

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**СОГЛАСОВАНО**

**Заведующий кафедрой**

**Кафедра радиотехники (РТ\_ОР)**

\_\_\_\_\_

наименование кафедры

\_\_\_\_\_

подпись, инициалы, фамилия

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

\_\_\_\_\_

институт, реализующий ОП ВО

**УТВЕРЖДАЮ**

**Заведующий кафедрой**

**Кафедра радиотехники (РТ\_ОР)**

\_\_\_\_\_

наименование кафедры

**Саломатов Ю.П.**

\_\_\_\_\_

подпись, инициалы, фамилия

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

\_\_\_\_\_

институт, реализующий дисциплину

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
МЕТРОЛОГИЯ И  
РАДИОИЗМЕРЕНИЯ**

Дисциплина Б1.Б.15 Метрология и радиоизмерения

Направление подготовки /  
специальность 25.05.03 Техническая эксплуатация  
транспортного радиоборудования  
*Специализация 25 05 03 02*

Направленность  
(профиль)

Форма обучения

очная

Год набора

2016

Красноярск 2021

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по укрупненной группе

250000 «АЭРОНАВИГАЦИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВИАЦИОННОЙ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ»

Направление подготовки /специальность (профиль/специализация)

Специальность 25.05.03 Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования

Специализация 25.05.03.02 Инфокоммуникационные системы на транспорте и их информационная защита 2016г.

Программу  
составили

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

## **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

<b>ОПК-5: способностью использовать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации, работать с компьютером как средством управления информацией</b>
--

<b>ПК-2: готовностью к проведению испытаний и определению работоспособности установленного, эксплуатируемого и ремонтируемого транспортного радиоэлектронного оборудования</b>
--

<b>ПСК-2.3: способностью к проведению радиоизмерений на радиорелейных линиях связи</b>
--

1.4 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Предшествующие дисциплины:

Радиотехнические цепи и сигналы

Физика

Основы теории цепей

Электроника  
Теория вероятностей и математическая статистика  
Информационные технологии в электронике, радиотехнике и  
системах связи

Последующие дисциплины:

Радиоавтоматика

Устройства генерирования и формирования сигналов

Устройства сверхвысокой частоты (СВЧ) и антенны

Цифровая обработка сигналов

Устройства приёма и обработки сигналов

1.5 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)	Семестр
		5
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3 (108)</b>	<b>3 (108)</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>2 (72)</b>	<b>2 (72)</b>
занятия лекционного типа	1 (36)	1 (36)
занятия семинарского типа		
в том числе: семинары		
практические занятия		
практикумы		
лабораторные работы	1 (36)	1 (36)
другие виды контактной работы		
в том числе: групповые консультации		
индивидуальные консультации		
иная внеаудиторная контактная работа:		
групповые занятия		
индивидуальные занятия		
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>1 (36)</b>	<b>1 (36)</b>
изучение теоретического курса (ТО)		
расчетно-графические задания, задачи (РГЗ)		
реферат, эссе (Р)		
курсовое проектирование (КП)	Нет	Нет
курсовая работа (КР)	Нет	Нет
<b>Промежуточная аттестация (Зачёт)</b>		

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

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

№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа (акад. час)	Занятия семинарского типа		Самостоятельная работа, (акад. час)	Формируемые компетенции
			Семинары и/или Практические занятия (акад. час)	Лабораторные работы и/или Практикумы (акад. час)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Основы метрологии	2	0	0	2	
2	Погрешности измерений	6	0	12	4	
3	Измерение временных интервалов	4	0	10	2	
4	Измерение частоты сигналов	4	0	8	2	
5	Измерение напряжений	4	0	0	4	
6	Измерение фазового сдвига	4	0	0	4	
7	Электронно-лучевые осциллографы	3	0	0	4	
8	Измерение спектров и нелинейных искажений	3	0	0	2	
9	Измерение мощности	2	0	0	2	
10	Измерение параметров цепей	2	0	0	4	
11	Электромеханические преобразователи	2	0	0	2	
12	Измерительные генераторы	0	0	6	2	

13	Измерение характеристик случайных процессов	0	0	0	2	
Всего		36	0	36	36	

### 3.2 Занятия лекционного типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме

1	1	<p>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.</p>	2	0	0
---	---	--	---	---	---

2	2	<p>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.</p> <p>Статистическая обработка результатов многократных измерений. Обработка неравноточных измерений. Определение законов распределения. Критерии согласия. Критерий Пирсона и Колмогорова. Обнаружение промахов. Критерий Романовского.</p> <p>Погрешности косвенных измерений. Вычисление погрешности косвенных измерений методом статистического моделирования.</p>	6	0	0
---	---	--	---	---	---

3	3	<p>Измерение временных интервалов. Цифровое измерение временных интервалов.</p> <p>Структурная схема цифрового измерителя временных интервалов.</p> <p>Погрешности.</p> <p>Погрешность меры, преобразования, квантования (дискретности). Законы распределения, среднеквадратическая погрешность дискретного преобразования, зависимость погрешности дискретности от измеряемой величины.</p> <p>Нониусный метод измерения временных интервалов.</p>	4	0	0
4	4	<p>Определение мгновенной и средней частоты.</p> <p>Классификация методов измерения частоты.</p> <p>Методы сравнения.</p> <p>Осциллографические методы. Метод нулевых биений. Метод заряда-разряда емкости.</p> <p>Резонансный метод.</p> <p>Метод дискретного счета (цифровое измерение частоты).</p> <p>Структурная схема частотомера.</p> <p>Погрешности. Новые идеи повышения точности цифрового измерения частоты.</p> <p>Оптимальный алгоритм цифрового измерения частоты. Возможности цифрового частотомера.</p>	4	0	0

5	5	<p>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	0	0
---	---	--	---	---	---

6	6	<p>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.</p>	4	0	0
7	7	<p>Электронно-лучевые осциллографы. Назначение и классификация электронно-лучевых осциллографов. Области применения. Обобщенная структурная схема осциллографа. Виды разверток. Параметры развертывающих напряжений. Многоканальные и многолучевые осциллографы.</p>	3	0	0

8	8	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	0	0
9	9	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	0	0
10	10	Измерение параметров цепей. Метод вольтметра и амперметра. Резонансный метод измерения индуктивности, емкости. Измерители добротности. Мостовые методы измерения индуктивности, емкости, сопротивления резисторов.	2	0	0

11	11	Электромеханические измерительные преобразователи. Общие сведения об электромеханических преобразователях. Магнитоэлектрические измерительные преобразователи. Расширение пределов измерения тока и напряжения.	2	0	0
Всего			26	0	0

### 3.3 Занятия семинарского типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
Всего					

### 3.4 Лабораторные занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	2	«Исследование методов обработки результатов многократных измерений», выполняется на ЭВМ с использованием авторской программы Mtest.exe	4	0	0
2	2	«Моделирование эффективных оценок при статистической обработке результатов измерений», выполняется на ЭВМ путем самостоятельной разработки моделирующей программы	8	0	0
3	3	Исследование цифрового метода измерения интервалов времени	6	6	0
4	3	Ознакомительная лабораторная работа с цифровым частотомером – 0,11	4	4	0

5	4	Исследование цифрового метода измерения частоты	8	8	0
6	12	Исследование характеристик измерительных генераторов	6	0	0
Результаты			26	18	0

#### 4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	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, 2012
Л1.2	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, 2015

#### 5 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

#### 6 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

6.1. Основная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год

Л1.1	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, 2016
Л1.2	Нефедов В. И., Битюков В. К., Сигов А. С., Самохина Е. В.	Электрорадиоизмерения: Учебник	Москва: Издательство "ФОРУМ", 2017
6.2. Дополнительная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	Мирский Г. Я.	Электронные измерения	Москва: Радио и связь, 1986
Л2.2	Кукуш В. Д.	Электрорадиоизмерения: учеб. пособие для вузов по спец. "Радиотехника"	Москва: Радио и связь, 1985
Л2.3	Нефёдов В.И.	Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах: учебник для вузов	М.: Высшая школа, 2001
6.3. Методические разработки			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л3.1	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, 2012
Л3.2	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, 2012

ЛЗ.3	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, 2015
------	-------------------------------	--	-----------------------

### **7 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Э1	Сайт библиотечно-издательского комплекса СФУ	<a href="http://bik.sfu-kras.ru">http://bik.sfu-kras.ru</a>
Э2	Метрология и радиоизмерения	<a href="http://btn.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/1570/u_sam.pdf">http://btn.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/1570/u_sam.pdf</a>
Э3	Метрология и радиоизмерения. Презентационные материалы	<a href="http://btn.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/1570/u_presentation.pdf">http://btn.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/1570/u_presentation.pdf</a>
Э4	Метрология и радиоизмерения: учебное пособие	<a href="http://btn.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/1570/u_course.pdf">http://btn.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/1570/u_course.pdf</a>

### **8 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

В пределах, отведенных учебным планом для самостоятельной работы, студенты должны: готовится к выполнению лабораторных работ и изучению материалов к практическим занятиям. После выполнения лабораторных работ студенты должны представить преподавателю отчет о выполнении лабораторных работ и защитить выполненные лабораторные работы.

### **9 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)**

#### **9.1 Перечень необходимого программного обеспечения**

9.1.1	MS OFFICE, MatLab, MathCad, Mikrocap, Altium Disinger 6.
-------	--

#### **9.2 Перечень необходимых информационных справочных систем**

9.2.1	Научная библиотека СФУ <a href="http://bik.sfu-kras.ru/">http://bik.sfu-kras.ru/</a> .
-------	--

## **10 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.