

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б1.О.16 Метрология и радиоизмерения

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль)

11.05.01.31 Радионавигационные системы и комплексы

Форма обучения

очная

Год набора

2019

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Программу составили \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ канд. техн. наук, доцент, Лопардин П.А.

\_\_\_\_\_ должность, инициалы, фамилия

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Целью преподавания дисциплины "Метрология и радиоизмерения" является изучение основ метрологической базы страны, погрешностей измерений, принципов и особенностей построения радиоизмерительных приборов и их основных свойств.

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

Основными задачами изучения дисциплины являются:

- овладение методами и средствами измерения параметров и характеристик цепей, сигналов при разработке, производстве и эксплуатации радиотехнических средств;
- ознакомление с методами обеспечения единства измерений и соответствующей нормативной документацией;
- изучение принципов действия, технических и метрологических характеристик средств измерений;
- изучение современных методов и приобретение навыков обработки результатов измерений, оценки погрешности измерений.

### 1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
<b>ОПК-4: Способен проводить экспериментальные исследования и владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных</b>	
ОПК-4.1: Применяет основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации	
ОПК-4.2: Выбирает способы и средства измерений и проводит экспериментальные исследования	
ОПК-4.3: Обрабатывает и представляет полученные данные и оценивает погрешности результатов измерений	

### 1.4 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

## 2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад. час)	е
		1
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>2 (72)</b>	
занятия лекционного типа	1 (36)	
лабораторные работы	1 (36)	
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>1 (36)</b>	
курсовое проектирование (КП)	Нет	
курсовая работа (КР)	Нет	

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

		Контактная работа, ак. час.							
№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.	
				Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы			
		Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС
<b>1. Основы метрологии</b>									
	1. Понятие об измерении. Связь измерений с познанием окружающего объективного мира. Определение измерения. Роль измерений в науке и технике. Понятие метрологического обеспечения. Структура и функции государственной метрологической службы и метрологических служб организаций. Средства измерений. Классификация средств измерений: меры, измерительные преобразователи, измерительные приборы, измерительные установки, информационно-измерительные системы. Обобщенная классификация радиоизмерительных приборов. Общие характеристики измерительных приборов. Система обозначений радиоизмерительных приборов. Система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная служба.	2							

2. История развития метрологии. Роль отечественных ученых в развитии метрологии. Проблемы радиоизмерительной техники (повышение точности, надежности, уменьшение трудоемкости, автоматизация, и др.)							2	
<b>2. Погрешности измерений</b>								
1. Погрешности измерений. Понятие погрешности измерений. Классификация погрешностей. Статистическая теория погрешностей измерения. Методы описания погрешностей. Законы распределения. Среднеквадратичная погрешность. Доверительная погрешность. Представление результатов измерений по ГОСТ 8011-72. Статистическая обработка результатов многократных измерений. Обработка неравноточных измерений. Определение законов распределения. Критерии согласия. Критерий Пирсона и Колмогорова. Обнаружение промахов. Критерий Романовского. Погрешности косвенных измерений. Вычисление погрешности косвенных измерений методом статистического моделирования.	6							
2. «Исследование методов обработки результатов многократных измерений», выполняется на ЭВМ с использованием авторской программы Mtest.exe					4			
3. «Моделирование эффективных оценок при статистической обработке результатов измерений», выполняется на ЭВМ путем самостоятельной разработки моделирующей программы					8			

4. Эффективные оценки истинного значения измеряемой величины для различных законов распределения погрешности. Среднеквадратические погрешности среднеарифметического значения результата измерения, оценка, соответствующая центру рассеяния, медианная оценка. Оценка среднеквадратической погрешности. Оценка погрешности при малом числе измерений.							4	
<b>3. Измерение временных интервалов</b>								
1. Измерение временных интервалов. Цифровое измерение временных интервалов. Структурная схема цифрового измерителя временных интервалов. Погрешности. Погрешность меры, преобразования, квантования (дискретности). Законы распределения, среднеквадратическая погрешность дискретного преобразования, зависимость погрешности дискретности от измеряемой величины. Нониусный метод измерения временных интервалов.	4							
2. Исследование цифрового метода измерения интервалов времени					6			
3. Ознакомительная лабораторная работа с цифровым частотомером – 0,11					4			
4. Способы уменьшения погрешности квантования: статический, корреляционный, метод рандомизации.							2	
<b>4. Измерение частоты сигналов</b>								



1. Определение мгновенной и средней частоты. Классификация методов измерения частоты. Методы сравнения. Осциллографические методы. Метод нулевых биений. Метод заряда-разряда емкости. Резонансный метод. Метод дискретного счета (цифровое измерение частоты). Структурная схема частотомера. Погрешности. Новые идеи повышения точности цифрового измерения частоты. Оптимальный алгоритм цифрового измерения частоты. Возможности цифрового частотомера.	4							
2. Исследование цифрового метода измерения частоты					8			
3. Осциллографические методы измерения частоты сигналов. Особенности применения микропроцессоров в цифровых измерителях частоты. Измерение нестабильности частоты.							2	
<b>5. Измерение напряжений</b>								

<p>1. Измерение напряжений. Значения измеряемых напряжений: амплитудное, среднее, среднеквадратическое, средневыпрямленное значение. Цифровые вольтметры. Классификация цифровых вольтметров постоянного напряжения. Цифровые вольтметры с временным преобразованием, с частотным преобразованием. Интегрирующие цифровые вольтметры. Принципы построения цифровых вольтметров с весовым усреднением. Цифровые вольтметры уравнивающего преобразования: циклического и следящего преобразования. Особенности цифровых вольтметров переменного напряжения. Погрешности цифровых вольтметров: погрешность меры, преобразования, дискретности (сравнения).</p>	4							
<p>2. Стрелочные вольтметры. Классификация, структурная схема. Основные узлы. Детекторы: пиковый, средневыпрямленного значения, квадратичный. Термоэлектрические преобразователи. Усилители. Погрешности стрелочных вольтметров на низких и высоких частотах. Зависимость показаний вольтметров от формы измеряемого напряжения.</p>						4		
<p><b>6. Измерение фазового сдвига</b></p>								

1. Измерение фазового сдвига. Классификация методов измерения фазового сдвига. Цифровые фазометры: с преобразованием фазовый сдвиг - напряжение, фазовый сдвиг - интервал времени, компенсационные, ортогональные. Особенности применения микропроцессоров в цифровых фазометрах. Фазометры с преобразованием частоты: гетеродинные, стробоскопические. Характеристики современных фазометров.	4							
2. Аналоговые фазометры: осциллографические, компенсационные, стрелочные							4	
<b>7. Электронно-лучевые осциллографы</b>								
1. Электронно-лучевые осциллографы. Назначение и классификация электронно-лучевых осциллографов. Области применения. Обобщенная структурная схема осциллографа. Виды разверток. Параметры развертывающих напряжений. Многоканальные и многолучевые осциллографы.	3							
2. Особенности построения осциллографов для наблюдения наносекундных импульсов и сигналов диапазона СВЧ. Скоростные и стробоскопические осциллографы. Цифровые осциллографы. Характеристики современных осциллографов.							4	
<b>8. Измерение спектров и нелинейных искажений</b>								

1. Измерение спектров и нелинейных искажений. Методы измерения спектров. Параллельный и последовательный анализ. Структурные схемы анализаторов. Основные характеристики анализаторов: статистическая и динамическая разрешающая способность, время и скорость анализа, диапазон частот.	3							
2. Анализ спектра. Измерение нелинейных искажений. Структурная схема измерителя нелинейных искажений. Измерение параметров модулированных сигналов.							2	
<b>9. Измерение мощности</b>								
1. Измерение мощности. Измерение мощности на промышленных частотах; электродинамические ваттметры. Измерение мощности на звуковых и высоких частотах. Метод, основанный на эффекте Холла. Измерение мощности в диапазоне СВЧ. Калориметрический метод. Метод терморезистора, болометры, термисторы. Мостовые методы измерения мощности.	2							
2. Измерение проходящей мощности. Пондеромоторный метод. Измерение весьма малой мощности. Радиометры.							2	
<b>10. Измерение параметров цепей</b>								
1. Измерение параметров цепей. Метод вольтметра и амперметра. Резонансный метод измерения индуктивности, емкости. Измерители добротности. Мостовые методы измерения индуктивности, емкости, сопротивления резисторов.	2							

2. Метод замещения. Цифровые методы измерения параметров цепей. Измерение амплитудно-частотных характеристик.							4	
<b>11. Электромеханические преобразователи</b>								
1. Электромеханические измерительные преобразователи. Общие сведения об электромеханических преобразователях. Магнитоэлектрические измерительные преобразователи. Расширение пределов измерения тока и напряжения.	2							
2. Магнитоэлектрические измерительные преобразователи. Расширение пределов измерения тока и напряжения. Электродинамические, электростатические, измерительные преобразователи. Логометрические преобразователи.							2	
<b>12. Измерительные генераторы</b>								
1. Исследование характеристик измерительных генераторов					6			
2. Измерительные генераторы. Назначение, классификация, основные требования. Генераторы низких частот. Генераторы инфранизких частот, генераторы высоких частот. Генераторы СВЧ. Шумовые генераторы. Синтезаторы частоты.							2	
<b>13. Измерение характеристик случайных процессов</b>								

<p>1. Измерение характеристик случайных процессов. Общие понятия. Выводы эргодической теоремы. Измерение среднего значения. Общие принципы. Аналоговые методы. Цифровые методы. Погрешности цифровых методов. Зависимость погрешности от числа отсчетов. Погрешность аналоговых методов: идеального интегратора и интегрирующей RC-цепи. Измерение дисперсии и мощности случайных процессов. Измерение авто- и взаимокорреляционных функций и энергетических спектров случайных процессов. Измерение законов распределения: плотности и функции распределения вероятностей. Особенности применения микропроцессоров при измерении случайных процессов.</p>							2	
2.								
Всего	36				36		36	

## **4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### **4.1 Печатные и электронные издания:**

1. Лютиков И. В., Леусенко В. А., Фомин А. Н., Викторов Д. С., Филонов А. А., Лященко Л. И. Метрология и радиоизмерения: учебник для обучения курсантов военных учебных центров, обучающихся по укрупненной группе подготовки "Электроника, радиотехника и системы связи", "Радиоэлектронные системы и комплексы", "Специальные радиотехнические системы"(Красноярск: СФУ).
2. Нефедов В. И., Битюков В. К., Сигов А. С., Самохина Е. В. Электрорадиоизмерения: Учебник(Москва: Издательство "ФОРУМ").
3. Мирский Г. Я. Электронные измерения(Москва: Радио и связь).
4. Кукуш В. Д. Электрорадиоизмерения: учеб. пособие для вузов по спец. "Радиотехника"(Москва: Радио и связь).
5. Нефёдов В.И. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах: учебник для вузов(М.: Высшая школа).
6. Алешечкин А. М. Метрология и радиоизмерения. Статистическая теория погрешностей измерения. Методы статистической обработки: учеб.-метод. пособие к самостоят. работе студентов спец. 210302.65 «Радиотехника», 210301.65 «Радиофизика», 210304.65 «Радиоэлектронные системы»; направления 210300.62 «Радиотехника»(Красноярск: СФУ).
7. Алешечкин А. М. Метрология и радиоизмерения: учеб.-метод. пособие для выполнения лаб. работ для студентов спец. 210302.65 "Радиотехника", 210301.65 "Радиофизика", 210406.65 "Сети связи и системы коммутации", 210304.65 "Радиоэлектронные системы"(Красноярск: СФУ).
8. Алешечкин А. М., Тронин О. А. Метрология и радиоизмерения. Указания по решению задач: учеб.-метод. пособие для практ. занятий и самост. работы [для бакалавров напр. 11.03.01 «Радиотехника», 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», студентов спец. 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы», 25.05.03 «Международные информационные и телекоммуникационные системы»](Красноярск: СФУ).

### **4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):**

1. MS OFFICE, MatLab, MathCad, Mikrocap, Altium Disinger 6.

### **4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

1. Научная библиотека СФУ <http://bik.sfu-kras.ru/>.

## **5 Фонд оценочных средств**

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

## **6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Учебный класс с 10 персональными ЭВМ.

Частотомер GW INSTEK GFC-8131H – 3 шт.

Осциллограф ОСУ-20 – 3 шт.

Генератор сигналов ГЗ-102 – 3 шт.