод линейно возрастающего напряжения.
51. Термопреобразователи.
52. Принцип действия и упрощенная схема цифрового вольтметра на основе метода последовательного счета.
53. Емкостные преобразователи.

54. Приведенная погрешность. Классы точности приборов.
55. Реостатные преобразователи.
56. Измерение сопротивления.
57. Оптические преобразователи.
58. Правила округления результатов измерений.
59. Методы преобразования непрерывных измеряемых величин в коды. Метод приближения
60. Автономные многофункциональные цифровые приборы.
61. Термоэлектрические преобразователи.
62. Сетевые информационно-измерительные системы.
63. Пьезоэлектрические преобразователи.
64. Виртуальные приборы.
65. Тензочувствительные преобразователи.
66. Измерительные системы.
67. Датчики Холла.
68. Компьютерно-измерительные системы.
69. Датчики Виганда.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль (экзамен):

| Шкала оценивания        | Критерий оценивания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| отлично (5)             | Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом, дает полное и логически стройное изложение содержания при ответе в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает свои ответы, хорошо владеет умениями самостоятельно обобщать и излагать материал и навыками при выполнении практических задач. |
| хорошо (4)              | Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в ответах, трактовках и определениях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.                                                                                                                 |
| удовлетворительно (3)   | Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки и непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме, показывает не усвоение отдельных существенных деталей. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 40% ошибок в излагаемых ответах.                                      |
| неудовлетворительно (2) | Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в определении понятий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы                                                                                                |

## Форма листа изменений и дополнений, внесенных в ФОС

### Лист изменений и дополнений

| №<br>п/п | Виды дополнений и<br>изменений | Дата и номер<br>протокола заседания<br>кафедры (кафедр), на<br>котором были<br>рассмотрены и<br>одобрены изменения и<br>дополнения | Подпись (с<br>расшифровкой)<br>заведующего<br>кафедрой<br>(заведующих<br>кафедрами) |
|----------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|          |                                |                                                                                                                                    |                                                                                     |
|          |                                |                                                                                                                                    |                                                                                     |
|          |                                |                                                                                                                                    |                                                                                     |
|          |                                |                                                                                                                                    |                                                                                     |