

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**  
**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ**  
**УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»**  
**(ТУСУР)**



УТВЕРЖДАЮ  
 Директор департамента образования

Документ подписан электронной подписью  
 Сертификат: 1с6сfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820  
 Владелец: Троян Павел Ефимович  
 Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Метрология и технические измерения**

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки / специальность: **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**

Направленность (профиль) / специализация: **Промышленная электроника**

Форма обучения: **заочная (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий)**

Факультет: **ФДО, Факультет дистанционного обучения**

Кафедра: **ПрЭ, Кафедра промышленной электроники**

Курс: **4**

Семестр: **8**

Учебный план набора 2018 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности                             | 8 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|-----------|-------|---------|
| 1 | Самостоятельная работа под руководством преподавателя | 12        | 12    | часов   |
| 2 | Контроль самостоятельной работы                       | 2         | 2     | часов   |
| 3 | Всего контактной работы                               | 14        | 14    | часов   |
| 4 | Самостоятельная работа                                | 121       | 121   | часов   |
| 5 | Всего (без экзамена)                                  | 135       | 135   | часов   |
| 6 | Подготовка и сдача экзамена                           | 9         | 9     | часов   |
| 7 | Общая трудоемкость                                    | 144       | 144   | часов   |
|   |   |           | 4.0   | З.Е.    |

Контрольные работы: 8 семестр - 1

Экзамен: 8 семестр

Томск 2018

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, утвержденного 12.03.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры КСУП «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_.

Разработчик:

доцент каф. КСУП

\_\_\_\_\_ В. Ф. Отчалко

Заведующий обеспечивающей каф.  
КСУП

\_\_\_\_\_ Ю. А. Шурыгин

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ФДО

\_\_\_\_\_ И. П. Черкашина

Заведующий выпускающей каф.  
ПрЭ

\_\_\_\_\_ С. Г. Михальченко

Эксперты:

Доцент кафедры технологий электронного обучения (ТЭО)

\_\_\_\_\_ Ю. В. Морозова

Профессор кафедры компьютерных систем в управлении и проектировании (КСУП)

\_\_\_\_\_ В. М. Зюзьков

Профессор кафедры промышленной электроники (ПрЭ)

\_\_\_\_\_ Н. С. Легостаев

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

Целью дисциплины «Метрология и технические измерения» (МиТИ) является обучение студентов основам метрологического обеспечения современной науки и техники.

### 1.2. Задачи дисциплины

– Основными задачами дисциплины является изучение теоретических основ метрологии, положений теории погрешностей, современных методов и средств измерения физических величин, способов обработки результатов измерений, изучение системы обеспечения единства измерений.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Метрология и технические измерения» (Б1.Б.14) относится к блоку 1 (базовая часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Математика, Микроэлектроника, Физика, Электротехника и электроника.

Последующими дисциплинами являются: Безопасность жизнедеятельности, Научно-исследовательская работа, Преддипломная практика, Учебно-исследовательская работа.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-5 способностью использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных;

– ОПК-7 способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** основы метрологического обеспечения измерений; основные методы и средства измерения физических величин, тенденции развития современной измерительной техники

– **уметь** измерять физические величины, обрабатывать и представлять результаты измерений .

– **владеть** навыками современных (с учетом тенденций развития измерительной техники) экспериментальных измерений, методами обработки и представления результатов и оценки погрешности измерений

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

| Виды учебной деятельности   | Всего часов | Семестры  |
|---|-------------|-----------|
|   |             | 8 семестр |
| Контактная работа (всего)   | 14          | 14        |
| Самостоятельная работа под руководством преподавателя (СРП)       | 12          | 12        |
| Контроль самостоятельной работы (КСР)                             | 2           | 2         |
| Самостоятельная работа (всего)                                    | 121         | 121       |
| Подготовка к контрольным работам                                  | 2           | 2         |
| Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса | 119         | 119       |
| Всего (без экзамена)  | 135         | 135       |
| Подготовка и сдача экзамена                                       | 9           | 9         |
| Общая трудоемкость, ч   | 144         | 144       |

|                  |     |  |
|------------------|-----|--|
| Зачетные Единицы | 4.0 |  |
|------------------|-----|--|

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

| Названия разделов дисциплины   | СРП, ч | КСР, ч | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|--|--------|--------|--------------|----------------------------|-------------------------|
| <b>8 семестр</b>   |        |        |              |                            |                         |
| 1 Основы метрологии. Теория погрешностей. Обработка результатов измерений. | 5      | 2      | 56           | 61                         | ОПК-5, ОПК-7            |
| 2 Методы и средства измерения физических величин. Автоматизация измерений  | 5      |        | 55           | 60                         | ОПК-5, ОПК-7            |
| 3 Обеспечение единства измерений.  | 2      |        | 10           | 12                         | ОПК-5, ОПК-7            |
| Итого за семестр   | 12     | 2      | 121          | 135                        |                         |
| Итого  | 12     | 2      | 121          | 135                        |                         |

### 5.2. Содержание разделов дисциплины (самостоятельная работа под руководством преподавателя)

Содержание разделов дисциплин (самостоятельная работа под руководством преподавателя) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (самостоятельная работа под руководством преподавателя)

| Названия разделов  | Содержание разделов дисциплины (самостоятельная работа под руководством преподавателя)   | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|--|--|-----------------|-------------------------|
| <b>8 семестр</b>   |  |                 |                         |
| 1 Основы метрологии. Теория погрешностей. Обработка результатов измерений. | Основные понятия, термины и определения метрологии. Система единиц физических величин (ФВ). Классификации видов измерений, методов и средств измерений (СИ). Основные метрологические характеристики СИ. Основы теории погрешностей. Классификация погрешностей. Правила суммирования погрешностей. Правила представления результата измерения. Обработка результатов прямых однократных технических измерений. Нормирование основной и дополнительной погрешностей СИ. Обработка результатов косвенных измерений. Обработка результатов многократных равноточных измерений. | 5               | ОПК-5, ОПК-7            |
|  | Итого  | 5               |                         |
| 2 Методы и средства измерения физических величин.                          | Обобщенные структурные схемы измерительных приборов. Принципы построения цифровых СИ. Методы и средства измере-  | 5               | ОПК-5, ОПК-7            |

|                                   |   |    |              |
|-----------------------------------|---|----|--------------|
| Автоматизация измерений           | ния напряжения, тока и мощности. Измерение параметров цепей. Исследование формы сигнала. Осцилло-графические измерения. Измерение частоты, интервалов времени и фазового сдвига. Анализ спектра сигналов. Датчики. Автоматизация измерений. Измерительные информационные системы. |    |              |
|                                   | Итого   | 5  |              |
| 3 Обеспечение единства измерений. | Основные положения закона РФ «Об обеспечении единства измерений». Система воспроизведения единиц ФВ и передачи их размера всем средствам измерений. Эталоны, виды эталонов. Поверка и калибровка СИ. Поверочные схемы и методики поверки. Государственный метрологический надзор. | 2  | ОПК-5, ОПК-7 |
|                                   | Итого   | 2  |              |
| Итого за семестр                  |   | 12 |              |

### 5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

| Наименование дисциплин            | № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин |   |   |
|-----------------------------------|---|---|---|
|                                   | 1   | 2 | 3 |
| Предшествующие дисциплины         |   |   |   |
| 1 Математика                      | +   |   |   |
| 2 Микроэлектроника                |   | + |   |
| 3 Физика                          |   | + |   |
| 4 Электротехника и электроника    |   | + |   |
| Последующие дисциплины            |   |   |   |
| 1 Безопасность жизнедеятельности  | +   | + | + |
| 2 Научно-исследовательская работа | +   | + | + |
| 3 Преддипломная практика          | +   | + | + |
| 4 Учебно-исследовательская работа | +   | + | + |

### 5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Компетенции | Виды занятий |     |           | Формы контроля |
|-------------|--------------|-----|-----------|----------------|
|             | СРП          | КСР | Сам. раб. |                |
| и           |              |     |           |                |

|       |   |   |   |   |
|-------|---|---|---|---|
| ОПК-5 | + | + | + | Контрольная работа, Экзамен, Проверка контрольных работ, Тест |
| ОПК-7 | + | + | + | Контрольная работа, Экзамен, Проверка контрольных работ, Тест |

### 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

### 7. Лабораторные работы

Не предусмотрено РУП.

### 8. Контроль самостоятельной работы

Виды контроля самостоятельной работы приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Виды контроля самостоятельной работы

| №         | Вид контроля самостоятельной работы | Трудоемкость (час.) | Формируемые компетенции |
|-----------|-------------------------------------|---------------------|-------------------------|
| 8 семестр |                                     |                     |                         |
| 1         | Контрольная работа                  | 2                   | ОПК-5, ОПК-7            |
| Итого     |                                     | 2                   |                         |

### 9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов  | Виды самостоятельной работы                                       | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля                    |
|--|---|-----------------|-------------------------|-----------------------------------|
| 8 семестр  |   |                 |                         |                                   |
| 1 Основы метрологии. Теория погрешностей. Обработка результатов измерений. | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса | 54              | ОПК-5, ОПК-7            | Контрольная работа, Тест, Экзамен |
|  | Подготовка к контрольным работам                                  | 2               |                         |                                   |
|  | Итого   | 56              |                         |                                   |
| 2 Методы и средства измерения физических величин. Автоматизация измерений  | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса | 55              | ОПК-5, ОПК-7            | Тест, Экзамен                     |
|  | Итого   | 55              |                         |                                   |
| 3 Обеспечение единства измерений.  | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса | 10              | ОПК-5, ОПК-7            | Тест, Экзамен                     |
|  | Итого   | 10              |                         |                                   |
|  | Выполнение контрольной работы                                     | 2               | ОПК-5, ОПК-7            | Контрольная работа                |
| Итого за семестр   |   | 121             |                         |                                   |
|  | Подготовка и сдача эк-  | 9               |                         | Экзамен                           |

|       |        |     |  |  |
|-------|--------|-----|--|--|
|       | замена |     |  |  |
| Итого |        | 130 |  |  |

## **10. Контроль самостоятельной работы (курсовой проект / курсовая работа)**

Не предусмотрено РУП.

## **11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся**

Рейтинговая система не используется.

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

### **12.1. Основная литература**

1. Отчалко В.Ф. Метрология, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс]: Учебное пособие. - Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2010. Доступ из личного кабинета студента: — Режим доступа: <https://study.tusur.ru/study/library/> (дата обращения: 20.09.2018).

### **12.2. Дополнительная литература**

1. Закон РФ «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 г. №102-ФЗ. Доступ из личного кабинета студента [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=182748&fld=134&dst=1000000001,0&rnd=0.20084391825863634#04139644920580401> (дата обращения: 20.09.2018).

### **12.3. Учебно-методические пособия**

#### **12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия**

1. Отчалко В.Ф. Метрология, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс]: Учебное методическое пособие. - Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2010. Доступ из личного кабинета студента — Режим доступа: <https://study.tusur.ru/study/library/> (дата обращения: 20.09.2018).

2. Отчалко В.Ф. Метрология, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс]: методические указания по организации самостоятельной работы студентов заочной формы обучения технических направлений, обучающихся с применением дистанционных образовательных технологий/ В.Ф.Отчалко, Ю.А. Шурыгин - Томск: ФДО, ТУСУР, 2018. Доступ из личного кабинета студента — Режим доступа: <https://study.tusur.ru/study/library/> (дата обращения: 20.09.2018).

3. Отчалко В.Ф. Метрология, стандартизация и сертификация: электронный курс/В.Ф.Отчалко - Томск: ФДО, ТУСУР, 2018. Доступ из личного кабинета студента

#### **12.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

##### **Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

##### **Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

##### **Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

### **12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. <http://new.kcup.tusur.ru/library>
2. <https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh>
3. [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru) (доступ из личного кабинета студента по ссылке)

### **13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение**

#### **13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины**

##### **13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины**

Кабинет для самостоятельной работы студентов  
учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Коммутатор MicroTeak;
- Компьютер PENTIUM D 945 (3 шт.);
- Компьютер GELERON D 331 (2 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-zip (с возможностью удаленного доступа)
- Google Chrome
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows (с возможностью удаленного доступа)
- Microsoft Windows
- OpenOffice (с возможностью удаленного доступа)
- КонсультантПлюс (с возможностью удаленного доступа)

##### **13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы**

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

#### **13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с нарушениями слуха предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/переда-



чи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с нарушениями зрениями предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с нарушениями опорно-двигательного аппарата используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

#### **14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

##### **14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации**

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

###### **14.1.1. Тестовые задания**

1) Что такое действительное значение ФВ?

- а) значение ФВ, настолько близкое к истинному значению ФВ, что может его заменить;
- б) значение ФВ, найденное экспериментальным путем с помощью средства измерения;
- в) значение ФВ, найденное экспериментальным путем, после введения поправки.

2) Укажите пример прямого измерения

- а) напряжение измерено вольтметром ;
- б) напряжение измерено в соответствии с законом Ома;
- в) определена зависимость емкости варикапа от величины напряжения:

3) Что такое средство измерений?

- а) техническое средство, предназначенное для проведения измерений;
- б) электронное техническое средство;
- в) техническое средство или комплекс технических средств, обеспечивающих требуемую обработку информации.

4) Что такое дифференциальный метод измерения ФВ?

- а) метод сравнения с мерой, при котором прибором измеряется разность между измеряемой и образцовой величиной;
- б) метод сравнения с мерой, при котором разность между измеряемой и образцовой величиной доводят до нуля;
- в) метод, при котором результат измерения снимается с индикатора измерительного прибора;
- г) метод, при котором сначала измеряется искомая величина, затем на вход прибора подается образцовая величина и она изменяется до того же показания прибора, что было при измерении неизвестной величины.

5) Что такое основная погрешность СИ?

- а) погрешность СИ в реальных условиях эксплуатации;
- б) погрешность СИ при нормальных условиях эксплуатации;
- в) погрешность СИ, возникающая из-за выхода какой-либо влияющей величины за нормальные границы.

б) Известно, что для случайной погрешности измерения емкости, равномерно распределенной с нулевым математическим ожиданием, границы доверительного интервала с доверительной вероятностью 0,5 равны 3 Гц. Определить максимально возможные границы интервала по-

грешности.

Ответ записать, ограничиваясь десятичными с учетом общепринятых правил округления (например: 2,7).

7) При измерении напряжения милливольтметр класса точности 1,0 с пределом шкалы 100 мВ показал 87,3 мВ.

Записать результат измерения.

Ответ записать в соответствии с правилами представления результата с указанием размерности измеряемой величины.

8) Если выходной код АЦП создается последовательно во времени с дискретом, равным стоимости единицы младшего разряда кода, то это АЦП, построенное по методу \_\_\_\_\_.

9) Для цифрового измерения \_\_\_\_\_ периодического сигнала необходимо сосчитать число его периодов за известный интервал времени.

10) Что является отличительной особенностью сферы государственного регулирования обеспечения единства измерений?

- а) к измерениям предъявляются добровольно принимаемые требования;
- б) к измерениям предъявляются обязательные требования;
- в) в области измерений организуется взаимодействие с международными метрологическими организациями.

11) Что такое аддитивная погрешность?

- а) погрешность, которая не зависит от измеряемой величины;
- б) погрешность, которая зависит от измеряемой величины;
- в) погрешность измерения, когда измеряемая ФВ изменяется во времени;
- г) погрешность измерения, когда измеряемая ФВ не изменяется во времени.

12) Что такое автоматические СИ?

- а) СИ, не связанные с процессом передачи размера единицы ФВ;
- б) СИ, предназначенные для передачи размера единицы ФВ;
- в) СИ, выполняющие все измерительные операции без участия оператора.

13) Что такое рабочие СИ?

- а) СИ, не связанные с процессом передачи размера единицы ФВ;
- б) СИ, предназначенные для передачи размера единицы ФВ;
- в) СИ, выполняющие все измерительные операции без участия оператора.

14) Что представляет собой метод непосредственной оценки при измерении ФВ?

- а) метод сравнения с мерой, при котором прибором измеряется разность между измеряемой и образцовой величиной;
- б) метод сравнения с мерой, при котором разность между измеряемой и образцовой величиной доводят до нуля;
- в) метод, при котором результат измерения снимается с индикатора измерительного прибора;
- г) метод, при котором сначала измеряется искомая величина, затем на вход прибора подается образцовая величина, и она изменяется до того же показания прибора, что было при измерении неизвестной величины.

15) Что представляет собой дополнительная погрешность СИ?

- а) погрешность СИ в реальных условиях эксплуатации;
- б) погрешность СИ при нормальных условиях эксплуатации;

в) погрешность СИ, возникающая из-за выхода какой-либо влияющей величины за нормальные границы.

16) Что представляет собой погрешность дискретности цифровых СИ?

- а) погрешность за счет отличия реальных уровней квантования от идеальных;
- б) методическая погрешность, обусловленная представлением непрерывной измеряемой величины в цифровом виде;
- в) инструментальная погрешность из-за неидеальности характеристики сравнивающего устройства АЦП.

17) \_\_\_\_\_ измерений – состояние измерений, при котором их результаты выражены в допускаемых единицах величин, а показатели точности измерений не выходят за установленные границы.

18) Совокупность операций, выполняемых в целях определения действительных значений метрологических характеристик СИ – это \_\_\_\_\_ СИ.

19) В электрической цепи с сопротивлением нагрузки 10 кОм измеряется ток амперметром с пределом шкалы 1 мА класса точности 1,0 с внутренним сопротивлением 1 кОм. Показания прибора 0,98 мА. Устранить систематическую методическую погрешность.

Записать исправленный результат измерения.

Ответ записать в соответствии с правилами представления результата с указанием размерности измеряемой величины.

20) Что такое систематические погрешности?

- а) погрешности, которые остаются неизменными или закономерно изменяются при повторных измерениях одной и той же величины;
- б) погрешности, которые при повторных измерениях одной и той же величины хаотично изменяются по величине и знаку;
- в) погрешности, величина которых существенно превосходит величину погрешности, обусловленную условиями измерительного эксперимента.

#### 14.1.2. Экзаменационные тесты

1) Что представляет собой понятие «испытание»?

- а) определение характеристик объекта, характеристик его функционирования;
- б) определение соответствия параметра объекта установленным требованиям или нормам;
- в) определение размера характеристики (ФВ) объекта.

2) С какой целью проводят многократные измерения?

- а) для уменьшения случайной погрешности результата измерения;
- б) для обнаружения и определения промахов;
- в) для устранения систематической погрешности.

3) Что такое рабочие СИ?

- а) СИ, не связанные с процессом передачи размера единицы ФВ;
- б) СИ, предназначенные для передачи размера единицы ФВ;
- в) СИ, выполняющие все измерительные операции без участия оператора.

4) Что такое нулевой метод измерения?

- а) метод сравнения с мерой, при котором прибором измеряется разность между измеряемой и образцовой величиной;
- б) метод сравнения с мерой, при котором разность между измеряемой и образцовой величиной доводят до нуля;
- в) метод, при котором результат измерения снимается с индикатора измерительного прибора;

г) метод, при котором сначала измеряется искомая величина, затем на вход прибора подается образцовая величина, и она изменяется до того же показания прибора, что было при измерении неизвестной величины.

5) Что такое систематические погрешности?

а) погрешности, которые остаются неизменными или закономерно изменяются при повторных измерениях одной и той же величины;

б) погрешности, которые при повторных измерениях одной и той же величины хаотично изменяются по величине и знаку;

в) погрешности, величина которых существенно превосходит величину погрешности, обусловленную условиями измерительного эксперимента.

6) При измерении напряжения получены следующие результаты:  $U=120,56$  В. Составляющие НСП:  $Q_1=1$  В,  $Q_2=1,5$  В;  $Q_3=1,2$  В. Среднеквадратические отклонения (СКО) случайных погрешностей, распределенных по нормальному закону:  $S_1=0,8$  В;  $S_2=0,6$  В, .

Записать результат измерения для доверительной вероятности  $P=0,95$ .

7) При измерении силы тока миллиамперметр с пределом шкалы 100 мА класса точности 1,0 показал 79,54 мА.

Записать результат измерения.

8) При многократных измерениях напряжения получены следующие результаты: 10; 10,1; 10,2; 9,8; 9,9; 10; 9,9; 10,1; 11,0; 10 В.

Записать результат измерения при доверительной вероятности 0,95.

9) Условием баланса (равновесия) моста при измерении RLC является:

а) произведения противоположных плеч моста равны между собой;

б) произведения смежных плеч моста равны между собой;

в) суммы противоположных плеч моста равны между собой;

г) суммы смежных плеч моста равны между собой.

9) Совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия СИ метрологическим требованиям – это \_\_\_\_\_ СИ.

10) Что представляет собой мультипликативная погрешность?

а) погрешность, которая не зависит от измеряемой величины;

б) погрешность, которая зависит от измеряемой величины;

в) погрешность измерения, когда измеряемая ФВ изменяется во времени;

г) погрешность измерения, когда измеряемая ФВ не изменяется во времени. .

11) Что представляет собой метод замещения?

а) метод сравнения с мерой, при котором прибором измеряется разность между измеряемой и образцовой величиной;

б) метод сравнения с мерой, при котором разность между измеряемой и образцовой величиной доводят до нуля;

в) метод, при котором результат измерения снимается с индикатора измерительного прибора;

г) метод, при котором сначала измеряется искомая величина, затем на вход прибора подается образцовая величина, и она изменяется до того же показания прибора, что было при измерении неизвестной величины.

12) Какие характеристики СИ относятся к метрологическим характеристикам?

а) диапазон измерений;

б) частотный диапазон;

- в) потребляемая мощность из сети;
- г) статическая характеристика преобразования;
- д) основная погрешность СИ;
- е) устойчивость к механическим воздействиям;
- ж) пробивное напряжение изоляции СИ;
- з) дополнительная погрешность СИ.

13) Какой из методов измерения ФВ потенциально наиболее точен?

- а) метод непосредственной оценки;
- б) метод замещения;
- в) дифференциальный метод;
- г) метод совпадения

14) Что такое случайные погрешности?

- а) погрешности, которые остаются неизменными или закономерно изменяются при повторных измерениях одной и той же величины;
- б) погрешности, которые при повторных измерениях одной и той же величины хаотично изменяются по величине и знаку;
- в) погрешности, величина которых существенно превосходит величину погрешности, обусловленную условиями измерительного эксперимента.

15) Что представляет собой методическая погрешность?

- а) погрешность из-за несовершенства средства измерения;
- б) погрешность, обусловленная несовершенством метода измерения и модели объекта измерения;
- в) погрешность, обусловленная внешними условиями измерительного эксперимента.

16) При поверке амперметра получено, что 60% нормально распределенных случайных погрешностей не превышает 2 мА. Определить вероятность того, что погрешность не будет больше 3 мА.

17) При измерении напряжения вольтметр класса точности 1,0 с пределом шкалы 10 В показал 8,59 В. Измерения проводились при температуре 50 град С. Из паспортных данных прибора известно, что нормальные условия измерения 20 град С и дополнительная температурная погрешность не превышает половины основной при изменении температуры на каждые 20 град.С. Записать результат измерения при доверительной вероятности 0,95.

18) Что такое грубые погрешности?

- а) погрешности, которые остаются неизменными или закономерно изменяются при повторных измерениях одной и той же величины;
- б) погрешности, которые при повторных измерениях одной и той же величины хаотично изменяются по величине и знаку;
- в) погрешности, величина которых существенно превосходит величину погрешности, обусловленную условиями измерительного эксперимента.

19) Выберите методы коррекции систематической погрешности

- а) метод устранения источников погрешности перед началом измерений;
- б) метод замещения;
- в) метод введения поправки в результат измерения;
- г) метод компенсации погрешности по знаку;
- д) метод рандомизации

20) Специальный нормативный документ, устанавливающий средства, методы и точность передачи размеров единиц ФВ от эталона рабочим СИ называется \_\_\_\_\_ схемой.

### 14.1.3. Темы контрольных работ

Тема 1) Систематические и случайные погрешности.

Случайная погрешность измерения напряжения распределена по нормальному закону. При обработке результатов измерений получены следующие оценки погрешности: систематическая погрешность равна +20 мВ, среднеквадратическое отклонение случайной погрешности (СКП) 20 мВ.

Определить вероятность того, что погрешность измерения находится в пределах  $\pm 60$  мВ.

Тема 2) Суммирование погрешностей:

При измерении напряжения получено среднее арифметическое многократных измерений  $\bar{U} = 115,74$  мВ;

составляющие СКП  $S_1 = 1,2$  мВ,  $S_2 = 0,8$  мВ,  $S_3 = 1,0$  мВ; составляющие НСП  $\theta_1 = 0,8$  мВ,  $Q_2 = 0,6$  мВ;  $Q_3 = 0,5$  мВ. Записать результаты измерения при доверительной вероятности  $P_D = 0,95$ .

Тема 3) Обработка однократных прямых измерений.

При измерении напряжения вольтметр класса точности  $\gamma = 1,0$  с пределом шкалы  $U_{шк} = 10$  В показал  $U_{изм} = 8,59$  В. Измерения проводились при температуре  $t_{изм} = 50^\circ\text{C}$ . Из паспортных данных прибора известно,

что нормальные условия измерения  $t_{норм} = 20^\circ\text{C}$  и дополнительная температурная погрешность не превышает половины основной при изменении температуры на каждые  $20^\circ\text{C}$ .

Записать результат измерения.

Тема 4) Обработка многократных измерений.

При многократных измерениях силы тока получены следующие результаты:

20; 20.2; 20.4; 19.6; 19.8; 20; 19.8; 20.2; 21.6; 20 мА.

Записать результат измерения при доверительной вероятности  $P_D = 0.9$ .

Тема 5) Обработка косвенных измерений.

Определить результат и погрешность косвенного измерения реактивной мощности  $Q = U I \sin \phi$  по результатам прямых измерений:  $U = 75$  В - показания вольтметра класса точности 2,0 с пределом шкалы 100 В;

$I = 4$  А - показания амперметра класса точности 1,0/0,5 с пределом шкалы 5 А;  $f = 30$  град, границы интервала погрешности  $f$  составляют 1 град

### 14.1.4. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

- чтение или просмотр материала необходимо осуществлять медленно, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

- если в тексте встречаются термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

- необходимо осмысливать прочитанное и изученное, отвечать на предложенные вопросы. Студенты могут получать индивидуальные консультации с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия в форме вебинаров. Расписание вебинаров публикуется в кабинете студента на сайте Университета. Запись вебинара публикуется в электронном курсе по дисциплине.

#### **14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

| Категории обучающихся                         | Виды дополнительных оценочных материалов  | Формы контроля и оценки результатов обучения  |
|---|---|---|
| С нарушениями слуха                           | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы                        | Преимущественно письменная проверка   |
| С нарушениями зрения                          | Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам   | Преимущественно устная проверка (индивидуально)                                       |
| С нарушениями опорно-двигательного аппарата   | Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету | Преимущественно дистанционными методами   |
| С ограничениями по общемедицинским показаниям | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы         | Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

#### **14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;

- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;

- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.