

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



А.А.Панфилов

« 15 » 20 15 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

"Метрология и радиоизмерения" (МРИ)  
(наименование дисциплины)

Направление подготовки 11.03.01 - «Радиотехника»

Профили подготовки \_\_\_\_\_

Уровень высшего образования Бакалавриат

Форма обучения заочная  
(очная, очно-заочная., заочная)

Семестр	Трудоем- кость (зач. ед, /час.)	Лекций, (час.)	Практ. занятий, (час.)	Лабор. работ, (час.)	СРС	Форма контроля (экз. / зачет)
6	4/144	8	-	8	101	Экзамен (27)
Итого	4/144	8	-	8	101	Экзамен (27)

Владимир - 2015

*Handwritten signature*

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина "Метрология и радиоизмерения" обеспечивает формирование общекультурных и профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВПО, обучая специалиста в области метрологического обеспечения, технических измерений, стандартизации и сертификации применительно к задачам разработки, производства и эксплуатации радиотехнических средств.

**Целями освоения дисциплины «Метрология и радиоизмерения» являются:**

1. Изучение основ метрологии, овладение методами и средствами измерения параметров и характеристик цепей, сигналов при разработке, производстве и эксплуатации радиотехнических средств
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

Дисциплина «Метрология и радиоизмерения» относится к базовым дисциплинам – Б1.Б.18.

Курс "Метрология и радиоизмерения" основывается на знании "Математики", "Физики", "Электроники", "Цифровых устройств и микропроцессоров", "Схемотехники аналоговых электронных устройств", "Радиотехнических цепей и сигналов" и является базой для изучения передатчиков и устройств формирования сигналов, устройств приема и обработки сигнала, радиотехнических систем и др.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен обладать **общекультурной компетенцией:** способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7).

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен:**

**Знать:**

- терминологию, основные понятия и определения;
- основы теории погрешностей измерений;
- методы обработки результатов измерений;
- способы нормирования и формы задания метрологических характеристик средств измерений;
- основные нормативные положения и законодательные акты в области метрологии;
- цели и методы стандартизации и сертификации;
- методы измерений радиотехнических величин и структурные схемы приборов.

**Уметь:**

- применять современные методы и средства измерения параметров и характеристик цепей и сигналов;

- использовать основные приемы обработки экспериментальных данных;
- проводить поверку средств измерения, используемых для разработки, производства и настройки радиотехнических устройств и систем.

**Владеть:**

- методами выбора аппаратуры для измерения характеристик радиотехнических цепей и сигналов;
- методами и средствами измерения параметров и характеристик цепей, сигналов при разработке, производстве и эксплуатации радиотехнических средств;
- навыками обработки результатов измерений, оценки погрешности измерений.
- методами поверки средств измерения, используемых для разработки, производства и настройки радиотехнических устройств и систем.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 часа) в 6 семестре.

№ п/п	Раздел (тема) 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 (по неделям семестра), форма промежут. аттестации
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
1	4.1 Задачи и роль метрологии	6	1					2			
2	4.2 ГСИ - гос. система обеспечения единства измерений	6	2	2				3	1,5/75%		
3	4.3 Погрешности измерений	6	3	2				6	1,5/75%		
4	4.4 Случайные и систематические погрешности	6	4					6			
5	4.5 Обработка результатов измерений	6	5					6			
6	4.6 Методы и средства измерений	6	6					6			
7	4.7 Измерение временных интервалов	6	7					6			
8	4.8 Измерение фазовых сдвигов	6	8					6	Курсова		
9	4.9 Измерение частоты сигнала	6	9					6			

10	4.10 Измерение напряжения	6	10				6		
11	4.11 Измерение мощности сигнала	6	11				6		
12	4.12 Осциллографы	6	12			4	6	4/100%	
13	4.13. Анализаторы спектра сигнала	6	13			4	6	4/100%	
14	4.14 Основы стандартизации	6	14				6		
15	4.15 Стандарты РФ	6	15				6		
16	4.16 Основы сертификации	6	16				6		
17	4.17 Системы качества	6	17	2			6	1,5/75%	
18	4.18 Основы госконтроля	6	18	2			6	1,5/75%	
Всего			8		8		101	14/87,5%	Экзамен

### **КУРСОВАЯ РАБОТА**

**В типовой КР** студент разрабатывает специализированную установку для приемодаточных испытаний индивидуального объекта.

Студенту необходимо:

- Выбрать индивидуальный объект испытаний.
- Изучить основные параметры и характеристики объекта.
- Выбрать структуру параметров, методы их измерения и серийные измерительные приборы.
- Обосновать структурную схему системы испытаний (установки).
- Разработать (выбрать) детальные методики проведения испытаний, включая алгоритмы измерения каждого параметра и способы обработки данных.
- Задать допустимые и оценить фактические погрешности измерения всех параметров, в том числе измеряемых косвенными методами.
- Предложить процедуры аттестации системы и ее ежегодной поверки.

#### **Объекты испытаний для индивидуальной КР**

1. Радиостанция МВ, АМ.
2. Радиостанция СМВ, АМ.
3. Радиостанция ДМВ, ЧМ.
4. Доплеровский измеритель скорости СМВ.
5. Радиовещательный приемник сигналов с АМ.
6. Радиовещательный приемник сигналов с ЧМ.
7. Радиопередатчик телевизионных сигналов МВ.
8. Радиопередатчик телевизионных сигналов ДМВ.
9. Ретранслятор РРЛ СМВ.
10. Имитатор радиоканала МВ.
11. Имитатор радиоканала ДМВ.
12. Телевизор.
13. Высококачественный УНЧ.
14. Телевизионная антенна МВ.
15. Телевизионная антенна ДМВ.
16. Синтезатор частот радиопередатчика МВ.

17. Электроакустическая система.
18. Цифровой вольтметр постоянного напряжения (В2).
19. Цифровой вольтметр переменного напряжения (В3).
20. Импульсный вольтметр (В4).
21. Селективный вольтметр (В6).
22. Мультиметр (В7).
23. Цифровой измеритель мощности (М3).
24. Измерительный генератор НЧ.
25. Измерительный генератор ВЧ.
26. Измерительный генератор СВЧ.
27. Импульсный генератор (Г5).
28. Анализатор спектра (С4).
29. Измеритель нелинейных искажений (С6).
30. Осциллограф (С1).
31. Цифровой фазометр (Ф2).
32. Измеритель АЧХ (Х1).
33. Измеритель коэффициента шума (Х5).
34. Детекторная головка СВЧ.
35. Термоэлектрический преобразователь СВЧ.
36. Аттenuатор переменный поглощающий ДМВ.
37. Вентиль СВЧ.
38. Направленный ответвитель СВЧ.
39. Полосовой фильтр СВЧ.
40. Линзовая антенна.
41. Рупорная антенна.
42. Волноводно-щелевая антенна СМВ.
43. ЛБВО диапазона СМВ.
44. ЛОВМ.
45. Отражательный клистрон.
46. Генератор на диоде Ганна.
47. Генератор на ЛПД.
48. Магнетрон.
49. Умножительный клистрон.
50. Циркулятор СВЧ.
51. Генератор линейчатого спектра.
52. Генератор наносекундных импульсов.
53. Регулируемый фазовращатель СВЧ.
54. Транзистор СВЧ.
55. Транзистор ВЧ.
56. Мощный транзистор НЧ.
57. Полосовой фильтр на ОУ.
58. Режекторный фильтр на ОУ.
59. Усилитель ВЧ с АРУ.

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

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

С целью формирования и развития профессиональных навыков студентов в учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой: (курсовая работа, СРС). Объем занятий, проводимых в интерактивных формах, составляет 87,5% от аудиторных часов.

### **Самостоятельная работа студентов**

Самостоятельная (внеаудиторная) работа студентов включает закрепление теоретического материала при подготовке к выполнению и защите лабораторных заданий, а также при выполнении индивидуальной курсовой работы. Основа самостоятельной работы - изучение рекомендованной литературы, а также электронных источников информации.

#### **Мультимедийные технологии обучения**

Лекционные занятия проводятся в виде презентаций в мультимедийной аудитории с использованием компьютерного проектора и представлением до 80 слайдов по каждой лекции.

Студентам предоставляется компьютерный курс лекций и описания всех лабораторных работ. Имеется компьютерная версия каталога приборов, которые могут выбираться студентами при выполнении СРС. Компьютерные технологии используются также для оформления лабораторных и курсовых работ.

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

#### **6.1. Список вопросов к экзамену**

##### **МЕТРОЛОГИЯ**

1. Области и виды измерений, примеры прямых и косвенных измерений.
2. Средства измерений, их виды и классификация РИП (по ГОСТ). Метрологические характеристики (МХ) СИ.
3. ГСИ, ее подразделения и подсистемы. ОЕИ на разных уровнях. Метрологическая служба в РФ и ее структура.
4. Государственные научные метрологические центры и их функции. Владимирский ЦСМС и его функции.
5. Проверка и калибровка средств измерений. Поверочные схемы.
6. Погрешности методические, инструментальные и субъективные (с примерами). Погрешности систематические, дрейфовые и случайные (с примерами).
7. Законы распределения случайных погрешностей (нормальный, Стьюдента, равномерный, треугольный и арксинусный).
8. Погрешности аддитивные и мультипликативные (с примерами). Запись абсолютных и относительных погрешностей и их представление на графике (аддитивной, мультипликативной и их суммы). Погрешности основные и дополнительные, статические и динамические (с примерами).
9. МВИ. Подготовка к измерениям. Запись результатов. Обработка результатов измерений.
10. Оценка суммарной случайной и систематической погрешности многократных измерений.
11. Методика обработки результатов многократных измерений.
12. Оценка погрешности косвенных измерений.
13. Статические характеристики РИП, схемы РИП, мостовые схемы.
14. Структуры и особенности ЦИП.
15. Сущность, функции и методы стандартизации. Правовые основы и цели деятельности стандартизации.
16. Государственная система стандартизации Российской Федерации. Виды стандартов, применяемых в Российской Федерации.
17. Государственный контроль и надзор за соблюдением требований государственных стандартов.
18. Основные функции сертификации и эффективность ее проведения.
19. Объекты обязательной и добровольной сертификации. Оформление сертификата соответствия.
20. 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 с индикацией по максимуму. Структура погрешности с классификацией.
6. Резонансный частотомер с индикацией по минимуму. Структура погрешности с классификацией.
7. ЭСЧ дискретного счета. Структура погрешности с классификацией.
8. ЭСЧ с постоянной погрешностью в диапазоне измерений. 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. Термоэлектрический ваттметр. Структура погрешности с классификацией.
14. Универсальный осциллограф. Структура погрешности (с классификацией) в режимах измерения интервала времени и уровня.
15. Стробоскопический осциллограф. Структура погрешности (с классификацией) в режимах измерения интервала времени и уровня.
16. Цифровой осциллограф. Структура погрешности (с классификацией) в режимах измерения интервала времени и уровня.
17. Анализатор спектра с параллельной фильтрацией. Структура погрешности (с классификацией) в режимах измерения частоты и уровня гармоник.
18. Анализатор спектра с последовательной фильтрацией. Структура погрешности (с классификацией) в режимах измерения частоты и уровня гармоник.
19. Вычислительный анализатор спектра. Структура погрешности (с классификацией) в режимах измерения частоты и уровня гармоник.
20. Измеритель нелинейных искажений. Структура погрешности (с классификацией).

### 6.2. Список задач к экзамену

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:  $0,1 \cdot N$  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. Какие нужны добавочные сопротивления для шкал 1 В, 10 В и 100 В? Какое будет входное сопротивление прибора на разных шкалах вольтметра?
11. 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?
12. Дан прибор со шкалой 100 мВ и внутренним сопротивлением  $1 \cdot N$  кОм. Предложите шкалу омметра и напряжение источника питания.
13. 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.
14. 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.
15. 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?
16. 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?
17. С какой минимальной абсолютной погрешностью можно измерить за время  $T=1$  с сдвиг фазы на частоте  $10 \cdot N$  Гц, если частота счетных импульсов 1 МГц. Метод дискретного счета с жесткой логикой.
18. С какой минимальной относительной погрешностью можно измерить за время  $T=1$  с сдвиг фазы  $5 \cdot N^0$  на частоте  $10 \cdot N$  Гц, если частота счетных импульсов 1 МГц. Метод дискретного счета с жесткой логикой.
19. С какой минимальной погрешностью дискретизации можно измерить частоты  $10N$  Гц и  $N$  МГц методом дискретного счета при времени измерения 1 с?
20. Ваттметр среднего значения мощности показал величину  $+3N$  дБ·мВт. Какова импульсная мощность (мощность в импульсе), если скважность равна  $3N$ ?

## **7.УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

1. Основы метрологии, стандартизации и сертификации: Учебное пособие / Н.Д. Дубовой, Е.М. Портнов. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ Инфра-М, 2013.



2. Афонский А.А. Электронные измерения в нанотехнологиях и в микроэлектронике [Электронный ресурс]/ Афонский А.А., Дьяконов В.П.— Электрон.текстовые данные.— М.: ДМК Пресс, 2011.
3. Афонский А.А. Измерительные приборы и массовые электронные измерения [Электронный ресурс]/ Афонский А.А., Дьяконов В.П.— Электрон.текстовые данные.— М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2009.— 541 с.

#### **Дополнительная литература**

1. Поздняков А.Д. Курс лекций по дисциплине «Метрология и радиоизмерения»: Часть 1.- Владимир: ВлГУ, 2008. - 164 с.
2. Поздняков А.Д. Курс лекций по дисциплине «Метрология и радиоизмерения»: Часть 2.- Владимир: ВлГУ, 2009. - 124 с.
3. Поздняков А.Д., Поздняков В.А. Алгоритмические методы определения параметров радиотехнических сигналов и цепей (учебное пособие) / Владим. гос. ун-т, Владимир, 2007. – 116 с.

#### **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.

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


Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

- кафедральные мультимедийные средства (ауд. 301-3 и 335-3);
- наборы слайдов по всем лекциям (до 80 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, Ч3-45, Ч3-46, Ч3-54, Ч3-64, Х1-46, Х1-42, С4-60, СК4-59, В1-9).

**Рабочая программа составлена** в соответствии с требованиями ФГОС по направлению «Радиотехника».

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 \_\_\_\_\_

Протокол № 12 от 20.03.15 года

Заведующий кафедрой РТ и РС \_\_\_\_\_ О.Р. Никитин

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

Протокол № 9 от 31.03.15 года

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

ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Рабочая программа одобрена на 15/16 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 1.09.15 года

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

Рабочая программа одобрена на 16/17 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 1.09.16 года

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

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

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

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