

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

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор  
по образовательной деятельности  
А.А.Панфилов  
« 27 » 06 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

"Метрология и радиоизмерения"  
(наименование дисциплины)

Направление подготовки 11.03.01 - «Радиотехника»

Профиль/программа подготовки «Радиотехнические устройства и системы»

Уровень высшего образования Бакалавриат

Форма обучения очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточной аттестации (экз./зачет)
6	4/144	36	18	36	18	Экзамен (36)
Итого	4/144	36	18	36	18	Экзамен (36)

Владимир 2019

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цель освоения дисциплины

Дисциплина "Метрология и радиоизмерения" обеспечивает формирование общепрофессиональных и профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС, обучая специалиста 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. Ознакомление с основами стандартизации и сертификации средств измерений, с методами обеспечения единства измерений и соответствующей нормативной документацией.
3. Изучение принципов действия, технических и метрологических характеристик средств измерений.
4. Формирование практических навыков работы с радиоизмерительными приборами.
5. Изучение современных методов и приобретение навыков обработки результатов измерений, оценки погрешности измерений.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Курс «Метрология и радиоизмерения» относится к базовым дисциплинам – Б1.О.14.

Курс "Метрология и радиоизмерения" основывается на знании "Математики", "Физики", "Схемотехники аналоговых электронных устройств", "Электродинамики и распространения радиоволн", "Теоретических основ радиотехники". "Электроники", "Микропроцессорных устройств".

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
1	2	3
ОПК-2	Частичный	Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных <i>Знать:</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>Уметь</i> оценивать погрешности измерений, самостоятельно выбирать приборы и проводить экспериментальные исследования; <i>Владеть</i> навыками обработки и представления полученных данных

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы , 144 часа

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежут. аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС		
1	Роль метрологии	6	1	2				0,5/25%	
2	Метрологические характеристики и поверка средств измерений	6	2	2	2	4	2	2/25%	
3	Погрешности измерений	6	3	2				0,5/25%	
4	Обработка результатов измерений	6	4	2	2	4	2	2/25%	
5	Методы и средства измерений	6	5	2				0,5/25%	
6	Измерение временных интервалов и фазовых сдвигов	6	6	2	2	4	2	2/25%	Рейтинг контроль №1
7	Измерение частоты сигнала	6	7	2				0,5/25%	
8	Аналоговые вольтметры	6	8	2	2	4	2	2/25%	
9	Цифровые вольтметры	6	9	2				0,5/25%	
10	Измерение мощности сигнала	6	10	2	2	4	2	2/25%	
11	Осциллографы	6	11	2				0,5/25%	
12	Анализаторы спектра сигнала	6	12	2	2	4	2	2/25%	Рейтинг контроль №2
13	Измерение характеристик цепей	6	13	2				0,5/25%	
14	Измерение устройств на СВЧ	6	14	2	2	4	2	2/25%	
15	ГСИ - гос. система обеспечения единства измерений	6	15	2				0,5/25%	
16	Основы стандартизации в РФ	6	16	2	2	4	2	2/25%	
17	Основы сертификации в РФ	6	17	2				0,5/25%	
18	Измерение параметров и управление качеством РЭА	6	18	2	2	4	2	2/25%	Рейтинг контроль №3
Всего				36	18	36	18	22,5/25%	Экзамен
Наличие в дисциплине КП/КР									-
Итого по дисциплине				36	18	36	18	22,5/25%	Экзамен

## СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИОННЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### **Тема 1. Роль 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, средневыпрямленного 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 пьезоэлектрические.

### **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 (МХ СИ). Понятие о мерах, эталонах, образцовых и рабочих средствах измерений. Поверка средств измерений. Поверочные схемы.

### **Занятие 2. Тема 3. Погрешности измерений**

Классификация погрешностей: случайные и систематические, методические и инструментальные, статические и динамические. Законы распределения случайной

погрешности.

**Занятие 3.** Нормирование погрешности, предел допустимой погрешности. Основная и дополнительная погрешности и способы их представления.

**Занятие 4.** Суммирование погрешностей. Расчет погрешности косвенных измерений по погрешностям прямых измерений.

**Занятие 5. Тема 4. Обработка результатов измерений**

Запись результатов, округление. Учет неисключенных систематических погрешностей (НСП). Методика обработки результатов измерений с многократными наблюдениями. Точечные и интервальные оценки измеряемой величины. Исключение грубых погрешностей.

**Занятие 6. Тема 5. Методы и средства измерений**

Электромеханические приборы с преобразователями.. Шунты и добавочные сопротивления.

**Занятие 7. Тема 6. Измерение временных интервалов и фазовых сдвигов**

Анализ погрешностей, обусловленных дискретизацией. Методы уменьшения погрешности дискретизации.

**Занятие 8. Тема 7. Измерение частоты сигнала**

Электронно-счетный частотомер с постоянной погрешностью. СВЧ ЭСЧ дискретного гетеродинного преобразования. СВЧ ЭСЧ по методу переносчика.

**Занятие 9. 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.

**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 временных интервалов 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.** 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.** Измерители нелинейных искажений (ИНИ). Виртуальные ИНИ. Спектральные и режекторные методы. Погрешности измерений.

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины «Метрология и радиоизмерения» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

### **Активные и интерактивные формы обучения**

С целью формирования и развития профессиональных навыков в учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой: (лабораторные работы, практические занятия, контрольные работы, СРС). Объем аудиторных занятий, проводимых в интерактивных формах, составляет 22,5 часа.

Лабораторные работы выполняются в виде исследований автономных и виртуальных радиоизмерительных приборов, а также изучения современных алгоритмов измерений и обработки сигналов с поиском условий оптимизированных преобразований.

Практические занятия включают решение задач в интерактивном режиме работы со специализированной компьютерной программой. Объем занятий, проводимых в интерактивных формах, составляет 25% от аудиторных часов.

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

### 6.1. Контрольные вопросы для проведения текущего контроля.

ОВ – один вариант ответа; ДВ – два варианта ответа

#### **Вопросы для проведения 1 рейтинг-контроля**

1. Деятельность по обеспечению единства измерений (ОЕИ) осуществляется в соответствии с (ДВ):
  - 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 (ОВ):
  - а) Правительство РФ;
  - б) Администрация президента РФ;
  - в) Государственный комитет РФ по стандартизации и метрологии.
3. Погрешность результата измерений ограничивается (ДВ):
  - а) пределом допускаемой погрешности;
  - б) разрядностью шкалы;
  - в) классом точности прибора;
  - г) средним арифметическим отклонением.
4. На метрологическую службу предприятия возлагаются следующие обязанности (ДВ):
  - 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 (ДВ):

- 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 (ОВ):

- а) каждый экземпляр СИ;
- б) каждый третий экземпляр СИ;
- в) каждый десятый экземпляр СИ.

7. Поверку СИ может осуществлять (ОВ):

- а) аттестованное в качестве поверителя физическое лицо;
- б) квалифицированный инженер;
- в) руководитель метрологической службы.

8. Деятельность по изготовлению, ремонту, продаже и прокату СИ (ОВ):

- а) разрешается по решению органов исполнительной власти;
- б) подвергается лицензированию органами Государственной метрологической службы;
- в) может осуществляться любым зарегистрированным предпринимателем.

9. Методические погрешности обусловлены (ДВ):

- а) внутренними шумами модулей;
- б) внешними наводками;
- в) несовершенством метода измерения;
- г) допущениями и приближениями в уравнении измерения.

10. Методические погрешности известны (ОВ):

- а) уже на стадии проектирования прибора;
- б) после тщательных экспериментальных исследований;
- в) после проведения поверки прибора.

### **Вопросы для проведения 2 рейтинг-контроля**

11. Инструментальные погрешности обусловлены (ДВ):

- 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 (ОВ):

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

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

- 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 (ОВ):

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

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

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

16. Случайные погрешности (среднеквадратические оценки) суммируют

- 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 ( $P=I \cdot U$ ) определяется по результатам прямых измерений тока ( $I=10,0 \pm 0,3$  мА) и напряжения  $U=(10,0 \pm 0,4$  В). Как правильно сложить известные предельные значения случайных погрешностей и записать доверительную погрешность результата (ОВ):

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

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

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

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

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

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

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

### Вопросы для проведения 3 рейтинг-контроля

21. Прибор МЗ-95 предназначен для измерения (ОВ):

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

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

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

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

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

24. Прибор Х1-56 предназначен для измерения (ОВ):

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

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

- а) запоминающий;
- б) стробоскопический;
- в) универсальный.

26. Более быстродействующий вольтметр (ОВ):

- 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 (ОВ):

- а) 2 В;
- б) 2%;
- в) 1 В.

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

- 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 (ОВ):

- а) 9 В;
- б) 10 В;
- в) 1 В.

30. Спектр сигнала можно исследовать (ДВ):

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

## **6.2. Промежуточная аттестация по итогам усвоения дисциплины**

### **Контрольные вопросы к экзамену**

#### **МЕТРОЛОГИЯ**

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, Стьюдента, 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.

#### **РАДИОИЗМЕРЕНИЯ**

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 гетеродина. 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).

### 6.3. 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:  $0,1*N$  – распределена по нормальному закону;  $0,2*N$  – распределена по арксинусному закону;  $0,3*N$  – 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  $0,1*N$  и  $0,2*N$  коррелированы и распределены по нормальному закону; одна -  $0,3*N$  распределена по равномерному закону.
6. Оцените суммарную погрешность, заданную в % 2-мя случайными составляющими, каждая из которых задана доверительными границами с вероятностью 0,95:  $0,1*N$  распределена по нормальному закону;  $0,2*N$  распределена по равномерному закону, - и одной НСП с граничным доверительным значением  $0,3*N$ .
7. Дан прибор тока со шкалой 10 мкА и внутренним сопротивлением  $0,1*N$  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  $0,1*N$  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  $0,1*N$  кОм. Предложите шкалу омметра и напряжение источника питания.
10. Дан прибор со шкалой 100 мВ и внутренним сопротивлением  $1*N$  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  $0,1*N$  мс, если частота счетных импульсов 1 МГц. Метод дискретного счета без интерполяции.
12. С какой минимальной относительной погрешностью можно измерить интервал времени  $0,1*N$  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? Выберите  $f_{гет}$ , 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. Ваттметр среднего значения мощности показал величину  $+3N$ дБ·мВт. Какова импульсная мощность (мощность в импульсе), если скважность равна  $3N$ ?
19. Какова погрешность измерения  $4N$  мВт на шкале 100 мВт ваттметром класса точности 1 без учета рассогласования в тракте?
20. Какова погрешность измерения  $4N$  мВт на шкале 100 мВт ваттметром класса точности 1 с учетом рассогласования в тракте, если  $|\Gamma|=0,1N$  ?
21. 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 «МЕТРОЛОГИЯ И РАДИОИЗМЕРЕНИЯ» оформляется отдельным документом.

## 7.УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
<b>Основная литература*</b>			
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	Электронный учебник	ЭБС «IPRbooks» <a href="http://www.iprbookshop.ru/66391.html">http://www.iprbookshop.ru/66391.html</a>
2. Поздняков А.Д., Поздняков В.А. Виртуальные радио-измерительные приборы и комплексы: Учебное пособие / Владим. гос. ун-т. - Владимир. - 2015. - 236 с.	2015	53	ЭБС ВлГУ <a href="http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/4308">http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/4308</a>
3. 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	Электронный учебник	ЭБС «IPRbooks» <a href="http://www.iprbookshop.ru/65945.html">http://www.iprbookshop.ru/65945.html</a>

Дополнительная литература			
1	2	3	4
1. Поздняков А.Д., Поздняков В.А. Моделирование алгоритмических методов определения параметров радиосигналов. Практикум / Владим. гос. ун-т; Владимир, 2012. 114 с.	2012	73	ЭБС ВлГУ <a href="http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/2383">http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/2383</a>
2. 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	73	ЭБС ВлГУ <a href="http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/1862">http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/1862</a>
3. Поздняков А.Д. Курс лекций по дисциплине «Метрология и радиоизмерения», Часть 1 / Владим. гос. ун-т; Владимир, 2008. 164 с.	2008	73	ЭБС ВлГУ <a href="http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/1104">http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/1104</a>

## 7.2. 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.

## 7.3. 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)

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий практического/лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также


помещения для самостоятельной работы (указать необходимое).


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 (506-3) по дисциплине «Метрология и радиоизмерения»;
- компьютеры со специализированным программным обеспечением виртуальных приборов.

**Примечания:**

1. Общее число подготовленных слайдов более 700, они ежегодно редактируются и модернизируются в соответствии с развитием технической и методической базы.
2. Общее число компьютеров в лаборатории 506-3 со специализированным программным обеспечением составляет 5 единиц, а измерительных приборов - 19 единиц (В7-34, В7-16, В7-39, В2-38, Г4-156, Г4-128, Г4-165, Г3-36, Г3-118, С6-11, ЧЗ-45, ЧЗ-46, ЧЗ-54, ЧЗ-64, Х1-46, Х1-42, С4-60, СК4-59, В1-9).

Рабочую программу составил профессор каф. РТ и РС  А.Д. Поздняков.  
(ФИО, подпись)

Рецензент ген. директор ВКБ «Радиосвязь» к.т.н.  А.Е. Богданов  
(место работы, должность, ФИО, подпись)


Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТ и РС

Протокол № 18 от 21.06.19 года

Заведующий кафедрой РТ и РС  О.Р. Никитин

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления «РАДИОТЕХНИКА»

Протокол № 7 от 27.06.19 года

Председатель комиссии зав. кафедрой РТ и РС  О.Р. Никитин  
(ФИО, подпись)

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Рабочая программа одобрена на 2020/2021 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 21.08.20 года

Заведующий кафедрой  О.Р. Никитин

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ О.Р. Никитин

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ О.Р. Никитин

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

в рабочую программу дисциплины  
"Метрология и радиоизмерения" (МРИ)  
(наименование дисциплины)

образовательной программы направления подготовки 11.03.01 «Радиотехника»  
направленность: «Радиотехнические устройства и системы»  
(бакалавриат)

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.  
*Подпись* *ФИО*