**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
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# Метрология и радиоизмерения

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.01 Радиотехника**
Направленность (профиль) / специализация: **Микроволновая техника и антенны**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **СВЧиКР, Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники**
Курс: **3**
Семестр: **5**
Учебный план набора 2018 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 5 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекции | 36 | 36 | часов |
| 2 | Практические занятия | 16 | 16 | часов |
| 3 | Лабораторные работы | 20 | 20 | часов |
| 4 | Всего аудиторных занятий | 72 | 72 | часов |
| 5 | Самостоятельная работа | 36 | 36 | часов |
| 6 | Всего (без экзамена) | 108 | 108 | часов |
| 7 | Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| 8 | Общая трудоемкость | 144 | 144 | часов |
| | | 4.0 | 4.0 | З.Е. |

Экзамен: 5 семестр

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шелупанов А.А.
Должность: Ректор
Дата подписания: 20.12.2017
Уникальный программный ключ:
c53e145e-8b20-45aa-9347-a5e4dbb90e8d

Томск 2018

Согласована на портале № 25891

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 11 от «15» 5 2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.01 Радиотехника, утвержденного 06.03.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры КСУП «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

| | | |
|---|---|---|
| ассистент каф. КСУП | _____ | К. К. Жаров |
| доцент кафедра КСУП | _____ | В. Ф. Отчалко |

| | | |
|---|---|---|
| Заведующий обеспечивающей каф. КСУП | _____ | Ю. А. Шурыгин |

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

| | | |
|---|---|---|
| Декан РТФ | _____ | К. Ю. Попова |
| Заведующий выпускающей каф. СВЧиКР | _____ | С. Н. Шарангович |

Эксперты:

| | | |
|---|---|---|
| профессор кафедры КСУП | _____ | В. М. Зюзьков |
| Доцент кафедры сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники (СВЧиКР) | _____ | А. Ю. Попков |

Согласована на портале № 25891

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

Целью дисциплины "Метрология и радиоизмерения" (МиРИ) 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.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

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

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Математика, Основы теории цепей, Теория вероятностей и математическая статистика.

Последующими дисциплинами являются: Микроэлектроника сверхвысоких частот.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– 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** Основные современные методы измерения характеристик радиотехнических цепей и сигналов.

– **уметь** использовать основные приемы обработки экспериментальных данных.

– **владеть** методологией использования аппаратуры для измерения характеристик радиотехнических цепей и сигналов.

## 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 |
|---|---|---|
| | | 5 семестр |
| Аудиторные занятия (всего) | 72 | 72 |
| Лекции | 36 | 36 |
| Практические занятия | 16 | 16 |
| Лабораторные работы | 20 | 20 |
| Самостоятельная работа (всего) | 36 | 36 |
| Оформление отчетов по лабораторным работам | 12 | 12 |
| Проработка лекционного материала | 14 | 14 |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 10 | 10 |
| Всего (без экзамена) | 108 | 108 |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 |
| Общая трудоемкость, ч | 144 | 144 |
| Зачетные Единицы | 4.0 | 4.0 |

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Согласована на портале № 25891

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

| Названия разделов дисциплины | Лек., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб., ч | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 семестр | | | | | | |
| 1 Основы метрологии. Погрешности измерений. | 8 | 6 | 0 | 8 | 22 | ОПК-7 |
| 2 Обработка результатов измерений. | 8 | 10 | 0 | 6 | 24 | ОПК-7 |
| 3 Методы и средства измерения физических величин. | 20 | 0 | 20 | 22 | 62 | ОПК-7 |
| Итого за семестр | 36 | 16 | 20 | 36 | 108 | |
| Итого | 36 | 16 | 20 | 36 | 108 | |

**5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)**

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

| Названия разделов | Содержание разделов дисциплины по лекциям | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 5 семестр | | | |
| 1 Основы метрологии. Погрешности 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. Систематические и случайные погрешности, их особенности. | 8 | ОПК-7 |
| | Итого | 8 | |
| 2 Обработка результатов измерений. | Правила суммирования погрешностей. Правила представления результата измерения. Нормирование основной и дополнительной погрешностей СИ. Обработка результатов прямых однократных измерений. Идентификация закона распределения опытных данных. Критерий Пирсона. Устранение промахов. Обработка результатов многократных равноточных измерений. Обработка результатов косвенных измерений. | 8 | ОПК-7 |
| | Итого | 8 | |
| 3 Методы и средства измерения физических величин. | Обобщенные структурные схемы измерительных приборов. Общие принципы АЦП и ЦАП. Принципы построения цифровых СИ. Структурная схема и принцип работа электронно- | 20 | ОПК-7 |

Согласована на портале № 25891

| | | | |
|---|---|---|---|
| | лучевых и цифровых осциллографов. Осциллографические измерения.Методы и средства измерения напряжения, тока и мощности. Измерение сосредоточенных параметров цепей, Измерение параметров электрических сигналов. Исследование формы электрических сигналов. Измерение частоты, интервалов времени и фазового сдвига. СВЧ-измерения. Измерение S-параметров устройств. Измерение мощности на СВЧ. Анализаторы спектра. | | |
| | Итого | 20 | |
| Итого за семестр | | 36 | |

### 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 Основы теории цепей | | | + |
| 3 Теория вероятностей и математическая статистика | + | + | |
| Последующие дисциплины | | | |
| 1 Микроэлектроника сверхвысоких частот | + | + | + |

### 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 |
|---|---|---|---|---|---|
| | Лек. | Прак. зан. | Лаб. раб. | Сам. раб. | |
| ОПК-7 | + | + | + | + | Контрольная работа, Конспект самоподготовки, Защита отчета, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест |

## 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

## 7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Согласована на портале № 25891

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 5 семестр | | | |
| 3 Методы и средства измерения физических величин. | Измерение сопротивлений на постоянном токе. | 4 | ОПК-7 |
| | Применение электронного осциллографа для исследования электрических сигналов. | 4 | |
| | Измерение разности фаз электрических сигналов | 4 | |
| | Изучение методов измерения реактивных параметров электрических цепей. | 4 | |
| | Защита отчетов. Подведение итогов. | 4 | |
| | Итого | 20 | |
| Итого за семестр | | 20 | |

## 8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 5 семестр | | | |
| 1 Основы метрологии. Погрешности измерений. | Нормирование метрологических характеристик СИ. Классы точности. | 2 | ОПК-7 |
| | Методические систематические погрешности. Введение поправок. | 2 | |
| | Определение доверительных границ случайной погрешности для различных законов распределения. | 2 | |
| | Итого | 6 | |
| 2 Обработка результатов измерений. | Основная и дополнительная погрешности СИ. Правила суммирования систематических погрешностей. Обработка результатов прямых однократных измерений. | 3 | ОПК-7 |
| | Случайные погрешности. Устранение промахов. Определение доверительных границ случайной погрешности. Алгоритм обработки результатов многократных равноточных измерений. | 3 | |
| | Суммирование случайных погрешностей. Суммирование систематических и случайных погрешностей. | 2 | |
| | Косвенные измерения. Алгоритм обработки | 2 | |

Согласована на портале № 25891

| | | | |
|---|---|---|---|
| | результатов обыкновенных косвенных измерений. | | |
| | Итого | 10 | |
| Итого за семестр | | 16 | |

## 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 |
|---|---|---|---|---|
| 5 семестр | | | | |
| 1 Основы метрологии. Погрешности измерений. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 6 | ОПК-7 | Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Тест |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Итого | 8 | | |
| 2 Обработка результатов измерений. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ОПК-7 | Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Итого | 6 | | |
| 3 Методы и средства измерения физических величин. | Проработка лекционного материала | 10 | ОПК-7 | Защита отчета, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 12 | | |
| | Итого | 22 | | |
| Итого за семестр | | 36 | | |
| | Подготовка и сдача экзамена | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 72 | | |

## 10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП.

## 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

| Элементы учебной деятельности | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|---|---|---|---|---|
| 5 семестр | | | | |

Согласована на портале № 25891

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Защита отчета | | 10 | 10 | 20 |
| Контрольная работа | 10 | 10 | 10 | 30 |
| Отчет по лабораторной работе | | 10 | 10 | 20 |
| Итого максимум за период | 10 | 30 | 30 | 70 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Нарастающим итогом | 10 | 40 | 70 | 100 |

### 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

| Баллы на дату контрольной точки | Оценка |
|---|---|
| ≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 5 |
| От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 4 |
| От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 3 |
| < 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 2 |

### 11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка (ГОС) | Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен | Оценка (ECTS) |
|---|---|---|
| 5 (отлично) (зачтено) | 90 - 100 | A (отлично) |
| 4 (хорошо) (зачтено) | 85 - 89 | B (очень хорошо) |
| | 75 - 84 | C (хорошо) |
| | 70 - 74 | D (удовлетворительно) |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено) | 65 - 69 | |
| | 60 - 64 | E (посредственно) |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. Отчалко В.Ф. Метрология, стандартизация и сертификация: Учебное пособие. — Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2010 — 208 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 61 экз.)

2. Перемитина Т. О. Метрология, стандартизация и сертификация: Учебное пособие. — Томск: ТМЦДО, 2009 — 140с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 20 экз.)

### 12.2. Дополнительная литература

1. Метрология и радиоизмерения: учебник для вузову/ В. И. Нефедов, В. И. Хахин, В. К. Битюков и др.; Ред. В. И. Нефедов. - М.:Высшая школа, 2006. - 525 с.:ил. (наличие в библиотеке ТУСУР - 48 экз.)

2. Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника: Учебное пособие/ К. К. Ким, Г. Н. Анисимов, В.Ю. Барбарович, Б. Я. Литвинов. - СПБ.:Питер, 2006. - 368с: ил. (наличие в библиотеке ТУСУР - 50 экз.)

Согласована на портале № 25891

3. Эрастов В. Е. Метрология, стандартизация и сертификация: Учебное пособие — Томск, Изд-во Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, 2005 — 266 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 340 экз.)

4. Закон РФ "Об обеспечении единства измерений" от 26.06.2008 г. №102-ФЗ [Электронный ресурс]. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=182748#0, дата обращения: 18.05.2018.

5. Закон РФ "О техническом регулировании" от 27.12.2002 №184-ФЗ [Электронный ресурс]. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=196382#0, дата обращения: 18.05.2018.

6. Эрастов В.Е., Сидоров Ю.К., Отчалко В.Ф Измерительная техника и датчики: Учебное пособие. — Томск: ТМЦДО, 1999. — 178с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 63 экз.)

### 12.3. Учебно-методические пособия

#### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Отчалко В. Ф. Метрология, стандартизация и сертификация: Учебное методическое пособие. — Томск: ТМЦДО, 2010 — 52 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 15 экз.)

2. Отчалко В. Ф. О Учебно-методический комплект (учебные методические пособия по практическим занятиям, по самостоятельной работе студентов, по лабораторным работам) по дисциплине МСиС — Томск, 2012 [электронный ресурс]. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://new.kcup.tusur.ru/library/umk-metrologija-i-radioizmerenija-rtf, дата обращения: 18.05.2018.

#### 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. www.consultant.ru

## 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 для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

#### 13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Лаборатория метрологии и измерительной техники

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 212 ауд.

Согласована на портале № 25891

Описание имеющегося оборудования:
- Осциллограф аналоговый фирмы INSTEK (4 шт.);
- Осциллограф цифровой INSTEK;
- Генератор сигналов типа Г3 (2 шт.);
- Генератор сигналов типа Г5 (5 шт.);
- Частотомер цифровой Ч3-34;
- Милливольтметр В3-38 (2 шт.);
- Измеритель добротности Е9-4;
- Измеритель добротности Е4-4;
- Измеритель Е12-1(А);
- Измеритель Е12-1;
- Частотомер Ч3-44 (4 шт.);
- Измеритель RLC (2 шт.);
- Измеритель Е7-21;
- Амперметр-вольтметр-омметр АВО-5М (3 шт.);
- Мост Р329 (2 шт.);
- Вольтметр серии М (6 шт.);
- Источник питания постоянного тока (5 шт.);
- Источник питания постоянного тока программируемый (2 шт.);
- Магазин сопротивлений (3 шт.);
- Гальванометр;
- Вольтметр Ф-204/1 (в макете, 2 шт.);
- Фазометр серии Ф2 (4 шт.);
- Генератор-частотомер АНР-1001;
- Потенциометр ПП-63 (3 шт.);
- Делитель напряжения ДН-1;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение не требуется.

**13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ**

Лаборатория метрологии и измерительной техники

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 212 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Осциллограф аналоговый фирмы INSTEK (4 шт.);
- Осциллограф цифровой INSTEK;
- Генератор сигналов типа Г3 (2 шт.);
- Генератор сигналов типа Г5 (5 шт.);
- Частотомер цифровой Ч3-34;
- Милливольтметр В3-38 (2 шт.);
- Измеритель добротности Е9-4;
- Измеритель добротности Е4-4;
- Измеритель Е12-1(А);
- Измеритель Е12-1;
- Частотомер Ч3-44 (4 шт.);
- Измеритель RLC (2 шт.);
- Измеритель Е7-21;
- Амперметр-вольтметр-омметр АВО-5М (3 шт.);
- Мост Р329 (2 шт.);
- Вольтметр серии М (6 шт.);
- Источник питания постоянного тока (5 шт.);
- Источник питания постоянного тока программируемый (2 шт.);

Согласована на портале № 25891

- Магазин сопротивлений (3 шт.);
- Гальванометр;
- Вольтметр Ф-204/1 (в макете, 2 шт.);
- Фазометр серии Ф2 (4 шт.);
- Генератор-частотомер АНР-1001;
- Потенциометр ПП-63 (3 шт.);
- Делитель напряжения ДН-1;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение не требуется.

#### 13.1.4. 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/передачи 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

Согласована на портале № 25891

компетенций используются оценочные материалы в составе:

### 14.1.1. Тестовые задания

| | |
|---|---|
| 1. Какую погрешность нормирует класс точности средства измерения? | основную |
| | аддитивную |
| | дополнительную |
| | абсолютную |

| | |
|---|---|
| 2. На какую величину ошибется вольтметр класса точности (1,0) при измеренном значении 360 В на пределе измерения 1000 В? | на один вольт |
| | на один процент от 1000 В |
| | на один процент от 360 В |
| | на 36 В |

| | |
|---|---|
| 3. Вставьте пропущенное слово.<br>Электронно-лучевой осциллограф предназначен для исследования электрических сигналов в _____ области. | частотной |
| | временной |
| | Астраханской |
| | комплексной |

| | |
|---|---|
| 4. Что такое поправка к измерению? | Значение погрешности, взятое из паспорта используемого средства измерения. |
| | Значение методической погрешности, взятое с противоположным знаком. |
| | Значение погрешности неизвестного знака, рассчитанное после выполнения измерения. |
| | Значение погрешности дискретности цифрового измерительного прибора. |

| | |
|---|---|
| 5. Какую погрешность называют аддитивной? | Не зависящую от внешних условий. |
| | Не зависящую от измеряемой величины. |
| | Переменную во времени. |
| | Свободную от методической погрешности. |

| | |
|---|---|
| 6. Что такое методическая погрешность? | Погрешность, вызванная влиянием средства измерения на объект измерения или расхождением между моделью объекта измерения и самим объектом измерения. |
| | Погрешность, указанная в паспорте СИ. |
| | Погрешность, указанная в методичке. |
| | Погрешность, вызванная выходом внешних влияющим величин за границы нормальных условий. |

Согласована на портале № 25891

| | |
|---|---|
| 7. Какой из приведенных ниже методов является нулевым методом сравнения с мерой? | Косвенное измерение сопротивление методом вольтметра-амперметра. |
| | Прямое измерение сопротивления омметром. |
| | Прямое измерение сопротивления мультиметром. |
| | Мостовое измерение сопротивления. |

| | |
|---|---|
| 8. По какому закону распределены систематические погрешности неизвестного знака? | Равномерному. |
| | Нормальному. |
| | Трапецеидальному. |
| | Арксинусоидальному. |

| | |
|---|---|
| 9. Как уменьшить погрешность квантования (дискретизации) в цифровых измерительных приборах? | Стабилизировать средство измерения по температуре. |
| | Увеличить частоту опорного кварцевого генератора прибора. |
| | Откалибровать средство измерения. |
| | Сменить оператора. |

| | |
|---|---|
| 10. В чем отличие измерительного преобразователя от измерительного прибора? | Измерительный прибор стоит дороже. |
| | Измерительный преобразователь необходимо поверять. |
| | Измерительный преобразователь выдает сигнал измерительной информации в форме, недоступной для наблюдения человеком. |
| | Измерительный прибор выдает сигнал измерительной информации в форме, недоступной для наблюдения человеком. |

| | |
|---|---|
| 11. Периодическая поверка средства измерения проводится | по требованию сотрудника метрологического органа предприятия. |
| | по требованию сотрудника государственного метрологического надзора. |
| | по истечению срока межповерочного интервала. |
| | по окончанию календарного года. |

Согласована на портале № 25891

| | |
|---|---|
| 12. При обнаружении промаха в серии результатов измерений необходимо | исключить промах и провести обработку результатов измерений заново. |
| | исключить промах и продолжить обработку результатов. |
| | сменить используемое средство измерений. |
| | произвести новую серию измерений. |

| | |
|---|---|
| 13. Какому закону распределения подчиняются случайные погрешности? | интегральному |
| | дифференциальному |
| | нормальному |
| | распределению Пирсона |

| | |
|---|---|
| 14. Какая из перечисленных ниже характеристик средств измерения является метрологической? | вес измерительного прибора |
| | функция преобразования |
| | тип соединения с интернетом |
| | оптовая цена |

| | |
|---|---|
| 15. Какая из перечисленных ниже характеристик средств измерения не является метрологической? | чувствительность |
| | порог чувствительности |
| | габариты измерительного прибора |
| | быстродействие |

| | |
|---|---|
| 16. Какой класс точности нельзя присвоить средству измерения по результатам поверки? | 1,0 |
| | 1,4 |
| | 2,0 |
| | 2,5 |

| | |
|---|---|
| 17. Какой класс точности экономически выгоднее всего присвоить СИ с основной мультипликативной погрешностью, если при действительном значении 3,63 В оно показало 3,6 В на пределе 10 В? | 1,0 |
| | 0,3 |
| | 0,6 |
| | 0,826 |

| | |
|---|---|
| 18. В результате измерения -5 В были обнаружены методические погрешности известного знака -1,61 % и +0,054 В. Чему равен исправленный результат? | -5.1354 В |
| | -3,44 В |
| | -5,1345 В |
| | -4,8655 В |

Согласована на портале № 25891

| | |
|---|---|
| 19. Как суммируются случайные погрешности? | $S_{\Sigma}=\sum_{i=1}^{n} S_i$ |
| | $S_{\Sigma}=\sqrt{\sum_{i=1}^{n} \Theta_i^2}$ |
| | $S_{\Sigma}=\sum_{i=1}^{n} S_i^2+2\sum_{i\neq j}^{n} r_{i,j}\cdot S_i\cdot S_j$ |
| | $S_{\Sigma}=\sqrt{\sum_{i=1}^{n} S_i^2+2\sum_{i\neq j}^{n} r_{i,j}\cdot S_i\cdot S_j}$ |

| | |
|---|---|
| 20. Какая из приведенных ниже оценок погрешности является доверительной? | $U=(0,7\pm 0,07)B, P=0,95\%$ |
| | $U=0,7B, S_U=0,0309B$ |
| | $U=0,7B, \Theta=\pm 0,07B$ |
| | $U=0,7B$, распределение погрешности не противоречит нормальному |

### 14.1.2. Экзаменационные вопросы

1 Вопросы по основам метрологии

1.1) Измерение. Классификации измерений. Примеры.

1.2) Метод измерения. Метод непосредственной оценки и метод сравнения с мерой. Разновидности. Примеры.

1.3) Средства измерения. Классификация. Примеры.

1.4) Основные метрологические характеристики СИ. Нормирование метрологических характеристик СИ.

1.5) Погрешность измерения. Классификации погрешностей (абсолютные/относительные/приведенные, аддитивные/мультипликативные, систематические/случайные/грубые). Примеры.

1.6) Систематические погрешности. Классификация, способы обнаружения,

1.7) Систематические погрешности. Способы устранения систематических погрешностей.

1.8) Методы измерения, устраняющие/ослабляющие систематические погрешности.

1.9) Неисключенные систематические погрешности: определение, источники, примеры. Поправка, введение поправки, виды поправок.

1.10) Законы распределения случайных погрешностей. Примеры.

1.11) Параметры законов распределения случайных погрешностей и их оценки по экспериментальным данным.

1.12) Случайные погрешности. Оценки случайных погрешностей (точечные, доверитель-

Согласована на портале № 25891

ные/квантильные, предельные). Переход от точечных оценок к доверительным. Влияние закона распределения на доверительный интервал случайной погрешности.

2 Вопросы по обработке результатов измерений

2.1) Прямые однократные технические измерениея — определение. Алгоритм обработки результатов прямых однократных технических измерений.

2.2) Прямые многократные равноточные технические измерения — определение. Алгоритм обработки результатов прямых многократных технических равноточных измерений.

2.3) Косвенные однократные технические измерения (обыкновенные косвенные измерения) — определение. Поиск погрешности обыкновенного косвенного измерения. Пример.

2.4) Обработка результатов многократных косвенных технических измерений. Прием приведения многократных косвенных технических равноточных измерений к многократным прямым техническим равноточным измерениям..

2.5) Сложение систематических погрешностей известного и неизвестного знаков. Примеры.

2.6) Сложение случайных погрешностей. Примеры.

2.7) Сложение систематических и случайных погрешностей. Примеры.

2.8) Нормирование основных и дополнительных погрешностей средств измерений. Классы точности. Примеры.

2.9) Правила представления результата измерения. Правила округления. Примеры.

3 Вопросы по методам и средствам измерения физических величин

3.1) Сигналы измерительной информации. Масштабные преобразователи.

3.2) Магнитоэлектрические измерительные приборы как разновидность электромеханических систем. Принцип работы, достоинства, недостатки. Уравнение шкалы, области применения. Источники погрешностей.

3.3) Компенсаторы постоянного напряжения. Структурная схема, принцип работы, достоинства и недостатки. Источники погрешностей.

3.4) Вольтметры переменного напряжения. Преобразователи постоянного напряжения в переменного (детекторы) выпрямительного и термоэлектрического типа. Достоинства и недостатки.

3.5) Цифровые вольтметры с время-импульсным преобразованием. Структурная схема, принцип работы, достоинства и недостатки. Источники погрешностей, устранение погрешностей.

3.6) Цифровые вольтметры с частотно-импульсным преобразованием. Структурная схема, принцип работы, достоинства и недостатки. Источники погрешностей, устранение погрешностей.

3.7) Цифровые вольтметры с двойным интегрирующим преобразованием. Структурная схема, принцип работы, достоинства и недостатки. Источники погрешностей, устранение погрешностей.

3.8) Универсальный электронно-лучевой осциллограф. Структурная схема, принцип дей-

Согласована на портале № 25891

ствия, основные характеристики, источники погрешностей.

3.9) Осциллографические методы измерения параметров электрических сигналов (амплитуда, частота, временные интервалы, сдвиг фазы), их достоинства и недостатки. Погрешности осциллографических методов.

3.10) Цифровые запоминающие осциллографы. Структурная схема, принцип действия, основные характеристики, достоинства и недостатки.

3.11) Цифровые частотомеры. Структурная схема, принцип работы, достоинства и недостатки. Источники погрешностей.

3.12) Цифровые измерители временных интервалов (хронометры). Структурная схема, принцип работы, достоинства и недостатки. Источники погрешностей.

3.13) Цифровые фазометры с время-импульсным преобразованием. Структурная схема, принцип работы, достоинства и недостатки. Источники погрешностей.

3.14) Фазометры с промежуточным преобразованием сдвига фаз в напряжение. Структурная схема, принцип работы, достоинства и недостатки. Источники погрешностей.

3.15) Цифровые фазометры уравновешивающего преобразования. Структурная схема, принцип работы, источники погрешностей.

3.16) Мостовые методы измерения параметров цепей (R, L, C). Виды мостов. Их особенности. Области применения. Баланс моста.

3.17) Генераторный метод измерения параметров цепей на примере гетеродинного измерителя параметра цепей. Структурная схема, основные характеристики, погрешности измерений.

3.18) Цифровой измеритель параметров цепей с время-импульсным преобразованием. Структурная схема, принцип работы, источники погрешностей.

3.19) Структурные схемы измерительных приборов: приборы прямого и уравновешивающего преобразования. Статические характеристики преобразования, достоинства и недостатки.

3.20) Аналогово-цифровое преобразование и цифро-аналоговое преобразование сигналов измерительной информации. Разновидности АЦП: АЦП последовательного счета, поразрядного кодирования, параллельного считывания. АЦП развертывающего и следящего типа. АЦП прямого и уравновешивающего преобразования.

3.21) Методическая погрешность представления сигнала измерительной информации в цифровом виде (погрешность квантования/дискретности). Описание физической природы в цифровых приборах различного принципа работы, способы уменьшения.

3.22) Меры электрических величин: меры ЭДС на основе нормальных элементов; меры напряжения на стабилитронах; однозначные (ОМЭС) и многозначные (ММЭС) меры электрического сопротивления; образцовые катушки индуктивности; образцовые конденсаторы. Требования к мерам электрических величин.

3.23) Измерение распределенных параметров цепей, S-параметров. Векторные анализаторы цепей.

3.24) Анализаторы спектра.

Согласована на портале № 25891

3.25) Измерение мощности на СВЧ.

### 14.1.3. Темы контрольных работ

Оценка погрешности прямого технического однократного измерения. Оценка погрешности прямого технического многократного равноточного измерения. Влияние закона распределения на доверительную границу случайной погрешности. Оценка погрешности косвенного технического однократного измерения. Суммирование погрешностей.

### 14.1.4. Темы опросов на занятиях

Виды погрешностей измерений.

Классификация видов измерений, методов и средств измерений (СИ).

Основные метрологические характеристики СИ. Классы точности. Основные и дополнительные погрешности СИ.

Систематические и случайные погрешности, их особенности.

Суммирование погрешностей.

Статистическая обработка результатов многократных прямых равноточных технических измерений.

Определение доверительных границ случайной погрешности.

Определение погрешностей обыкновенных косвенных измерений.

### 14.1.5. Вопросы на самоподготовку

Классификации видов измерений, методов измерений, средств измерений и их характеристик, погрешностей. Систематические, случайные, грубые погрешности. Законы распределения. Точечные, доверительные, квантильные, интервальные оценки. Прямые однократные, прямые многократные равноточные, косвенные измерения. Правила суммирования погрешностей, Виды АЦП/ЦАП. Микропроцессорные СИ. Обобщённые структурные схемы измерительных приборов прямого и компенсационного преобразования. Методы измерения напряжения, силы тока, мощности, параметров цепей, фазового сдвига, частоты сигналов, временных интервалов. СВЧ-измерения.

### 14.1.6. Темы лабораторных работ

Измерение сопротивлений на постоянном токе.

Применение электронного осциллографа для исследования электрических сигналов.

Измерение разности фаз электрических сигналов

Изучение методов измерения реактивных параметров электрических цепей.

Защита отчетов. Подведение итогов.

## 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 |

Согласована на портале № 25891

| | | |
|---|---|---|
| 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.

Согласована на портале № 25891