

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Владимирский государственный университет**  
**имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**

Институт информационных технологий и радиоэлектроники

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института  
А.А. Галкин  
09 2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

"Радиоизмерения"

**Направление подготовки**

11.03.01 «Радиотехника»

**Направленность (профиль) подготовки**

«Электронные цифровые устройства и системы»

г. Владимир  
2021

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины "Радиоизмерения" является формирование общепрофессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС в области метрологического обеспечения, технических измерений, стандартизации и сертификации применительно к задачам разработки, производства и эксплуатации радиотехнических средств.

### Задачи:

1. Изучение основ метрологии, овладение методами и средствами измерения параметров и характеристик цепей, сигналов.
2. Изучение принципов действия, технических и метрологических характеристик средств измерений.
3. Формирование практических навыков выполнения и обработки результатов измерений, оценки погрешности измерений.
4. Ознакомление с основами стандартизации и сертификации средств измерений, с методами обеспечения единства измерений и соответствующей нормативной документацией.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Радиоизмерения» относится к базовым дисциплинам – Б1.О.14.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### "Радиоизмерения"

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК-2: Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	ОПК-2.1. Знает методы обработки и представления результатов при экспериментальных исследованиях процессов прохождения сигналов через различные радиотехнические структуры. ОПК-2.2. Умеет самостоятельно выполнять наблюдения и измерения при экспериментальных исследованиях в лабораторных условиях ОПК-2.3. Владеет навыками измерения параметров радиотехнических	<i>Знает:</i> методы измерения временных интервалов и фазовых сдвигов, частоты и мощности сигнала; методы исследования формы и спектра сигналов; метрологические характеристики приборов, основные приемы обработки и представления полученных данных, принципы работы радиоизмерительных приборов; <i>Умеет:</i> выполнять экспериментальные	Тестовые вопросы Практико-ориентированное задание Контрольная работа

	процессов и обработки полученных значений	исследования и оценивать погрешности измерений; самостоятельно выбирать приборы; <i>Владеет</i> навыками измерения, обработки и представления полученных данных..	
ПК-1: Способен осуществлять техническое обслуживание радиоэлектронной аппаратуры	ПК-1.1. Знает способы тестирования сложных функциональных узлов радиоэлектронной аппаратуры. ПК-1.2. Умеет использовать измерительное оборудование для регулировки сложных функциональных узлов радиоэлектронной аппаратуры ПК-1.3. Владеет навыками регулировки сложных функциональных узлов радиоэлектронной аппаратуры	<i>Знает</i> принципы технического обслуживания радиоэлектронной аппаратуры  <i>Умеет</i> осуществлять техническое обслуживание радиоэлектронной аппаратуры  <i>Владеет</i> навыками технического обслуживания радиоэлектронной аппаратуры	Тестовые вопросы Практико-ориентированное задание Контрольная работа

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетные единицы (216 часа).

##### Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/ли разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежут. аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	Роль измерений и метрологии	6	1	2				2	
2	Метрологические характеристики и поверка средств измерений	6	2	2	2	4	1	4	
3	Погрешности измерений	6	3	2	2			4	
4	Обработка результатов измерений	6	4	2	2	4	1	6	



5	Методы и средства измерений	6	5	2	2			4	
6	Измерение временных интервалов и фазовых сдвигов	6	6	2	2	4	1	4	Рейтинг контроль №1
7	Измерение частоты сигнала	6	7	2	2			4	
8	Аналоговые вольтметры	6	8	2	2	4	1	4	
9	Цифровые вольтметры	6	9	2	2			4	
10	Измерение мощности сигнала	6	10	2	2	4	1	4	
11	Осциллографы	6	11	2	2			4	
12	Анализаторы спектра сигнала	6	12	2	2	4	1	4	Рейтинг контроль №2
13	Измерение характеристик цепей	6	13	2	2			4	
14	Измерение устройств на СВЧ	6	14	2	2	4	1	4	
15	ГСИ - гос. система обеспечения единства измерений	6	15	2	2			4	
16	Основы стандартизации в РФ	6	16	2	2	4	1	4	
17	Основы сертификации в РФ	6	17	2	2			4	
18	Измерение параметров и управление качеством РЭА	6	18	2	2	4	1	4	Рейтинг контроль №3
Всего				36	36	36		72	Экзамен (36)
Наличие в дисциплине КП/КР									-
Итого по дисциплине				36	36	36		72	Экзамен (36)

## СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИОННЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### Тема 1. Роль измерений и метрологии

Основные понятия метрологии. Средства измерений. Предмет и задачи дисциплины. Роль измерений в научных разработках и в промышленном производстве.

### Тема 2. Метрологические характеристики и поверка средств измерений

Классификация РИП (радиоизмерительных приборов). Подгруппы и виды приборов+. Понятие о мерах, эталонах, образцовых и рабочих средствах измерений. Поверка средств измерений. Поверочные схемы.

### Тема 3. Погрешности измерений

Классификация погрешностей: случайные и систематические, методические и инструментальные, статические и динамические. Законы распределения случайной погрешности. Нормирование инструментальной погрешности, предел допустимой погрешности. Основная и дополнительная погрешности и способы их представления. Суммирование погрешностей. Расчет погрешности косвенных измерений по погрешностям прямых измерений.

### Тема 4. Обработка результатов измерений

Подготовка и проведение эксперимента. Запись результатов, округление. Способы уменьшения погрешностей. Учет неисключенных систематических погрешностей (НСП). Идентификация формы закона распределения погрешностей, исключение грубых погрешностей. Обработка результатов эксперимента. Методика обработки результатов измерений с многократными наблюдениями. Точечные и интервальные оценки измеряемой+ величины.

### Тема 5. Методы и средства измерений



Классификация методов измерений. Особенности аналоговых и цифровых средств измерений. Классификация средств измерений (РИП). Принципы построения средств измерений. Статические характеристики. Электромеханические приборы. Шунты и добавочные сопротивления.

#### **Тема 6. Измерение временных интервалов и фазовых сдвигов**

Методы измерений временных интервалов. Измерители временных интервалов. Микропроцессорные средства измерений. Анализ погрешностей, обусловленных дискретизацией. Методы уменьшения погрешности дискретизации.

Измерения разности фаз. Погрешности при преобразовании и умножении частоты. Измерения путем преобразования разности фаз во временной интервал и в напряжение. Микропроцессорные фазометры.

#### **Тема 7. Измерение частоты сигнала**

Резонансный и цифровой методы измерений частоты, косвенные измерения частоты по периоду повторения как метод уменьшения погрешности дискретизации. Резонансные частотомеры. Электронно-счетные частотомеры дискретного счета. Микропроцессорные измерители частоты и периода повторения. Электронно-счетный частотомер с постоянной погрешностью. ЭСЧ СВЧ дискретного гетеродинного преобразования. ЭСЧ СВЧ по методу переносчика.

#### **Тема 8. Аналоговые вольтметры**

Параметры сигналов. Измерение напряжения. Преобразователи пикового, средневывпрямленного и среднеквадратического значений. Методы измерений переменного и постоянного напряжений и токов. Измерение СКЗ. Селективные вольтметры. Исследование спектра сигнала.

#### **Тема 9. Цифровые вольтметры**

Цифровые вольтметры переменного напряжения. Времяимпульсные цифровые вольтметры постоянного напряжения. Цифровые вольтметры двойного интегрирования. Цифровые вольтметры с преобразованием напряжения в частоту. Цифровые вольтметры поразрядного кодирования. Мультиметры.

#### **Тема 10. Измерение мощности сигнала**

Методы измерений мощности на НЧ, ВЧ и СВЧ. Погрешности из-за неполного согласования источника и нагрузки с линией передачи. Ваттметры калориметрические, термисторные и болометрические, термоэлектрические и пндеромоторные.

#### **Тема 11. Осциллографы**

Классификация осциллографов. Принцип действия универсального осциллографа, структурная схема. Индикаторные устройства. Цифровые и вычислительные осциллографы, их структуры и особенности. Погрешности измерений.

Стробоскопический осциллограф, его основные характеристики. Принцип действия и устройство преобразователя и стробоскопической развертки.

#### **Тема 12. Анализаторы спектра сигнала**

Методы анализа колебаний в частотной области. Анализаторы спектра с параллельной фильтрацией. Анализаторы спектра с последовательной фильтрацией. Спектральный анализ с помощью дискретного преобразования Фурье, особенности и основные характеристики цифровых спектроанализаторов. Методы измерений нелинейных искажений.

#### **Тема 13. Измерение характеристик цепей**

Методы и средства измерений амплитудно-частотных, фазо-частотных и импедансных характеристик радиоканалов, радиотехнических устройств и цепей.

#### **Тема 14. Измерение устройств на СВЧ**

Методы измерений параметров и характеристик цепей на СВЧ. Измерительная линия и ее использование для измерений параметров нагрузки. Панорамные измерители КСВ и коэффициентов передачи. Измерение элементов матрицы рассеяния ( $S$  – параметров).

#### **Тема 15. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ)**

Основы государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ). Научные,



технические, организационные и законодательные основы метрологического обеспечения. Задачи и функции территориальных ЦСМ.

#### **Тема 16. Основы стандартизации в РФ**

Государственная система стандартизации Российской Федерации. Основные принципы и задачи стандартизации согласно ГСС РФ. Виды стандартов, применяемых в Российской Федерации. Порядок разработки и изменения государственных стандартов. Государственный контроль и надзор за соблюдением требований государственных стандартов. Международное сотрудничество России в области стандартизации. Применение международных и национальных стандартов на территории Российской Федерации.

#### **Тема 17. Основы сертификации в РФ**

Основные функции сертификации и эффективность ее проведения. Краткая характеристика Закона РФ «О сертификации продукции и услуг». Цели и принципы сертификации. Понятие о системе сертификации. Объекты обязательной и добровольной сертификации. Участники и формы обязательной сертификации.

#### **Тема 18. Измерение параметров и управление качеством РЭА**

Радиоэлектронные и телекоммуникационные элементы, модули, устройства, системы (РЭА, РЭС, РТС и др.). Параметры и характеристики. Методы и средства контроля, испытаний, измерений и мониторинга.

Принципы формирования систем управления качеством. Стандарты ИСО на системы управления качеством.

#### **СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Занятие 1. Тема 2. Метрологические характеристики и поверка средств измерений  
Подгруппы и виды приборов. Метрологические характеристики средств измерений.

Занятие 2. Тема 2. Метрологические характеристики и поверка средств измерений  
Поверка средств измерений. Поверочные схемы.

Занятие 3. Тема 3. Погрешности измерений  
Классификация погрешностей: случайные и систематические, методические и инструментальные, статические и динамические.

Занятие 4. Тема 3. Погрешности измерений  
Нормирование погрешности, предел допустимой погрешности. Основная и дополнительная погрешности и способы их представления.

Занятие 5. Тема 3. Погрешности измерений  
Законы распределения случайной погрешности.

Занятие 6. Тема 3. Погрешности измерений.  
Суммирование погрешностей. Расчет погрешности косвенных измерений по погрешностям прямых измерений.

Занятие 7. Тема 4. Обработка результатов измерений.  
Запись результатов, округление. Учет НСП.

Занятие 8. Тема 4. Обработка результатов измерений.  
Точечные и интервальные оценки измеряемой величины. Исключение грубых погрешностей.

Занятие 9. Тема 5. Электромеханические приборы с преобразователями.  
Шунты и добавочные сопротивления.

Занятие 10. Тема 5. Электромеханические приборы с преобразователями.  
Проектирование многопредельного амперметра

Занятие 11. Тема 5. Электромеханические приборы с преобразователями.  
Проектирование многопредельного вольтметра

Занятие 12. Тема 5. Электромеханические приборы с преобразователями.  
Проектирование омметра.

Занятие 13. Тема 5. Электромеханические приборы с преобразователями.  
Проектирование мультиметра по индивидуальному заданию

Занятие 14. Тема 6. Измерение временных интервалов и фазовых сдвигов  
Анализ погрешностей, обусловленных дискретизацией. Методы уменьшения погрешности



дискретизации.

Занятие 15. Тема 7. Измерение частоты сигнала

Метод дискретного счета. Электронно-счетный частотомер с постоянной погрешностью.

Занятие 16. Тема 7. Измерение частоты сигнала

СВЧ ЭСЧ дискретного гетеродинного преобразования. СВЧ ЭСЧ по методу переносчика.

Занятие 17. Тема 18. Измерение параметров и управление качеством РЭА

Радиоэлектронные и телекоммуникационные элементы, модули, устройства, системы.

Параметры и характеристики РЭА, РЭС, РТС. Методы и средства контроля, испытаний, измерений и мониторинга.

Занятие 18. Тема 2. Современные компьютерные и виртуальные приборы и комплексы.

## СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Лабораторная работа 1. Тема 2. Метрологические характеристики и поверка средств измерений

Подгруппы и виды приборов. Метрологические характеристики средств измерений (МХ СИ). Понятие о мерах, эталонах, образцовых и рабочих средствах измерений. Поверка средств измерений.

Лабораторная работа 2. Тема 6. Измерение задержек и фазовых сдвигов

Измерители временных интервалов и разности фаз. Микропроцессорные средства измерений. Микропроцессорные фазометры. Виртуальные приборы.

Лабораторная работа 3. Тема 7. Измерение частоты сигнала

Электронно-счетные частотомеры дискретного счета. Микропроцессорные измерители частоты. Электронно-счетный частотомер с постоянной погрешностью. Виртуальные приборы.

Лабораторная работа 4. Тема 8. Аналоговые вольтметры

Преобразователи пикового, средневыпрямленного и среднеквадратического значений. Измерение переменного и постоянного напряжения.

Лабораторная работа 5. Тема 8. Селективные вольтметры (СВ).

Исследование спектра сигнала. Виртуальные СВ. Погрешности.

Лабораторная работа 6. Тема 9. Цифровые вольтметры

Цифровые вольтметры постоянного и переменного напряжения. Вычислительные цифровые вольтметры. Виртуальные приборы.

Лабораторная работа 7. Тема 11. Осциллографы

Цифровые и вычислительные осциллографы, их структуры и особенности. Погрешности измерений. Виртуальные приборы.

Лабораторная работа 8. Тема 12. Анализаторы спектра сигнала

Методы анализа колебаний в частотной области. Спектральный анализ с помощью дискретного преобразования Фурье, особенности и основные характеристики цифровых спектроанализаторов.

Лабораторная работа 9. Тема 12. Измерители нелинейных искажений (ИНИ).

Автономные ИНИ. Виртуальные ИНИ. Спектральные и режекторные методы. Погрешности измерений.

## **5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

### **5.1. Текущий контроль успеваемости**

Тесты с одним правильным ответом помечены буквой О, если правильных ответов несколько, то тест помечен буквой Н.

## Рейтинг-контроль №1

1. Деятельность по обеспечению единства измерений (ОЕИ) осуществляется в соответствии с (Н):
  - а) Законом РФ «Об обеспечении единства измерений»;
  - б) Постановлениями местной законодательной власти;
  - в) нормативными документами, принимаемыми Госстандартом России;
  - г) Распоряжениями президента РФ.
  
2. Государственное управление деятельностью по ОЕИ осуществляет (О):
  - а) Правительство РФ;
  - б) Администрация президента РФ;
  - в) Государственный комитет РФ по стандартизации и метрологии.
  
3. Погрешность результата измерений ограничивается (Н):
  - а) пределом допускаемой погрешности;
  - б) разрядностью шкалы;
  - в) классом точности прибора;
  - г) средним арифметическим отклонением.
  
4. На метрологическую службу предприятия возлагаются следующие обязанности (Н):
  - а) установление рациональной системы государственных эталонов;
  - б) разработка средств измерения СИ для нужд предприятия;
  - в) организация и проведение ремонта СИ;
  - г) установление понятий метрологии, унификация терминов.
  
5. Государственные приемочные испытания СИ (ГПИ) — это испытания (Н):
  - а) образцов новых СИ, предназначенных для серийного выпуска;
  - б) образцов СИ, подлежащих ввозу из-за границы партиями;
  - в) новых СИ, созданных на предприятии для его нужд;
  - г) всех СИ, ввозимых из-за границы.
  
6. Поверке подлежит (О):
  - а) каждый экземпляр СИ;
  - б) каждый третий экземпляр СИ;
  - в) каждый десятый экземпляр СИ.
  
7. Поверку СИ может осуществлять (О):
  - а) аттестованное в качестве поверителя физическое лицо;
  - б) квалифицированный инженер;
  - в) руководитель метрологической службы.
  
8. Деятельность по изготовлению, ремонту, продаже и прокату СИ (О):
  - а) разрешается по решению органов исполнительной власти;
  - б) подвергается лицензированию органами Государственной метрологической службы;
  - в) может осуществляться любым зарегистрированным предпринимателем.
  
9. Методические погрешности обусловлены (Н):
  - а) внутренними шумами модулей;
  - б) внешними наводками;
  - в) несовершенством метода измерения;
  - г) допущениями и приближениями в уравнении измерения.



10. Методические погрешности известны (О):
- а) на стадии проектирования прибора;
  - б) после тщательных экспериментальных исследований;
  - в) после проведения поверки прибора.

### Рейтинг-контроль №2

+

11. Инструментальные погрешности обусловлены (Н):
- а) разбросом параметров элементов СИ;
  - б) шумами и неидеальностью составных частей СИ;
  - в) влиянием внутреннего сопротивления прибора;
  - г) допущениями и приближениями в уравнении измерения.

12. Если закон распределения случайной погрешности неизвестен, то рекомендуется принимать (О):

- а) нормальное распределение;
- б) равномерное распределение;
- в) треугольное распределение;
- г) арксинусное распределение.

13. Если случайная погрешность обусловлена гармонической помехой, то рекомендуется принимать (О):

- а) нормальное распределение;
- б) равномерное распределение;
- в) треугольное распределение;
- г) арксинусное распределение.

14. Если случайная погрешность обусловлена многими причинами одного весового порядка, то рекомендуется принимать (О):

- а) нормальное распределение;
- б) равномерное распределение;
- в) треугольное распределение;
- г) арксинусное распределение.

15. Систематические погрешности, если они известны или достаточно точно определены, суммируют (О):

- а) алгебраически с учетом собственных знаков;
- б) модули без учета знаков;
- в) геометрически под корнем квадратным.

16. Случайные погрешности (среднеквадратические оценки) суммируют (О)

- а) модули без учета знаков;
- б) геометрически под корнем квадратным с учетом корреляции;
- в) геометрически под корнем квадратным без учета корреляции.

17. Мощность в нагрузке ( $P=I*U$ ) определяется по результатам прямых измерений тока ( $I=10,0 + 0,3$  мА) и напряжения  $U=(10,0 + 0,4$  В). Как правильно сложить известные предельные значения случайных погрешностей и записать доверительную погрешность результата (О):

- а)  $(100,0 + 0,3$  мВт);
- б)  $(100,0 + 0,4$  мВт);
- в)  $(100,0 + 0,5$  мВт);
- г)  $(100,0 + 0,7$  мВт).

18. Сопротивление нагрузки ( $R=U/I$ ) определяется по результатам прямых измерений тока ( $I=10,0 + 0,3$  мА) и напряжения  $U=(10,0 + 0,4$  В). Как правильно сложить известные предельные значения случайных погрешностей и записать максимальную погрешность результата (О):

- а)  $(1,0 + 0,3$  кОм);
- б)  $(1,0 + 0,4$  кОм);
- в)  $(1,0 + 0,5$  кОм);
- г)  $(1,0 + 0,7$  кОм).

19. Учет мнений всех заинтересованных сторон при разработке и принятии стандартов достигается процедурой (О):

- а) обсуждения проекта стандарта заинтересованными сторонами;
- б) анализа аналогичных проектов стандарта;
- в) обсуждения проекта стандарта разработчиками.

20. Экономическими показателями при выборе СИ являются (Н):

- а) быстродействие;
- б) стоимость СИ;
- в) входное сопротивление СИ;
- г) пределы измерения прибора.

### Рейтинг-контроль №3

21. Прибор М3-95 предназначен для измерения (О):

- а) частоты;
- б) напряжения;
- в) мощности;
- г) АЧХ.

22. Прибор ЧЗ-64 предназначен для измерения (О):

- а) частоты;
- б) напряжения;
- в) мощности;
- г) АЧХ.

23. Прибор В2-38 предназначен для измерения (О):

- а) частоты;
- б) напряжения;
- в) мощности;
- г) АЧХ.

24. Прибор Х1-56

предназначен для измерения (О):

- а) частоты;
- б) напряжения;
- в) мощности;
- г) АЧХ.

25. В диапазоне СВЧ может работать осциллограф (О):

- а) запоминающий;



- б) стробоскопический;
- в) универсальный.

26. Более быстродействующий вольтметр (О):

- а) времяимпульсный;
- б) двойного интегрирования;
- в) поразрядного кодирования.

27. Для класса точности 1 абсолютная погрешность результата измерения в точке 50 В на пределе измерения 100 В не должна превышать (О):

- а) 2 В;
- б) 2%;
- в) 1 В.

28. Максимальная погрешность для СКО=1% и равномерного закона распределения равна (О):

- а) 2%;
- б) 1,73%;
- в) 1,5%.

29. Для электромеханического прибора со шкалой 100 мВ и внутренним сопротивлением 1 кОм выбрано добавочное сопротивление 9 кОм. Его шкала стала (О):

- а) 9 В;
- б) 10 В;
- в) 1 В.

30. Спектр сигнала можно исследовать (Н):

- а) осциллографом;
- б) анализатором спектра;
- в) селективным вольтметром;
- г) измерителем нелинейных искажений.

## 5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

### Вопросы к экзамену

#### ТЕОРИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

1. Области и виды измерений, примеры прямых и косвенных измерений.
2. Средства измерений, их виды и классификация РИП (по ГОСТ).
3. Метрологические характеристики (МХ) СИ.
4. ГСИ, ее структура и подсистемы. Метрологическая служба в РФ.
5. Государственные научные метрологические центры и их функции.
6. Владимирский ЦСМС и его функции.
7. Поверка и калибровка средств измерений. Поверочные схемы.
8. Погрешности методические, инструментальные и субъективные (с примерами).
9. Погрешности систематические, дрейфовые и случайные (с примерами).
10. Законы распределения случайных погрешностей (нормальный, Стюдента, равномерный, треугольный и арксинусный).
11. Погрешности аддитивные и мультипликативные (с примерами).
12. Погрешности основные и дополнительные, статические и динамические (с примерами).
13. Подготовка к измерениям. Учет модели объекта, выбор метода, СИ.
14. Оценка погрешности результата прямого однократного измерения.
15. Оценка суммарной случайной и систематической погрешности многократных измерений.
16. Статические характеристики РИП, схемы РИП, мостовые схемы.

17. Государственная система стандартизации Российской Федерации. Виды стандартов.
18. Государственный контроль и надзор за соблюдением требований государственных стандартов.
19. Основные функции сертификации и эффективность ее проведения.
20. Обязательная и добровольная сертификация. Оформление сертификата соответствия.
21. Добровольная сертификация, ее назначение и отличительные особенности.

#### РАИОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

1. Измеритель интервала времени по методу дискретного счета. Структура погрешности с классификацией.
2. Измеритель интервала времени по методу дискретного счета с интерполяцией. Структура погрешности с классификацией.
3. Фазометр с жесткой логикой с преобразованием сдвига фазы во временной интервал. Структура погрешности с классификацией.
4. Микропроцессорный фазометр. Структура погрешности с классификацией.
5. Резонансный частотомер. Структура погрешности с классификацией.
6. ЭСЧ дискретного счета. Структура погрешности с классификацией.
7. ЭСЧ СВЧ дискретного гетеродинирования. Структура погрешности с классификацией.
8. ЭСЧ СВЧ по методу переноса частоты. Структура погрешности с классификацией.
9. Вольтметр СКЗ с преобразованием электрической энергии в тепловую. Структура погрешности с классификацией.
10. Времяимпульсный вольтметр. Структура погрешности с классификацией.
11. Вольтметр двойного интегрирования. Структура погрешности с классификацией.
12. Вольтметр поразрядного кодирования. Структура погрешности с классификацией.
13. Калориметрический ваттметр с постоянной температурой (метод замещения). Структура погрешности с классификацией.
14. Терморезистивный ваттметр с мостом Уитстона. Структура погрешности с классификацией.
15. Термоэлектрический ваттметр. Структура погрешности с классификацией.
16. Универсальный осциллограф. Структура погрешности (с классификацией) в режимах измерения интервала времени и уровня.
17. Стробоскопический осциллограф. Структура погрешности (с классификацией) в режимах измерения интервала времени и уровня.
18. Анализатор спектра с параллельной фильтрацией. Структура погрешности (с классификацией) в режимах измерения частоты и уровня гармоник.
19. Анализатор спектра с последовательной фильтрацией. Структура погрешности (с классификацией) в режимах измерения частоты и уровня гармоник.
20. Вычислительный анализатор спектра. Структура погрешности (с классификацией) в режимах измерения частоты и уровня гармоник.
21. Измеритель нелинейных искажений. Структура погрешности (с классификацией).

### 5.3. Самостоятельная работа студентов

Самостоятельная (внеаудиторная) работа студентов включает закрепление теоретического материала при подготовке к выполнению и защите лабораторных заданий, а также при выполнении индивидуальных заданий к практическим занятиям и СРС. Основа самостоятельной работы - изучение теории по рекомендованным источникам и конспекту лекций, а также решение задач:

1. Для класса точности 1 определить абсолютную, относительную и приведенную погрешности результата измерения в точке  $x = 4N$  (В) на пределе измерения  $X_K = 100$  В.
2. Записать выражение для относительной погрешности результата измерения, когда класс точности вольтметра 1,0 представлен 2-членной формулой, в соответствии с которой в точке  $x = 3N$  (В) на пределе измерения  $X_K = 100$  В аддитивная составляющая в 2 раза больше мультипликативной. Выбрать а и b.
3. Определить максимальную погрешность, если  $\sigma=0,1N\%$  для законов распределения: равномерный, треугольный, арксинусный и нормальный.



4. Оцените суммарную погрешность, заданную в % 3-мя случайными составляющими, каждая из которых задана доверительными границами с вероятностью 0,95:  $0,1 \cdot N$  – распределена по нормальному закону;  $0,2 \cdot N$  – распределена по арксинусному закону;  $0,3 \cdot N$  – распределена по равномерному закону.
5. Оцените суммарную погрешность, заданную в % 3-мя случайными составляющими, каждая из которых задана доверительными границами с вероятностью 0,95: две составляющие  $0,1 \cdot N$  и  $0,2 \cdot N$  коррелированы и распределены по нормальному закону; одна -  $0,3 \cdot N$  распределена по равномерному закону.
6. Оцените суммарную погрешность, заданную в % 2-мя случайными составляющими, каждая из которых задана доверительными границами с вероятностью 0,95:  $0,1 \cdot N$  распределена по нормальному закону;  $0,2 \cdot N$  распределена по равномерному закону, - и одной НСП с граничным доверительным значением  $0,3 \cdot N$ .
7. Дан прибор тока со шкалой 10 мкА и внутренним сопротивлением  $0,1 \cdot N$  кОм. Какие нужны шунты для шкал тока 1 мА и 1 А? Какое будет входное сопротивление прибора?
8. Дан прибор тока со шкалой 10 мкА и внутренним сопротивлением  $0,1 \cdot N$  кОм. На какие шкалы можно построить вольтметр, и какие должны быть при этом добавочные сопротивления? Какое будет входное сопротивление прибора?
9. Дан прибор тока со шкалой 10 мкА и внутренним сопротивлением  $0,1 \cdot N$  кОм. Предложите шкалу омметра и напряжение источника питания.
10. Дан прибор со шкалой 100 мВ и внутренним сопротивлением  $1 \cdot N$  кОм. На какие шкалы можно построить амперметр, и какие должны быть при этом шунты? Какое будет входное сопротивление прибора?
11. С какой минимальной относительной погрешностью можно измерить интервал времени  $0,1 \cdot N$  мс, если частота счетных импульсов 1 МГц. Метод дискретного счета без интерполяции.
12. С какой минимальной относительной погрешностью можно измерить интервал времени  $0,1 \cdot N$  мс, если частота счетных импульсов 1 МГц. Метод дискретного счета с интерполяцией.
13. С какой минимальной абсолютной погрешностью можно измерить сдвиг фазы на частоте  $10 \cdot N$  Гц, если частота счетных импульсов 1 МГц. Метод дискретного счета с МПС. Какое требуется время измерения?
14. С какой минимальной относительной погрешностью можно измерить сдвиг фазы  $5 \cdot N^0$  на частоте  $10 \cdot N$  Гц, если частота счетных импульсов 1 МГц. Метод дискретного счета с МПС. Какое требуется время измерения?
15. С какой минимальной погрешностью дискретизации можно измерить частоты  $10N$  Гц и  $N$  МГц методом дискретного счета при времени измерения 1 с?
16. Как измерить частоты  $N$  ГГц и  $(N-0,01)$  ГГц с помощью МДГ? Выберете  $f_{гет}$ , граничные частоты и полосу пропускания УПЧ, оцените  $f_{нч}$ .
17. Как измерить частоту  $N$  ГГц с помощью МПЧ? Оцените значения частот гетеродина и номер гармоники.
18. Предложите весовые значения ячеек ЦАП для измерения напряжения в диапазоне  $N \dots 1000N$  мВ методом поразрядного кодирования с погрешностью не более 0,1 %,
19. Чему равен коэффициент нелинейных искажений (КНИ), если вес второй гармоники 4%, а третьей 3%?
20. Какой должен быть вес одной, двух и трех любых по номеру гармоник для сигнала, у которого  $КНИ=0,1N\%$ ?
21. Ваттметр среднего значения мощности показал величину  $+3N$ дБ·мВт. Какова импульсная мощность (мощность в импульсе), если скважность равна  $3N$ ?
22. Какова погрешность измерения  $4N$  мВт на шкале 100 мВт ваттметром класса точности 1 без учета рассогласования в тракте?
23. Какова погрешность измерения  $4N$  мВт на шкале 100 мВт ваттметром класса точности 1 с учетом рассогласования в тракте, если  $|\Gamma|=0,1N$  ?

24. Строб – импульсы формируются с шагом считывания  $\Delta t = TN/360 = T/360/N$ . Что будет на экране ЭЛТ при подаче на вход синусоиды, если число выборок  $k=90$ ?

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине «РАДИОИЗМЕРЕНИЯ» оформляется отдельным документом.

## 6.УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ "Радиоизмерения" (РИ)

### 6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
		Наличие в электронном каталоге ЭБС
Основная литература		
1. Поздняков А.Д. Курс лекций по дисциплине «Метрология и радиоизмерения», Часть 1 / Владим. гос. ун-т; Владимир, 2008. 164 с.	2008	ЭБС ВлГУ <a href="http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/1104">http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/1104</a>
2. Поздняков А.Д. Курс лекций по дисциплине «Метрология и радиоизмерения», Часть 2 / Владим. гос. ун-т; Владимир, 2009. 124 с.	2009	ЭБС ВлГУ <a href="http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/1462">http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/1462</a>
3. Поздняков А.Д., Поздняков В.А. Виртуальные радиоизмерительные приборы и комплексы: Учебное пособие / Владим. гос. ун-т. - Владимир. - 2015. - 236 с.	2015	ЭБС ВлГУ <a href="http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/4308">http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/4308</a>
Дополнительная литература		
1. Коротков В.С. Метрология, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО/ Коротков В.С., Афонасов А.И.— Саратов: Профобразование, 2017.— 186 с.	2017	ЭБС «IPRbooks» <a href="http://www.iprbookshop.ru/66391.html">http://www.iprbookshop.ru/66391.html</a>
2. Поздняков А.Д., Поздняков В.А. Моделирование алгоритмических методов определения параметров радиосигналов. Практикум / Владим. гос. ун-т; Владимир, 2012. 114 с.	2012	ЭБС ВлГУ <a href="http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/2383">http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/2383</a>
3. Поздняков А.Д. Крейтовые системы РХИ для контроля, испытаний и мониторинга радио-аппаратуры: учеб. пособие / Владим. гос. ун-т. – Владимир: Ред.-издат. комплекс ВлГУ, 2010. – 118 с.	2010	ЭБС ВлГУ <a href="http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/1862">http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/1862</a>
4. Аминев А.В. Метрология, стандартизация и сертификация в телекоммуникационных системах [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Аминев А.В., Блохин А.В.— Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2016.— 204 с.	2016	ЭБС «IPRbooks» <a href="http://www.iprbookshop.ru/65945.html">http://www.iprbookshop.ru/65945.html</a>



## **6.2. Периодические издания**

### **Отечественные журналы:**

- Радиотехника;
- Радиотехника и электроника;
- Приборы и техника эксперимента;
- Цифровая обработка сигналов.

### **Реферативные журналы:**

- Радиотехника;
- Электроника.

### **Зарубежные журналы:**

- IEEE Transactions on Communications;
- IEEE Transactions on Signal Processing;
- IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement.

## **6.3. Интернет-ресурсы**

«IPRbooks» <http://www.iprbookshop.ru>

ЭБС ВлГУ <http://e.lib.vlsu.ru>

<http://www.studentlibrary.ru>

<http://znanium.com/bookread2.php?book>

[www.instruments.ru](http://www.instruments.ru)

[www.keysight.com](http://www.keysight.com)

[www.advantest.com](http://www.advantest.com)

[www.anritsu.com](http://www.anritsu.com)

[www.lecroy.com](http://www.lecroy.com)

[www.keithley.com](http://www.keithley.com)

[www.fluke.com](http://www.fluke.com)

[www.rohde-schwarz.com](http://www.rohde-schwarz.com)

[www.tek.com](http://www.tek.com)

[www.ni.com](http://www.ni.com)

## **. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

- кафедральные мультимедийные средства (ауд. 301-3 и 335-3);
- наборы слайдов к лекциям (от 25 до 40 слайдов по каждой лекции);
- оборудование специализированной лаборатории (504-3) по дисциплине «Радиоизмерения»;
- компьютеры со специализированным программным обеспечением виртуальных приборов.

Рабочую программу составил Поздняков А.Д., профессор каф. РТ и РС



Рецензент

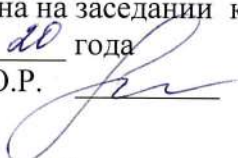
«Владимирское КБ Радиосвязи», Генеральный директор Богданов А.Е.



Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТ и РС

Протокол № 1 от 21.08.20 года

Заведующий кафедрой Никитин О.Р.




Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании

учебно-методической комиссии направления 11.03.01 «Радиотехника»

Протокол № 1 от 4.09.20 года

Председатель комиссии Никитин О.Р., заведующий кафедрой





**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 21/22 учебный год  
Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.21 года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ *О.Р. Жирябкин*

Рабочая программа одобрена на 22/23 учебный год  
Протокол заседания кафедры № 1 от 19.08.22 года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ *Н.Н. Жукова*

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год  
Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

в рабочую программу дисциплины

Радиоизмерения

образовательной программы направления подготовки 11.03.01 «Радиотехника»

направленность: «Электронные цифровые устройства и системы»

Номер изменения	Внесены изменения в части/разделы рабочей программы	Исполнитель ФИО	Основание (номер и дата протокола заседания кафедры)
1			
2			

Зав. кафедрой Никитин О.Р. \_\_\_\_\_