

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ:  
Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор

подпись

«    »



2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ФТД.01.ДВ.01.02.01 СОВРЕМЕННЫЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ  
РАДИОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Направление подготовки 03.03.03 Радиофизика

Направленность (профиль) Физика и технология радиоэлектронных приборов  
и устройств

Форма обучения очная

Квалификация бакалавр

Краснодар 2022

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 03.03.03 «Радиофизика»

Программу составил:

Д.В. Иус, канд. пед. наук,  
доцент кафедры оптоэлектроники




подпись

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры оптоэлектроники ФТФ, протокол № 8 от 07 апреля 2022 г.  
Заведующий кафедрой оптоэлектроники  
д-р техн. наук, профессор Н.А. Яковенко



подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета, протокол № 13 от 16 апреля 2022 г.  
Председатель УМК ФТФ  
д-р физ.-мат. наук, профессор Н.М. Богатов



подпись

Рецензенты:

Попов А.В., директор ООО "Партнер Телеком"

Скачедуб А.В., канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры физики и информационных систем

## I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цели освоения дисциплины:

Целями освоения дисциплины «Статистическая радиофизика. Радиофизические измерения» Часть I. «Радиофизические измерения» являются:

- систематическое овладение знаниями в области физических основ радиофизических измерений, изучение основных принципов и методов измерений характеристик электромагнитного излучения в различных спектральных диапазонах, включая СВЧ и оптический диапазоны;
- изучение принципов действия и основных характеристик приемников излучения и датчиков, изучение принципов построения типовых средств измерений;
- изучение особенностей практической реализации основных методов измерений, получение сведений о последних достижениях в области радиофизических измерений.

### Задачи:

- передать студентам знания о физических основах радиофизических измерений и принципах построения типовых средств измерений;
- развить в них умение применять полученные знания для анализа принципов работы, сфер применения и для практической эксплуатации средств измерений; систематизировать научно-техническую информацию;
- помочь им овладеть основными методами радиофизических измерений и навыками их практического использования.

## II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

2.1. Учебная дисциплина «Статистическая радиофизика. Радиофизические измерения» Часть I. «Радиофизические измерения» относится к обязательной части программы подготовки бакалавра по направлению 03.03.03 Радиофизика, является дисциплиной модуля радиофизики и электроники и предназначена для студентов 3 курса (6 семестр).

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы следующие знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: «Математический анализ», «Линейная алгебра», «Общефизический модуль», «Физический практикум», «Электродинамика», «Оптоэлектроника», «Радиоэлектроника».

**Знания:** Основные разделы анализа функции одной переменной, алгоритмы решения различного рода уравнений, основные законы физики, электродинамики, принципы работы радиоэлектронных и оптических устройств.

**Умения:** вычислять производные, интегралы, находить решения различного рода уравнений; решать простейшие задачи в области электричества и магнетизма, оптики, электродинамики; применять полученные знания для анализа принципов работы радиоэлектронных и оптических устройств, для обработки экспериментальных данных.

**Навыки:** решения простейших задач в области радиофизики, владения методами анализа принципов работы радиоэлектронных и оптических устройств, обработки экспериментальных данных.

2.3. Знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной, необходимы для изучения некоторых разделов дисциплин: «Радиофизический практикум», «Квантовая радиофизика», «Измерения на СВЧ», «Волоконно-оптическая связь» а также для НИР, производственной практики и дипломного проектирования.

## III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Статистическая радиофизика. Радиофизические измерения» Часть I. «Радиофизические измерения» направлено на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки:

**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций**

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
<p><i>ОПК-1</i> Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности</p>	<p><i>ОПК-1.1</i> Знает фундаментальные законы физики и радиофизики <i>ОПК-1.2</i> Умеет применять базовые знания в области физики и радиофизики в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности <i>ОПК-1.3</i> Владеет теоретическим и экспериментальным аппаратом для решения задач профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности</p>	<p><b>Знания:</b> качественных и количественных сторон процессов, происходящих в различных радиоэлектронных и оптических устройствах; физических основ радиофизических измерений, основных подходов к решению практических задач, связанных с радиофизическими измерениями. <b>Умения:</b> применять на практике знания о физических основах и методах радиофизических измерений, о методах обработки экспериментальных данных. <b>Навыки:</b> владения методами анализа принципов работы радиоэлектронных и оптических устройств, основными методами радиофизических измерений, математическим аппаратом, используемым для оценки погрешностей измерений.</p>
<p><i>ОПК-2</i> Способен проводить экспериментальные и теоретические научные исследования объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные</p>	<p><i>ОПК-2.5</i> Знает основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации <i>ОПК-2.6</i> Умеет выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования <i>ОПК-2.7</i> Владеет способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений</p>	<p><b>Знания:</b> физических принципов работы радиоэлектронных и оптических устройств и систем и основных методов и средств измерений их параметров. <b>Умения:</b> применять на практике полученные знания для выбора оптимальных методов и средств измерений характеристик электромагнитного излучения в различных спектральных диапазонах. <b>Навыки:</b> владения основными методами радиофизических измерений и методами обработки результатов измерений.</p>
<p><i>ОПК-3</i> Способен использовать информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности</p>	<p><i>ОПК-3.1.</i> Использует информационно-коммуникационные технологии при поиске необходимой информации <i>ОПК-3.3.</i> Знает современные интерактивные программные комплексы и основные приемы обработки экспериментальных данных, в том числе с использованием стандартного программного обеспечения, пакетов</p>	<p><b>Знания:</b> качественного и количественного определения понятия информации, в том числе измерительной информации, общих закономерностей ее передачи по каналам связи, в том числе в измерительных системах, и необходимости её защиты. <b>Умения:</b> применения на практике методов анализа работы радиоэлектронных и оптических устройств в отношении их помехоустойчивости, и методов кодирования и передачи</p>

	программ общего и специального назначения	информации по каналам связи, в том числе оптическим. <b>Навыки:</b> владения представлениями о необходимости защиты информации при её кодировании, обработке и передаче по каналам связи.
--	---	--

*Указывается код и формулировка компетенций, код и формулировка индикаторов компетенций*

#### IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

в том числе \_\_\_\_\_ зачетных единиц, \_\_\_\_\_ часов на экзамен (при наличии).

Форма отчетности: дифференцированный зачет.

#### 4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа	
			Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия		
1	<b>Метрологические основы радиофизических измерений.</b>	6	9	18	-	9	Решение задач, учет посещений лекций, контрольная работа
2	<b>Методы и средства радиофизических измерений.</b>	6	9	18	-	9	Решение задач, учет посещений лекций, контрольная работа
<b>Итого часов</b>			<b>18</b>	<b>36</b>	<b>0</b>	<b>18</b>	Промежуточная аттестация в форме зачета в 6 семестре

#### 4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Затраты времени (час.)		
6	<b>Метрологические основы радиофизических измерений.</b>	Выполнение домашних заданий (решение задач)	до середины 6-го семестра	9	Вопросы и проверка решения задач	Примеры задач, решенных на лекциях

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Затраты времени (час.)		
<b>6</b>	<b>Методы и средства радиофизических измерений.</b>	Выполнение домашних заданий (решение задач)	до конца 6-го семестра	9	Вопросы и проверка решения задач	Примеры задач, решенных на лекциях
Общая трудоемкость самостоятельной работы по дисциплине (час)				<b>18</b>		
<b>Бюджет времени самостоятельной работы, предусмотренный учебным планом для данной дисциплины (час)</b>				<b>18</b>		

### 4.3. Содержание учебного материала

#### ***Модуль 1. Метрологические основы радиофизических измерений.***

1. Предмет и задачи курса. Роль метрологии и измерительной техники в научных исследованиях и производстве. Общие сведения об измерении. Основные понятия и определения. Единицы физических величин. Обеспечения единства измерений.

2. Виды измерений и их классификация. Абсолютные и относительные измерения. Прямые, косвенные, совокупные и совместные измерения. Статические и динамические измерения. Однократные и многократные измерения.

3. Методы измерений и их классификация. Метод непосредственной оценки, методы сравнения с мерой: дифференциальный метод, нулевой метод, метод замещения, метод совпадений.

4. Средства измерений и их классификация. Особенности аналоговых и цифровых средств измерений. Понятие о мерах, эталонах, образцовых и рабочих средствах измерений. Основные метрологические характеристики средств измерений. Проверка средств измерений. Классы точности средств измерений.

5. Погрешности измерений и их классификация. Систематическая погрешность. Способы оценивания и исключения систематических погрешностей. Случайные погрешности. Вероятностные характеристики случайных погрешностей. Погрешности приборов из-за различных влияющих факторов. Погрешности косвенных измерений. Суммирование погрешностей. Обработка результатов измерений.

#### ***Модуль 2. Методы и средства радиофизических измерений.***

1. Измерение тока и напряжения электромеханическими приборами. Конструкции, принцип действия и характеристики приборов магнитоэлектрической, электромагнитной, электродинамической и электростатической систем. Расширение пределов измерений. Расчет шунтов и добавочных сопротивлений.

2. Электронные вольтметры. Структурные схемы вольтметров. Виды преобразователей (детекторов). Преобразователи пикового, средневыпрямленного и среднеквадратического значений.

3. Измерение мощности электромагнитных колебаний в различных частотных диапазонах. Измерение электрической мощности электродинамическим ваттметром. Терморезисторный метод. Калориметрический метод. Термоэлектрический метод.

4. Измерение параметров цепей с сосредоточенными параметрами. Методы измерения активных сопротивлений. Резонансный метод измерения параметров цепей. Мостовой метод измерения параметров цепей.

5. Исследование формы сигналов. Принцип действия электронного осциллографа, структурная схема. Виды разверток осциллографа. Классификация осциллографов. Исследование формы и измерение параметров импульсных сигналов. Измерение амплитуды, длительности и частоты сигнала с помощью осциллографа.

6. Измерение частоты, временных интервалов и фазового сдвига. Основные понятия: частота, период, интервал времени, фаза, фазовый сдвиг, временной сдвиг. Аналоговые методы измерения частоты: осциллографический, резонансный, гетеродинный. Цифровые методы измерения частоты и интервалов времени. Аналоговые и цифровые методы измерения фазового сдвига.

7. Анализ спектров. Основные понятия: теорема Фурье, гармоники, коэффициент гармоник, спектр сигнала. Последовательный и параллельный анализаторы спектра. Цифровые методы анализа спектра.

8. Измерение параметров линейных СВЧ устройств. Основные понятия и соотношения параметров трактов с распределенными постоянными. Измерение полного сопротивления. Измерительные линии. Рефлектометры.

9. Измерение параметров лазерного излучения. Классификация лазерных параметров. Измерение средней мощности и энергии лазерного излучения тепловыми приемниками. Фотоэлектрические приемники с внешним и внутренним фотоэффектом.



#### **4.4. Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение**

1. Решение задач по темам модулей 1 – 2.
2. Подготовка к контрольным работам по темам практических занятий.

### **V. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Образовательные технологии, используемые при чтении курса «Статистическая радиофизика. Радиофизические измерения». Часть I. «Радиофизические измерения» предусматривают использование в учебном процессе следующих форм проведения занятий:

- лекции;
- практические занятия;
- решение задач перед студенческой аудиторией;
- контрольная работа;
- выполнение различных форм самостоятельной работы, в том числе домашних заданий по решению задач.

Наряду с лекционной формой подачи материала предусмотрено использование интерактивных компьютерных симуляций с тестовым контролем, а также использование наглядных пособий и мультимедийных презентаций на лекциях, проведение коротких семинаров в ходе лекции для обсуждения и закрепления лекционного материала. 25 % от объема аудиторных занятий – интерактивные занятия, во время которых используется мультимедиа-оборудование.

Данные образовательные технологии способствуют развитию индивидуальной творческой работы студента, а также умению работать в коллективе, выработке навыков применения различных форм знания в различных сферах деятельности в зависимости от поставленных целей.

Дисциплина может быть реализована частично или полностью с использованием ЭИОС Университета (ЭО и ДОТ). Аудиторные занятия и другие формы контактной работы обучающихся с преподавателем могут проводиться с использованием платформ Microsoft Teams, MOODLE и других, в том числе, в режиме онлайн-лекций и онлайн-семинаров.

### **VI. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

Фонд оценочных средств по дисциплине представляет собой комплект оценочных материалов для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся и оформляется в виде приложения к рабочей программе дисциплины.

При изучении дисциплины используется балльно-рейтинговая система оценки. Качество усвоенного учебного материала дисциплины оценивается по 100-балльной шкале.

Максимальная рейтинговая оценка успеваемости студента по результатам текущего и рубежного контроля – 100 баллов: 60 баллов – текущий контроль и 40 баллов – рубежный контроль.

Текущий контроль проводится в виде контроля посещения лекций, контроля работы на практических занятиях и контроля самостоятельной работы. Рубежный контроль проводится в виде контрольных работ после изучения каждого модуля. Промежуточная аттестация – в виде дифференцированного зачета.

### **VII. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **7.1. Основная литература**

1. Г.Г. Раннев, А.П. Тарасенко. Методы и средства измерений. Москва: Академия, 2008. - 336 с.
2. С.И. Боридько, Н.В. Дементьев, Б.Н. Тихонов, И.А. Ходжаев. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах. / под общ. ред. Б.Н. Тихонова. - Москва: Горячая линия - Телеком, 2007. - 374 с.
3. Нефедов В.И., Сигов А.С., Битюков В.К. и др. Метрология и радиоизмерения / под ред. В.И. Нефедова. - Москва: Высшая школа, 2006. - 526 с.

4. Б.В. Дворяшин. Метрология и радиоизмерения. - Москва: Академия, 2005.
5. Э.Г. Атамалян. Приборы и методы измерения электрических величин. - Москва: Дрофа, 2005. - 415 с.
6. Т.С. Ратхор. Цифровые измерения. АЦП / ЦАП. - Москва: Техносфера, 2006. - 392 с.
7. У. Болтон. Карманный справочник инженера-метролога. - М.: Додэка-XXI, 2002. - 384 с.
8. Котюк А.Ф. Датчики в современных измерениях. - М.: Радио и связь, 2006. (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1277).
9. Джексон Р.Г. Новейшие датчики. - Москва: Техносфера, 2007.

## **7.2. Дополнительная литература**

1. Кукуш В.Д. Электрорадиоизмерения. - М.: Радио и связь, 1985. - 368 с.
2. Кушнир Ф.В. Радиотехнические измерения. - М.: Связь, 1980.
3. Электрорадиоизмерения: Учеб. пособие для вузов / Винокуров В.И. и др.; Под ред. В.И. Винокурова. - М.: Высшая школа, 1976.
4. Кушнир Ф.В., Савенко В.Г. Электрорадиоизмерения. - Л.: Энергия, 1975.
5. Мирский Г.Я. Радиоэлектронные измерения. - М.: Энергия, 1975.
6. Валитов Р. А., Сретенский В. Н. Радиотехнические измерения. - М.: Сов. радио, 1970.
7. В.Л. Земляков. Электротехника и электроника. - Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального ун-та, 2008. - 304 с.
8. Хирд Г. Измерение лазерных параметров: Пер. с англ. - М.: Мир, 1970.
9. Зубов В.А. Методы измерения характеристик лазерного излучения. - М.: Наука, 1973.
10. Серия Измерения в электронике. Измерение энергетических параметров и характеристик лазерного излучения. Под ред. Котюка А.Ф. - М.: Радио и Связь, 1981.
11. Серия Измерения в электронике. Измерение спектрально-частотных параметров и характеристик лазерного излучения. Под ред. Котюка А.Ф. и Степанова Б.М. - М.: Радио и Связь, 1982.
12. Техника субмиллиметровых волн / Под ред. Р.А. Валитова и др. - М.: Сов. радио, 1969.
13. Левшина Е.С. Электрические измерения физических величин. Измерительные преобразователи. - Ленинград: Энергоатомиздат, 1983. - 320 с.
14. Пустовая О.А. Электрические измерения. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2010. - 247 с.

## **7.3. Список авторских методических разработок**

## **7.4. Периодические издания**

## **7.5. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины**

1. eLIBRARY – Научная электронная библиотека (Москва): URL: <http://elibrary.ru/>
2. Единое окно доступа к образовательным ресурсам: URL: <http://window.edu.ru/window/>
3. Федеральный портал «Российское образование»: URL: <http://www.edu.ru/>
4. Зональная научная библиотека ЮФУ: URL: <http://library.sfedu.ru/>
5. Электронно-библиотечная система (ЭБС) ЮРАЙТ [www.biblio-online.xn--ru-efa](http://www.biblio-online.xn--ru-efa).

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

## **8.1. Учебно-лабораторное оборудование**

Учебно-методическая аудитория, компьютерный класс.

## **8.2. Программное обеспечение**

Microsoft Windows, Microsoft Office, Windows CAL's - Договор 232.02.02.03-16/60 от 10.08.2018 г., с 10.08.2018 г. по 10.08.2019 г.; Договор №232.02.02.03-16/46 от 30.08.2019 г., с 31.07.2019 г. по 30.07.2020 г.; Государственный контракт № SC-P/5679-01/07 от 04.12.2007 г., с 21.12.2007 г. (срок использования ПО неограничен).

## **8.3. Технические и электронные средства**

Мультимедийный проектор, персональные компьютеры.

## IX. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Для понимания лекционного материала и качественного его усвоения студентам необходимо вести конспекты лекций. В течение лекции студент делает пометки по тем вопросам лекции, которые требуют уточнений и дополнений. Вопросы, которые преподаватель не отразил в лекции, студент должен изучать самостоятельно.

На практических занятиях рекомендуется принимать активное участие в обсуждении проблем, возникающих при решении задач.

При подготовке к практическим занятиям рекомендуется следующая схема:

1. Проработать конспект лекций.
2. Прочитать основную и дополнительную литературу, рекомендованную по изучаемому разделу.
3. Выполнить домашнее задание.
4. При затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю.

Если учебные занятия проводятся с использованием ЭО и ДОТ, то при их организации и проведении необходимо руководствоваться соответствующими Методическими рекомендациями, утвержденными Приказом ректора ЮФУ № 394 от 17 марта 2020 г. и инструкцией, размещенной по адресу:

[https://sfedu-my.sharepoint.com/:w:/g/personal/pvmakhno\\_sfedu\\_ru/EQjmJR-m9VNOrcfHDiwB\\_xwBWIDobp8\\_WCpx-G6jnQ-dA?e=kWQ6iP%F1](https://sfedu-my.sharepoint.com/:w:/g/personal/pvmakhno_sfedu_ru/EQjmJR-m9VNOrcfHDiwB_xwBWIDobp8_WCpx-G6jnQ-dA?e=kWQ6iP%F1).

При использовании платформы MOODLE (сервис ДОТ ЮФУ) необходимо руководствоваться соответствующей инструкцией, размещенной по адресу: <http://urtest.sfedu.ru/>.

**УЧЕБНАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«Статистическая радиофизика. Радиофизические измерения».**  
**Часть I. «Радиофизические измерения»**

Трудоемкость: 2 зач.ед.

Форма промежуточной аттестации: дифференцированный зачет

Курс 3, семестр 6.

Код и наименование направления подготовки: 03.03.03 – Радиофизика.

Наименование образовательной программы: Радиофизика

№	Виды контрольных мероприятий	Текущий контроль	Рубежный контроль
	<b>Модуль 1.</b> <i>Метрологические основы радиофизических измерений</i>	<b>24</b>	<b>26</b>
1.	Посещение лекций и работа на практических занятиях	16	
2.	Контроль самостоятельной работы	8	
3.	Контрольная работа		26
	<b>Модуль 2.</b> <i>Методы и средства радиофизических измерений</i>	<b>24</b>	<b>26</b>
1.	Посещение лекций и работа на практических занятиях	16	
2.	Контроль самостоятельной работы	8	
3.	Контрольная работа		26
	<b>Всего</b>	<b>48</b>	<b>52</b>
	Бонусные баллы	<b>до 10</b>	
	<b>Промежуточная аттестация</b> <i>в форме дифференцированного зачета</i>		

Преподаватель \_\_\_\_\_ Чеботарев Геннадий Дмитриевич

Приложение  
к рабочей программе  
(модулю)

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования «Южный федеральный университет»  
(ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**«Статистическая радиофизика. Радиофизические измерения»  
Часть I. «Радиофизические измерения»**

Направление подготовки  
030303 радиофизика

Подписано электронной подписью:  
М.Б. Мануилов, декан физического факультета  
Сертификат  
№ 02f0d9a9003bad648d4fcbc1d95a1cee16

действителен с 2 июня 2021 г. 13:13:25 по 2 июня  
2022 г. 12:56:37

Ростов-на-Дону, 2021

# ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЕТЕНЦИЙ, ФОРМИРУЕМЫХ ДИСЦИПЛИНОЙ

«Статистическая радиофизика. Радиофизические измерения»

Часть I. «Радиофизические измерения»

Код компетенции	Формулировка компетенции
1	2
<b>ОБЩЕПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ</b>	
ОПК-1	Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности
ОПК-2	Способен проводить экспериментальные и теоретические научные исследования объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные
ОПК-3	Способен использовать информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности

## ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Статистическая радиофизика. Радиофизические измерения»

Часть I. «Радиофизические измерения»

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины*	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства**
1.	Модуль 1. Метрологические основы радиофизических измерений.	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3	Тесты письменные и/или компьютерные; вопросы для собеседования.
2.	Модуль 2. Методы и средства радиофизических измерений	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3	Тесты письменные и/или компьютерные; вопросы для собеседования.

\* Наименование раздела указывается в соответствии с рабочей программой дисциплины.

\*\* Наименование оценочного средства указывается в соответствии с учебной картой дисциплины.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физический факультет  
Кафедра квантовой радиофизики

Тесты письменные и/или компьютерные по дисциплине  
«Статистическая радиофизика. Радиофизические измерения»  
Часть I. «Радиофизические измерения»

**1. Банк тестов по модулям (примеры тестовых заданий).**

**Модуль 1. Метрологические основы радиофизических измерений.**

**Свойство физического объекта, процесса или явления, общее в качественном отношении для многих объектов и индивидуальное в количественном отношении – это:**

- а) физическая величина;
- б) значение физической величины;
- в) единица измерения;
- г) истинное значение.

**Средство измерения, обеспечивающее хранение и воспроизведение единицы измерения с наивысшей точностью, называется:**

- а) измерительный прибор;
- б) образцовый прибор;
- в) эталон;
- г) измерительный комплекс.

**Прямые измерения – это:**

- а) Измерения, при которых искомое значение величины у находят непосредственно из опытных данных;
- б) Измерения, при которых искомое значение величины находят на основании известной математической зависимости между этой величиной и величинами, полученными при прямых измерениях;
- в) Производимые одновременно измерения двух или нескольких не одноименных величин для нахождения зависимости между ними;
- г) Измерения отношения физической величины к одноименной, играющей роль единицы, или измерения величины по отношению к одноименной величине, принимаемой за исходную;
- д) Измерения, основанные на прямых измерениях одной или нескольких основных величин или использовании значений физических констант.

**Как называется метод измерения, если значение измеряемой величины определяется непосредственно по отсчетному устройству прибора прямого действия?**

- а) метод сравнения с мерой;
- б) метод замещения;
- в) метод непосредственной оценки;
- г) дифференциальный метод.

**Указать вариант, в котором верно указана классификация электроизмерительных**

**приборов по виду выдаваемой информации:**

- а) аналоговые, цифровые;
- б) измерительные генераторы, специальные;
- в) электронные;
- г) измерители параметров радиоэлементов;
- д) электромеханические.

**Как называется погрешность, возникающая в измерительном приборе при отклонении одного из влияющих значений от нормальных условий эксплуатации?**

- а) - Случайной;
- б) - Абсолютной;
- в) - Систематической;
- г) - Дополнительной;
- д) - Субъективной.

**Указать вариант, где верно указан ряд чисел, из которого выбирается класс точности прибора:**

- а)  $1 \cdot 10^n$ ;  $1,5 \cdot 10^n$ ;  $2 \cdot 10^n$ ;  $2,5 \cdot 10^n$ ;  $3 \cdot 10^n$ ;  $4 \cdot 10^n$ ;  $5 \cdot 10^n$ ;  $6 \cdot 10^n$ ;
- б)  $1 \cdot 10^n$ ;  $1,5 \cdot 10^n$ ;  $2 \cdot 10^n$ ;  $2,5 \cdot 10^n$ ;  $4 \cdot 10^n$ ;  $5 \cdot 10^n$ ;  $6 \cdot 10^n$ ;
- в)  $1 \cdot 10^n$ ;  $1,25 \cdot 10^n$ ;  $1,5 \cdot 10^n$ ;  $2 \cdot 10^n$ ;  $3 \cdot 10^n$ ;  $6 \cdot 10^n$ ;
- г)  $1 \cdot 10^n$ ;  $1,6 \cdot 10^n$ ;  $2 \cdot 10^n$ ;  $3,5 \cdot 10^n$ ;  $4 \cdot 10^n$ ;
- д)  $0,3 \cdot 10^n$ ;  $1,8 \cdot 10^n$ ;  $2,5 \cdot 10^n$ ;  $7 \cdot 10^n$ .

**Как называется метод измерения, если значение измеряемой величины определяется путем сопоставления измеряемой величины с воспроизводимой мерой?**

- а) метод сравнения с мерой;
- б) метод замещения;
- в) метод непосредственной оценки;
- г) дифференциальный метод.

**Что вычисляется по формуле  $\delta Q = \Delta Q / Q_{ист}$  ?**

- а) Относительная погрешность;
- б) Систематическая погрешность;
- в) Инструментальная погрешность;
- г) Случайная погрешность;
- д) Методическая погрешность.

**Значение физической величины, которое идеальным образом отражает в количественном и качественном отношении свойство объекта – это:**

- единица измерения;
- значение физической величины;
- действительное значение физической величины;
- истинное значение физической величины.

**Какими факторами определяется аддитивная погрешность средств измерений:**

- а) внешними факторами;
- б) трением в опорах, неточностью отсчёта, шумами, наводками, вибрацией;
- в) неверной методикой измерений;
- г) старением элементов прибора;
- д) изменением температуры среды.

**Как называется метод измерения, если значение измеряемой величины**



**определяется путем доведения разности измеряемого значения и известного к нулю?**

- а) метод сравнения с мерой;
- б) метод замещения;
- в) метод непосредственной оценки;
- г) дифференциальный метод.

**Косвенные измерения – это:**

- а) Измерения, при которых искомое значение величины у находят непосредственно из опытных данных;
- б) Измерения, при которых искомое значение величины находят на основании известной математической зависимости между этой величиной и величинами, полученными при прямых измерениях;
- в) Производимые одновременно измерения двух или нескольких не одноименных величин для нахождения зависимости между ними;
- г) Измерения отношения физической величины к одноименной, играющей роль единицы, или измерения величины по отношению к одноименной величине, принимаемой за исходную;
- д) Измерения, основанные на прямых измерениях одной или нескольких основных величин или использовании значений физических констант.

**Методические погрешности – это:**

- а) Погрешности, возникающие из-за недостаточной разработанности или несовершенства метода измерения, измерительной схемы или ее элементов;
- б) Погрешности, обусловленные конструктивными, технологическими, схемными недостатками приборов;
- в) Погрешности, обусловленные несовершенством органов чувств оператора, невниманием при измерениях и индивидуальными особенностями;
- г) Составляющие общей погрешности измерений, изменяющиеся случайным образом при повторных измерениях одного и того же значения;
- д) Большие погрешности, значительно искажающие результаты измерения.

**Как называется метод измерения, если в процессе измерения фиксируется разность измеряемой и известной величины?**

- а) метод сравнения с мерой;
- б) метод замещения;
- в) метод непосредственной оценки;
- г) дифференциальный метод.

**Где верно указана классификация электроизмерительных приборов по способу выдачи информации:**

- а) аналоговые;
- б) электромеханические;
- в) показывающие, регистрирующие;
- г) электронные;
- д) цифровые.

**Поправки вносятся для уменьшения составляющей погрешности:**

- а) систематической;
- б) случайной;
- в) грубой;
- г) основной.

**Относительные измерения – это:**

- а) Измерения, при которых искомое значение величины у находят непосредственно из опытных данных;
- б) Измерения, при которых искомое значение величины находят на основании известной математической зависимости между этой величиной и величинами, полученными при прямых измерениях;
- в) Производимые одновременно измерения двух или нескольких неоднородных величин для нахождения зависимости между ними;
- г) Измерения отношения физической величины к одноименной, играющей роль единицы, или измерения величины по отношению к одноименной величине, принимаемой за исходную;
- д) Измерения, основанные на прямых измерениях одной или нескольких основных величин или использовании значений физических констант.

**Что называется нормальными условиями?**

- а) Температура окружающей среды 20°C, относительная влажность 65%, атмосферное давление 760мм рт. ст. напряжение питающей сети 220В с частотой 50Гц ;
- б) Температура окружающей среды 25°C, относительная влажность 65%, атмосферное давление 780мм рт. ст. напряжение питающей сети 220В с частотой 50Гц;
- в) Температура окружающей среды 20°C, относительная влажность 95%, атмосферное давление 740мм рт. ст. напряжение питающей сети 220В с частотой 50Гц;
- г) Температура окружающей среды 25°C, относительная влажность 65%, атмосферное давление 760мм рт. ст. напряжение питающей сети 200В с частотой 50Гц;
- д) Температура окружающей среды 25°C, относительная влажность 60%, атмосферное давление 750мм рт. ст. напряжение питающей сети 200В с частотой 50Гц.

**Случайные погрешности – это:**

- а) Погрешности, возникающие из-за недостаточной разработанности или несовершенства метода измерения, измерительной схемы или ее элементов;
- б) Погрешности, обусловленные конструктивными, технологическими, схемными недостатками приборов;
- в) Погрешности обусловленные несовершенством органов чувств оператора, невниманием при измерениях и индивидуальными особенностями;
- г) Составляющие общей погрешности измерений, изменяющиеся случайным образом при повторных измерениях одного и того же значения;
- д). Большие погрешности, значительно искажающие результаты измерений.

**Что вычисляется по формуле  $\gamma = \frac{X - A}{X_N} 100\%$  ?**

- а) Приведенная погрешность измерительного прибора;
- б) Абсолютная погрешность измерительного прибора;
- в) Основная погрешность;
- г) Относительная погрешность;
- д) Дополнительная погрешность

**Абсолютные измерения – это:**

- а) Измерения, при которых искомое значение величины у находят непосредственно из опытных данных;
- б) Измерения, при которых искомое значение величины находят на основании известной математической зависимости между этой величиной и величинами, полученными при прямых измерениях;
- в) Производимые одновременно измерения двух или нескольких неоднородных

величин для нахождения зависимости между ними;

г) Измерения отношения физической величины к одноименной, играющей роль единицы, или измерения величины по отношению к одноименной величине, принимаемой за исходную;

д) Измерения, основанные на прямых измерениях одной или нескольких основных величин или использовании значений физических констант.

**Какие из указанных погрешностей измерений возможно устранить:**

- а) случайная;
- б) систематическая;
- в) приведенная;
- г) относительная;
- д) абсолютная.

**Где верно указан возможный класс точности прибора:**

- а) 1,3; б) 0,7; в) 1,5; г) 0,35; д) 0,12.

**Какими факторами определяется мультипликативная погрешность средств измерений:**

- а) внешними факторами, старением элементов прибора;
- б) трением в опорах;
- в) неверной методикой измерений;
- г) неточностью отсчёта;
- д) шумами, наводками, вибрацией.

**Как называется метод измерения, если в процессе измерения измеряемая величина заменяется известной при сохранении всех условий неизменными?**

- а) метод сравнения с мерой;
- б) метод замещения;
- в) метод непосредственной оценки;
- г) дифференциальный метод.

**Какая погрешность указана при записи результата измерения напряжения  $U=(95,3\pm 0,7) В$ ?**

- а) абсолютная;
- б) относительная;
- в) приведенная;
- г) номинальная.

## **Модуль 2. Методы и средства радиофизических измерений.**

**Указать преимущества магнитоэлектрической измерительной системы:**

- а) широкий частотный диапазон;
- б) равномерная шкала, высокая точность, большая чувствительность;
- в) простота конструкции, способность к перегрузкам;
- г) низкая стоимость;
- д) малое влияние внешних магнитных полей.

**Назначение пикового вольтметра:**

- а) измерение максимального напряжения;
- б) измерение средневыпрямленного напряжения;

- в) измерение среднеквадратичного напряжения;
- г) измерение среднего напряжения.

**Чему пропорционален угол поворота стрелки в приборах электромагнитной системы:**

- а) действующему значению силы тока;
- б) квадрату максимального значения силы тока;
- в) квадрату действующего значения силы тока;
- г) среднему значению силы тока;
- д) действующему значению напряжения.

**Укажите метод измерения активного сопротивления:**

- а) омметр;
- б) мост переменного тока;
- в) дифференциальный мост;
- д) все указанные методы.

**Указать, сколько переменных резисторов содержится в схеме моста переменного тока:**

- а) 2; б) 10; в) 3; г) 0; д) 5.

**Указать преимущества электромагнитной измерительной системы:**

- а) простота конструкции, способность к перегрузкам, низкая стоимость, возможность измерения как постоянных, так и переменных токов и напряжений;
- б) широкий частотный диапазон;
- в) высокая точность;
- г) большая чувствительность;
- д) равномерная шкала.

**Укажите способ подключения вольтметра в цепь:**

- а) параллельно;
- б) последовательно;
- в) в разрез цепи;
- г) в кольцо.

**Для измерения, каких параметров радиоэлементов предназначен измерительный мост постоянного тока:**

- а) электрической емкости;
- б) активного сопротивления;
- в) индуктивности;
- г) добротности катушки индуктивности;
- д) мощности переменного тока.

**Указать недостатки приборов магнитоэлектрической измерительной системы:**

- а) измерение только постоянных токов и напряжений, сильное влияние внешних магнитных полей;
- б) неравномерная шкала;
- в) малая чувствительность;
- г) низкий класс точности;
- д) линейность характеристик.

**Сколько переменных резисторов содержится в схеме моста постоянного тока:**

а) 2; б) 3; в) 1; г) 4; д) 0.

**Указать недостатки приборов электромагнитной измерительной системы:**

- а) измерение только постоянных токов и напряжений;
- б) низкая точность и чувствительность;
- в) сложность конструкции;
- г) измерение только напряжений;
- д) сильное влияние внешних магнитных полей.

**Назначение линейного вольтметра:**

- а) измерение максимального напряжения;
- б) измерение средневыпрямленного напряжения;
- в) измерение среднеквадратичного напряжения;
- г) измерение среднего напряжения.

**Для измерения каких параметров радиоэлементов предназначен измерительный мост переменного тока:**

- а) активного сопротивления;
- б) активного сопротивления и электрической емкости;
- в) электрической ёмкости, добротности, индуктивности;
- г) электрической мощности;
- д) амплитуда напряжения.

**Укажите способ подключения амперметра в цепь:**

- а) параллельно;
- б) последовательно;
- в) в разрез цепи;
- г) в кольцо.

## **2. Назначение теста.**

Тест позволяет оценить уровень подготовки студентов (текущий и рубежный виды контроля) по отдельным модулям учебной дисциплине «Радиофизические измерения».

## **3. Инструкция по выполнению заданий теста**

Задания являются закрытыми тестовыми заданиями, требующими выбора правильного ответа из нескольких предложенных. Текст инструкции может быть таким: «Прочитайте внимательно задания теста. Задания выполняйте последовательно. В каждом задании может быть только один правильный ответ. Отметьте правильный ответ».

Общее время выполнения теста – 45 минут.

## **4. Критерии оценки:**

При оценивании результатов тестирования удовлетворительным можно признать результат в 60% правильных ответов от полной суммы заданий в тесте, хорошим – 70%, отличным – 85%.

Составитель \_\_\_\_\_ Г.Д. Чеботарев

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физический факультет  
Кафедра квантовой радиофизики

Вопросы для собеседования по дисциплине  
«Статистическая радиофизика. Радиофизические измерения»  
Часть I. «Радиофизические измерения»

**Типовые контрольные вопросы для проведения текущего контроля в форме  
собеседования (устного опроса) обучающихся:**

1. Государственная система обеспечения единства измерений.
2. Роль метрологии и измерительной техники в научных разработках и в промышленном производстве.
3. Основные метрологические термины и определения
4. Международная система единиц.
5. Основные единицы физических величин.
6. Производные единицы, используемые в радиоэлектронике.
7. Кратные и дольные множители.
8. Внесистемные единицы.
9. Децибел.
10. Виды измерений.
11. Классификация методов измерений.
12. Метод сравнения с мерой
13. Дифференциальный метод измерений
14. Нулевой метод измерений
15. Метод замещения
16. Методика выполнения измерений
17. Классификация средств измерений.
18. Понятие о преобразователях.
19. Классы точности. Условные обозначения на шкалах.
20. Особенности аналоговых и цифровых средств измерений.
21. Понятие о мерах, эталонах, образцовых и рабочих средствах измерений. Поверка средств измерений. Поверочные схемы.
22. Эталоны единиц электрических величин.
23. Метрологические характеристики средств измерений и принципы их нормирования.
24. Классификация погрешностей: случайные и систематические, методические и инструментальные, статические и динамические. Математическое описание случайной погрешности.
25. Методы уменьшения систематических погрешностей.
26. Аддитивная и мультипликативная погрешность.
27. Характеристики инструментальной погрешности
28. Грубая погрешность и методы ее устранения
29. Пределы допускаемой основной погрешности.
30. Порядок обработки прямых многократных измерений
31. Порядок обработки прямых однократных измерений
32. Обработка косвенных измерений
33. Значения постоянного и переменного тока и напряжения.

34. Методы измерений постоянного и переменного напряжений и токов.
35. Основные формы сигналов. Классификация приборов для измерения тока и напряжения.
36. Электромеханические амперметры и вольтметры постоянного и переменного тока.
37. Виды измерительных механизмов.
38. Уравнение шкалы измерительного прибора.
39. Цифровые измерительные приборы, виды, классификация, основные технические характеристики.
40. Аналоговые электронные вольтметры. Структурные схемы электронных вольтметров.
41. Виды преобразователей (детекторов). Преобразователи пикового, средневыпрямленного и среднеквадратического значений.
42. Цифровые вольтметры. Характеристики цифровых вольтметров.
43. Принцип действия универсального осциллографа, структурная схема. Классификация осциллографов.
44. Цифровые осциллографы.
45. Измерение значений напряжения аналоговых сигналов осциллографом.
46. Измерение временных параметров сигналов. Частотные свойства осциллографов.
47. Основные понятия временных параметров сигнала: частота, период, интервал времени.
48. Аналоговые методы измерения частоты: осциллографические, резонансный, гетеродинный.
49. Основные понятия: фаза, фазовый сдвиг, временной сдвиг.
50. Методы измерения разности фаз.
51. Основные понятия: мощность постоянного и переменного тока, активная, реактивная, полная мощность, коэффициент мощности.
52. Методы измерений мощности. Погрешности из-за неполного согласования источника и нагрузки с линией передачи.
53. Тепловые методы: калориметрический, термоэлектрический, термисторный. Мостовые ваттметры, методы термокомпенсации.
54. Основные понятия: гармоники, коэффициент гармоник, коэффициент нелинейных искажений, спектр сигнала.
55. Последовательный и параллельный анализаторы спектра. Цифровые методы анализа спектра.
56. Методы измерения активных сопротивлений. Электронный омметр.
57. Мостовые методы измерения параметров цепей.
58. Основные методы измерения ёмкости
59. Основные методы измерения индуктивности
60. Измерение параметров линейных СВЧ устройств.
61. Измерение полного сопротивления. Измерительные линии. Рефлектометры.
62. Измерение параметров лазерного излучения. Классификация лазерных параметров.
63. Измерение средней мощности и энергии лазерного излучения тепловыми приемниками.
64. Фотоэлектрические приемники с внешним и внутренним фотоэффектом.

Составитель \_\_\_\_\_ Г.Д. Чеботарев

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования «Южный федеральный университет»  
(ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)

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

«Статистическая радиофизика. Радиофизические измерения»  
Часть II. «Статистическая радиофизика»

Код и наименование направления подготовки:  
03.03.03 Радиофизика

Направленность (профиль):  
Общий профиль

Форма обучения:  
Очная

Подписано электронной подписью:  
М.Б. Мануилов, декан физического факультета  
Сертификат  
№ 02f0d9a9003bad648d4fcbc1d95a1cee16

действителен с 2 июня 2021 г. 13:13:25 по 2 июня  
2022 г. 12:56:37

Ростов-на-Дону, 2021



**Составитель программы:**

В.В. Жуков, к.ф.-м.н., доцент

Программа одобрена на заседании кафедры квантовой радиофизики  
2 марта 2021 г., протокол № 7

## I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цели** освоения дисциплины: дисциплина «Статистическая радиофизика. Радиофизические измерения» Часть II. «Статистическая радиофизика» в соответствии с ОП ВО по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика является дисциплиной профессионального цикла ООП подготовки бакалавра. Так как объектами профессиональной деятельности бакалавров являются все виды наблюдающихся в природе физических явлений и объектов, обладающих волновой или колебательной природой, а также алгоритмы, приборы и устройства, использующиеся при передаче, приеме и обработке информации, владение приемами и навыками решения конкретных задач из разных областей статистической радиофизики позволяет успешно решать поставленные задачи. Дисциплина «Статистическая радиофизика. Радиофизические измерения» Часть II. «Статистическая радиофизика» — это теория описания флуктуационных явлений в радиофизике, она посвящена изучению методов описания и анализа случайных процессов в линейных и нелинейных системах и средах, а также изучению основных положений теории информации. Основными целями освоения дисциплины «Статистическая радиофизика» являются: систематическое овладение знаниями в области анализа случайных процессов в линейных и нелинейных системах с целью овладения методами обработки сигналов и их выделения на фоне шумов и получение сведений об основных положениях теории информации и помехоустойчивого кодирования для овладения современными методами передачи и приема информации.

**Задачи:** формирование нового мировоззрения в понимании процессов, происходящих в различных реальных радиофизических системах, используемых для передачи, приема и анализа информации, и привитие навыков самостоятельной работы по моделированию и анализу случайных процессов (в том числе, решения задач спектрально-корреляционного анализа случайных процессов, оптимального обнаружения сигналов и методов синтеза оптимальных алгоритмов преобразования информации).

## II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

2.1. Учебная дисциплина «Статистическая радиофизика. Радиофизические измерения» Часть II. «Статистическая радиофизика» относится к обязательной части программы подготовки бакалавра по направлению 03.03.03 Радиофизика и предназначена для студентов 4 курса (8 семестр).

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины (модуля) необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: «Математический анализ», «Линейная алгебра», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Численные методы и методы математической физики», «Общая физика», «Теоретическая физика», «Радиоэлектроника», «Квантовая радиофизика», «Теория колебаний» и «Информатика».

2.3. Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной: знания, умения и навыки, формируемые учебной дисциплиной «Статистическая радиофизика», необходимы для изучения некоторых разделов дисциплины: «Каналы передачи данных. Цифровые методы обработки случайных сигналов», а также дипломного проектирования, производственной практики и дальнейшей профессиональной работы.

## III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины направлено на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО (ОС ЮФУ) и ОП ВО по данному направлению подготовки (специальности):

**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций**

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
<p><i>ОПК-1</i> Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности.</p>	<p><i>ОПК-1.1</i> Знает фундаментальные законы физики и радиофизики. <i>ОПК-1.2</i> Умеет применять базовые знания в области физики и радиофизики в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности. <i>ОПК-1.3</i> Владеет теоретическим и экспериментальным аппаратом для решения задач профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности.</p>	<p><b>Знать:</b> потенциальные возможности передачи и приема сигналов и их оптимальной фильтрации, общие закономерности передачи информации по каналам связи. <b>Уметь:</b> применять на практике методы анализа работы радиоэлектронных устройств в отношении их помехоустойчивости, основные приемы обнаружения и выделения сигналов на фоне шумов и методов кодирования и передачи информации по каналам связи. <b>Владеть:</b> методами решения задач, связанных с анализом случайных процессов и способами оптимального кодирования информации.</p>
<p><i>ОПК-2</i> Способен проводить экспериментальные и теоретические научные исследования объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.</p>	<p><i>ОПК-2.1</i> Разрабатывает решение конкретной задачи, выбирая оптимальный вариант, оценивая его достоинства и недостатки. <i>ОПК-2.3</i> Формулирует в рамках поставленной цели совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение. <i>ОПК-2.7</i> Владеет способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений.</p>	<p><b>Знать:</b> качественные и количественные процессы, происходящие в различных радиотехнических устройствах; основные подходы к решению практических задач, связанных с анализом случайных процессов; методы анализа задач оптимального обнаружения и выделения сигналов на фоне шумов, оптимальной фильтрации сигналов, оптимального кодирования информации. <b>Уметь:</b> применять на практике знания о методах расчета задач статистической радиофизики и теории информации, оценивать степень достоверности результатов, полученных с помощью экспериментальных и теоретических методов исследований, использовать основные приемы анализа случайных процессов, оптимальной фильтрации сигналов, обнаружения и выделения сигналов на фоне шумов, методов оптимального кодирования информации. <b>Владеть:</b> методами решения задач, связанных с анализом случайных процессов, обнаружением и</p>

		выделением сигналов на фоне шумов; методами решения задач оптимальной фильтрации сообщений, содержащихся в принимаемых сигналах; методами оптимального кодирования информации, методами моделирования и анализа случайных процессов.
<i>ПК-2. Способность эксплуатировать и развивать радиоэлектронные средства и комплексы различного функционального назначения.</i>	<i>ПК-2.3</i> Организационно-методическое обеспечение технической эксплуатации радиоэлектронных комплексов.	<b>Знать:</b> процессы и принципы работы радиоэлектронной аппаратуры, методы оптимального обнаружения и выделения сигналов на фоне помех, природу возникновения шумов и методов их подавления в радиоэлектронной аппаратуре, принципы анализа и оценки применимости методов теории случайных процессов в реальных условиях эксплуатации радиоэлектронной аппаратуры и передачи информации по каналам связи. <b>Уметь:</b> применять на практике методы подавления шумов, обнаружения и выделения сигналов на их фоне и решения практических задач согласованной фильтрации и оптимального кодирования при эксплуатации современной радиоэлектронной аппаратуры и оборудования. <b>Владеть:</b> теорией случайных процессов и теорией информации в анализе механизмов функционирования и эксплуатации современной радиоэлектронной аппаратуры и оборудования.

*Указывается код и формулировка компетенций, код и формулировка индикаторов компетенций.*

#### IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа, в том числе 1 зачетная единица, 36 часов на экзамен (при наличии)

Форма отчетности: Экзамен

##### 4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа		
			Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия			
	<b>Модуль 1. Элементы теории случайных процессов</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>5</b>	<b>Коллоквиум и контрольная работа</b>	
1.	Предмет и задачи статистической радиофизики. Взаимосвязь с другими разделами физики. Элементы теории вероятностей и случайных процессов.		0,5	1,0	-	1,0	Вопросы и решение задач на семинарских занятиях	
2.	Случайные события и случайные величины. Распределения вероятностей. Моменты распределения и дисперсия. Характеристическая функция.		0,5	1,0		1,0	Вопросы и решение задач на семинарских занятиях	
3.	Случайные процессы. Классификация и реализация случайных процессов. Моментные функции. Стационарные и эргодические случайные процессы.		0,5	1,0		1,0	Вопросы и решение задач на семинарских занятиях	
4.	Свойства корреляционных функций стационарных		0,5	1,0		2,0	Вопросы и	

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа преподавателя с обучающимися					
	случайных процессов. Совокупность случайных процессов. Нормальные процессы. Понятие о центральной предельной теореме.						решение задач на семинарских занятиях	
	<b>Модуль 2. Спектрально-корреляционный анализ случайных процессов</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>8</b>	<b>Коллоквиум и контрольная работа</b>	
5.	Спектрально-корреляционный анализ случайных процессов. Энергетический спектр стационарного случайного процесса и его связь с корреляционной функцией. Теорема Хинчина-Винера.		1,0	3,0		4,0	Вопросы и решение задач на семинарских занятиях	
6.	Спектры широко- и узкополосных процессов. Энергетический спектр суммы случайных процессов.		1,0	3,0		4,0		
	<b>Модуль 3. Случайные процессы в линейных системах</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>8</b>	<b>Коллоквиум и контрольная работа</b>	
7.	Случайные процессы в линейных системах. Принцип суперпозиции. Спектральное и временное описание линейных систем. Функция Грина. Связь коэффициента передачи с функцией Грина.		1,0	3,0		4,0	Вопросы и решение задач на семинарских занятиях	
8.	Преобразование корреляционных функций и спектров. Воздействие белого шума на линейную систему. Дифференцирующая и интегрирующая цепочки. Преобразование вероятностных распределений.		1,0	3,0		4,0	Вопросы и решение задач на семинарских занятиях	
	<b>Модуль 4. Электрические шумы и флуктуации</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>7</b>	<b>Коллоквиум и контрольная</b>	

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа преподавателя с обучающимися				
							<b>работа</b>
9.	Электрические шумы и флуктуации. Тепловой шум сопротивления. Формула Найквиста. Э.Д.С. теплового шума проводников с учетом их реактивностей. Дробовые шумы в электронных приборах. Формула Шоттки. Шумы мерцания в электронных лампах. Шумы в ФЭУ.		0,5	2,0		2,0	Вопросы и решение задач на семинарских занятиях
10.	Параметры, характеризующие шумовые свойства цепей и элементов. Относительная шумовая температура двухполюсника. Относительное шумовое сопротивление лампы. Эквивалентный шумовой ток насыщенного диода.		0,5	2,0		2,0	Вопросы и решение задач на семинарских занятиях
11.	Коэффициент шума усилительного каскада. Отношение сигнал-шум. Шумовое число. Коэффициент шума многокаскадного усилителя. Методы определения коэффициента шума усилителя. Метод отсчета. Метод нулевого отсчета.		1,0	2,0		3,0	Вопросы и решение задач на семинарских занятиях
	<b>Модуль 5. Нелинейные преобразования случайных процессов</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>8</b>	<b>Коллоквиум и контрольная работа</b>
12.	Нелинейные преобразования случайных процессов. Энергетические характеристики процесса на выходе нелинейного элемента. Прямой метод. Метод контурных интегралов. Функция распределения случайного процесса на выходе нелинейного элемента.		1,0	2,0		4,0	Вопросы и решение задач на семинарских занятиях
13.	Нелинейное преобразование нормального случайного процесса. Преобразование стационарного узкополосного случайного процесса		1,0	4,0		4,0	Вопросы и решение задач на семинарских занятиях

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа преподавателя с обучающимися					
	нелинейным элементом. Линейный детектор.						занятиях	
	<b>Модуль 6. Обнаружение и измерение параметров сигналов в шумах</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>8</b>	<b>Коллоквиум и контрольная работа</b>	
14	Обнаружение и измерение параметров сигналов в шумах. Основные задачи теории помехоустойчивости и методы их решения. Оптимальный линейный фильтр. Оптимальная фильтрация заданного сигнала при небелом шуме.		1,0	3,0		4,0	Вопросы и решение задач на семинарских занятиях	
15.	Синтез оптимального фильтра для прямоугольного видеоимпульса при белом шуме. Обнаружение сигнала на фоне шума с помощью коррелятора. Выделение сигнала из шума.		1,0	3,0		4,0	Вопросы и решение задач на семинарских занятиях	
	<b>Модуль 7. Теория информации</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>8</b>	<b>Коллоквиум и контрольная работа</b>	
16.	Теория информации. Основные понятия теории информации. Энтропия и информация. Свойства энтропии. Количество информации. Относительная энтропия. Избыточность и поток информации источника сообщений.		1,0	4,0		4,0	Вопросы и решение задач на семинарских занятиях	
17.	Характеристики каналов связи и сигналов. Скорость передачи информации и пропускная способность канала связи. Кодирование сообщений. Теоремы Шеннона. Оптимальное кодирование.		1,0	4,0		4,0	Вопросы и решение задач на семинарских занятиях	
	<b>Итого часов</b>		<b>14</b>	<b>42</b>	<b>0</b>	<b>52</b>	<b>Промежуточная аттестация в форме экзамена в 8 семестре</b>	



#### 4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Затраты времени (час.)		
8	Случайные события и случайные величины	Выполнение домашних заданий (решение задач)	1 неделя	2	Вопросы и проверка решения задач	Конспект лекций. Учебно-методическое пособие
8	Случайные процессы. Моментные функции	Выполнение домашних заданий (решение задач)	1 неделя	3	Вопросы и проверка решения задач	Конспект лекций. Учебно-методическое пособие
8	Спектрально-корреляционный анализ случайных процессов	Выполнение домашних заданий (решение задач)	1 неделя	4	Вопросы и проверка решения задач	Конспект лекций. Учебно-методическое пособие
8	Энергетический спектр суммы случайных процессов	Изучение указанной темы. Подготовка к коллоквиуму по темам модулей 1 и 2	1 неделя	4	Вопросы и проверка решения задач	Конспект лекций. Учебно-методическое пособие. Учебник
8	<i>Коллоквиум по темам модулей 1 и 2.</i> Случайные процессы в линейных системах	Выполнение домашних заданий (решение задач)	1 неделя	8	Коллоквиум по темам модулей 1 и 2	Конспект лекций. Учебно-методическое пособие
8	Электрические шумы и флуктуации	Выполнение домашних заданий (решение задач)	1 неделя	3	Вопросы и проверка решения задач	Конспект лекций. Учебно-методическое пособие
8	Параметры, характеризующие шумовые свойства цепей и элементов	Подготовка к коллоквиуму по темам модулей 3 и 4	1 неделя	4	Вопросы и проверка решения задач	Конспект лекций. Учебно-методическое пособие
8	<i>Коллоквиум по темам модулей 3 и 4.</i> Нелинейные преобразования случайных процессов	Выполнение домашних заданий (решение задач)	1 неделя	4	Коллоквиум по темам модулей 3 и 4	Конспект лекций. Учебно-методическое пособие
8	Функция распределения случайного процесса на выходе нелинейного элемента	Изучение указанной темы	1 неделя	4	Вопросы и решение задач на семинарских занятиях	Конспект лекций. Учебно-методическое пособие. Учебник

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Затраты времени (час.)		
8	Оптимальный линейный фильтр	Выполнение домашних заданий (решение задач)	1 неделя	5	Вопросы и проверка решения задач	Конспект лекций. Учебно-методическое пособие
8	Выделение сигнала из шума	Изучение указанной темы	1 неделя	3	Вопросы и решение задач на семинарских занятиях	Конспект лекций. Учебно-методическое пособие. Учебник
8	Теория информации. Количественная оценка информации. Передача информации по каналам связи	Выполнение домашних заданий (решение задач). Подготовка к коллоквиуму по темам модулей 5–7	1 неделя	4	Вопросы и проверка решения задач	Конспект лекций. Учебно-методическое пособие
8	Информационные характеристики источников сообщений и каналов связи. <i>Коллоквиум по темам модулей 5–7</i>	Выполнение домашних заданий (решение задач). Подготовка к контрольной работе по темам практических занятий (модули 1–7)	1 неделя	2	Коллоквиум по темам модулей 5–7	Конспект лекций. Учебно-методическое пособие
8	Оптимальное кодирование. <i>Контрольная работа по темам практических занятий (модули 1–7)</i>	Выполнение домашних заданий (решение задач)	1 неделя	2	Контрольная работа по темам практических занятий (модули 1–7)	Конспект лекций. Учебно-методическое пособие
Общая трудоемкость самостоятельной работы по дисциплине (час)				52		
<b>Бюджет времени самостоятельной работы, предусмотренный учебным планом для данной дисциплины (час)</b>				<b>52</b>		

### **4.3 Содержание учебного материала**

#### ***Тема 1. Элементы теории случайных процессов***

**Раздел 1.1.** Предмет и задачи статистической радиофизики. Взаимосвязь с другими разделами физики. Элементы теории вероятностей и случайных процессов. Случайные события и случайные величины. Распределения вероятностей. Моменты распределения и дисперсия. Характеристическая функция.

**Раздел 1.2.** Случайные процессы. Классификация и реализация случайных процессов. Моментные функции. Стационарные и эргодические случайные процессы. Свойства корреляционных функций стационарных случайных процессов. Совокупность случайных процессов. Нормальные процессы. Понятие о центральной предельной теореме.

#### ***Тема 2. Спектрально-корреляционный анализ случайных процессов***

**Раздел 2.1.** Спектрально-корреляционный анализ случайных процессов. Энергетический спектр стационарного случайного процесса и его связь с корреляционной функцией. Теорема Хинчина-Винера. Спектры широко- и узкополосных процессов. Энергетический спектр суммы случайных процессов.

#### ***Тема 3. Случайные процессы в линейных системах***

**Раздел 3.1.** Случайные процессы в линейных системах. Принцип суперпозиции. Спектральное и временное описание линейных систем. Функция Грина. Связь коэффициента передачи с функцией Грина. Преобразование корреляционных функций и спектров. Воздействие белого шума на линейную систему. Дифференцирующая и интегрирующая цепочки. Преобразование вероятностных распределений.

#### ***Тема 4. Электрические шумы и флуктуации***

**Раздел 4.1.** Электрические шумы и флуктуации. Тепловой шум сопротивления. Формула Найквиста. Э.Д.С. теплового шума проводников с учетом их реактивностей. Дробовые шумы в электронных приборах. Формула Шоттки. Шумы мерцания в электронных лампах. Шумы в ФЭУ. Параметры, характеризующие шумовые свойства цепей и элементов. Относительная шумовая температура двухполюсника. Относительное шумовое сопротивление лампы. Эквивалентный шумовой ток насыщенного диода.

**Раздел 4.2.** Коэффициент шума усилительного каскада. Отношение сигнал-шум. Шумовое число. Коэффициент шума многокаскадного усилителя. Методы определения коэффициента шума усилителя. Метод отсчета. Метод нулевого отсчета.

#### ***Тема 5. Нелинейные преобразования случайных процессов***

**Раздел 5.1.** Нелинейные преобразования случайных процессов. Энергетические характеристики процесса на выходе нелинейного элемента. Прямой метод. Метод контурных интегралов. Функция распределения случайного процесса на выходе нелинейного элемента.

**Раздел 5.2.** Нелинейное преобразование нормального случайного процесса. Преобразование стационарного узкополосного случайного процесса нелинейным элементом. Линейный детектор.

**Тема 6. Обнаружение и измерение параметров сигналов в шумах**

**Раздел 6.1.** Обнаружение и измерение параметров сигналов в шумах. Основные задачи теории помехоустойчивости и методы их решения. Оптимальный линейный фильтр. Оптимальная фильтрация заданного сигнала при небелом шуме.

**Раздел 6.2.** Синтез оптимального фильтра для прямоугольного видеоимпульса при белом шуме. Обнаружение сигнала на фоне шума с помощью коррелятора. Выделение сигнала из шума.

**Тема 7. Теория информации**

**Раздел 7.1.** Теория информации. Основные понятия теории информации. Энтропия и информация. Свойства энтропии. Количество информации. Относительная энтропия. Избыточность и поток информации источника сообщений.

**Раздел 7.2.** Характеристики каналов связи и сигналов. Скорость передачи информации и пропускная способность канала связи. Кодирование сообщений. Теоремы Шеннона. Оптимальное кодирование. Методика Шеннона-Фано.

**4.4 Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение**

1. Энергетический спектр суммы случайных процессов.
2. Функция распределения случайного процесса на выходе нелинейного элемента.
3. Выделение сигнала из шума.
4. Решение задач по темам модулей 1–7.
5. Подготовка к трем коллоквиумам по теории и контрольной работе по темам практических занятий.

**V. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Образовательные технологии, используемые при чтении курса «Статистическая радиофизика. Радиофизические измерения. Часть II. «Статистическая радиофизика» предусматривают использование в учебном процессе следующих форм проведения занятий:

- проблемные лекции;
- семинарские (практические) занятия;
- решение задач перед студенческой аудиторией;
- коллоквиумы и контрольная работа;
- студенческие дискуссии;
- выполнение различных форм самостоятельной работы, в том числе домашних заданий по решению задач.

Данные образовательные технологии способствуют развитию индивидуальной творческой работы студента, а также умению работать в коллективе, выработке навыков

применения различных форм знания в различных сферах деятельности в зависимости от поставленных целей.

**Наименование тем занятий с использованием активных форм обучения:**

№	Тема занятия	Вид занятия	Форма / Методы интерактивного обучения	Кол-во часов
1	Случайные величины и их числовые характеристики	Семинар, контроль самостоятельной работы	Коллоквиум, контрольная работа	2
2	Случайные процессы. Моментные функции	Семинар, контроль самостоятельной работы	Коллоквиум, контрольная работа	2
3	Электрические шумы и флуктуации	Семинар, контроль самостоятельной работы	Коллоквиум, контрольная работа	2
4	Воздействие случайных процессов на линейные системы. Фильтрация сигналов	Семинар, контроль самостоятельной работы	Коллоквиум, контрольная работа	2
5	Количественная оценка информации	Семинар, контроль самостоятельной работы	Коллоквиум, контрольная работа	2
6	Передача информации по каналам связи	Семинар, контроль самостоятельной работы	Коллоквиум, контрольная работа	2
7	Информационные характеристики источников сообщений и каналов связи	Семинар, контроль самостоятельной работы	Коллоквиум, контрольная работа	2
1	Случайные величины и их числовые характеристики	Семинар, контроль самостоятельной работы	Коллоквиум, контрольная работа	2
Итого часов				16

**VI. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

Полный комплект контрольно-оценочных материалов (Фонд оценочных средств) оформляется в виде приложения к рабочей программе дисциплины.

При изучении дисциплины «Статистическая радиофизика. Радиофизические измерения». Часть II. «Статистическая радиофизика» используется балльно-рейтинговая система оценки. Качество усвоенного учебного материала дисциплины оценивается по 100-бальной шкале. Максимальная рейтинговая оценка успеваемости студента по результатам текущего и рубежного контроля - 100 баллов: 60 баллов – рубежный контроль и 40 баллов - промежуточная аттестация в форме экзамена. Рубежный контроль проводится в виде коллоквиумов по окончании модулей 1–2, 3–4, 5–7 и в виде контрольной работы по темам модулей 1–7.

## VII. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Основная литература.

1. Ахманов С.А., Дьяков Ю.Е., Чиркин А.С. Статистическая радиофизика и оптика. Случайные колебания и волны в линейных системах. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2010. То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=67715>

2. Рытов С.М. Введение в статистическую радиофизику. Часть 1. Случайные процессы. – М.: Наука, 1976.

3. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники.- М.: Сов. радио, 1974, 1975, 1976.

4. Ахманов С.А., Дьяков Ю.Е., Чиркин А.С. Введение в статистическую радиофизику и оптику. – М.: Наука, 1981.

5. Горяинов В.Т., Журавлев А.Г., Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. Примеры и задачи. – М.: Сов. радио, 1980.

6. Ван дер Зил А. Шумы при измерениях. – М.: Мир, 1979.

7. Бовбель Е.И., Данейко И.К., Изох В.В. Элементы теории информации. – М.: Изд-во БГУ, 1974.

8. Цымбал В.П. Задачник по теории информации и кодированию. – К.: Вища школа, 1976.

### 7.2. Дополнительная литература.

1. Ван дер Зил А. Шум. Источники, описание, измерение. – М.: Сов. радио, 1973.

2. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. – М.: Радио и связь, 1982.

3. Хэмминг Р.В. Теория кодирования и теория информации. – М.: Радио и связь, 1983.

4. Шиховцев И.В., Якубов В.П. Статистическая радиофизика. Курс лекций / Новосиб. гос. ун-т. - Новосибирск: 2011. 157 с. То же [Электронный ресурс]. - URL: [http://radfiz.org.ua/files/NOT%20SORTED/zemskoff\\_IVT\\_s6\\_20140125\\_yse/Exams/Exams/Statistic\\_radiophysics/Stat\\_RF.pdf](http://radfiz.org.ua/files/NOT%20SORTED/zemskoff_IVT_s6_20140125_yse/Exams/Exams/Statistic_radiophysics/Stat_RF.pdf)

### 7.3. Список авторских методических разработок.

1. Жуков В.В. Статистическая радиофизика: учебно-методическое пособие. – Ростов-на-Дону, 2015. – 52 с. То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://sfedu.ru/pls/rsu/docs/umr/128018.pdf>

### 7.5. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

1. Название: Статистическая радиофизика Автор: В.П. Якубов

Год издания: 2006. Страниц: 127. Язык: Русский. Размер: 13.28 Мб. URL:

<http://www.bookarchive.ru/fund-discipliny/fizika/83610-statisticheskaja-radiofizika.html>

2. Название: Введение в статистическую радиофизику Автор: Рытов С.М. URL: <http://books4study.info/text-book2145.html>

3. Автор: Цымбал В.П. Название: Теория информации и кодирование. Год: 1992.

Страниц: 263. Язык: русский. Размер: 8.5 Мб. URL: [depositfiles.com  
turbobit.net](http://depositfiles.com/turbobit.net)

4. eLIBRARY – Научная электронная библиотека (Москва): URL: <http://elibrary.ru/>

5. Единое окно доступа к образовательным ресурсам: URL:  
<http://window.edu.ru/window/>

6. Федеральный портал «Российское образование»: URL: <http://www.edu.ru/>

7. Зональная научная библиотека ЮФУ: <http://library.sfedu.ru/>

8. ЭБС «Университетская библиотека»: URL: [http:// www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)

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

### **8.1. Учебно-лабораторное оборудование**

Занятия проводятся в лекционных аудиториях и помещениях для семинарских занятий.

### **8.2. Программное обеспечение**

- Операционная система Microsoft Windows
- Браузер Internet Explorer
- Microsoft Office.

### **8.3. Технические и электронные средства**

ПК, проектор.

## **IX. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для понимания лекционного материала и качественного его усвоения студентам необходимо вести конспекты лекций. В течение лекции студент делает пометки по тем вопросам лекции, которые требуют уточнений и дополнений. Вопросы, которые преподаватель не отразил в лекции, студент должен изучать самостоятельно.

На семинарских занятиях рекомендуется принимать активное участие в обсуждении проблем, возникающих при решении задач.

При подготовке к семинарским (практическим занятиям) рекомендуется следующая схема:

1. Проработать конспект лекций.
2. Прочитать основную и дополнительную литературу, рекомендованную по изучаемому разделу.
3. Выполнить домашнее задание, используя учебно-методическое пособие по курсу «Статистическая радиофизика».
4. При затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю.

## X. УЧЕБНАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

### УЧЕБНАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

Статистическая радиофизика. Радиофизические измерения»  
Часть II. «Статистическая радиофизика»

Трудоемкость: 4 зач. ед.

Форма промежуточной аттестации: экзамен

Курс 4, семестр 8

Код и наименование направления подготовки (специальности): 03.03.03. Радиофизика

Наименование образовательной программы: радиофизика

№	Виды контрольных мероприятий	Текущий контроль	Рубежный контроль
	<b>Модуль 1.</b> Элементы теории случайных процессов	-	<b>10</b>
	<b>Модуль 2.</b> Спектрально-корреляционный анализ случайных процессов		
1.	<i>Коллоквиум по темам модулей 1 и 2</i>		<i>10</i>
	<b>Модуль 3.</b> Случайные процессы в линейных системах	-	<b>13</b>
	<b>Модуль 4.</b> Электрические шумы и флуктуации		
2.	<i>Коллоквиум по темам модулей 3 и 4</i>		<i>13</i>
	<b>Модуль 5.</b> Нелинейные преобразования случайных процессов	-	<b>15</b>
	<b>Модуль 6.</b> Обнаружение и измерение параметров сигналов в шумах		
	<b>Модуль 7.</b> Теория информации		
3.	<i>Коллоквиум по темам модулей 5 - 7</i>		<i>15</i>
4.	<i>Контрольная работа по темам практических занятий (модули 1–7)</i>		<b>22</b>
	<b>Всего:</b>	-	<b>60</b>
	Бонусные баллы	<b>до 10</b>	За академическую активность на лекционных и практических занятиях
	<b>Промежуточная аттестация в форме экзамена</b>	<b>40 баллов</b>	<i>1 часть – правильное решение задачи (10 баллов); 2 часть - устный ответ на три вопроса (по 10 баллов за каждый)</i>

Преподаватель Жуков Владимир Валентинович



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования «Южный федеральный университет»  
(ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

«Статистическая радиофизика. Радиофизические измерения»  
Часть II. «Статистическая радиофизика»

Направление подготовки  
03.03.03. Радиофизика

Подписано электронной подписью:  
М.Б. Мануилов, декан физического  
факультета

Сертификат №  
02f0d9a9003bad648d4fcbc1d95a1cee16

действителен с 2 июня 2021 г. 13:13:25 по 2  
июня 2022 г. 12:56:37

## ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЕТЕНЦИЙ, ФОРМИРУЕМЫХ ДИСЦИПЛИНОЙ

«Статистическая радиофизика. Радиофизические измерения»

Часть II. «Статистическая радиофизика»

Код компетенции	Формулировка компетенции
1	2
<b>ОПК</b>	<b>ОБЩЕПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ</b>
ОПК-1	Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности.
ОПК-2	Способен проводить экспериментальные и теоретические научные исследования объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.
<b>ПК</b>	<b>ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ</b>
ПК-2	Способность эксплуатировать и развивать радиоэлектронные средства и комплексы различного функционального назначения.

## ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Статистическая радиофизика. Радиофизические измерения»

Часть II. «Статистическая радиофизика»

№ n/n	<i>Контролируемые разделы дисциплины</i>	<i>Код контролируемой компетенции</i>	<i>Наименование оценочного средства</i>	
1.	<i>Модуль 1. Элементы теории случайных процессов</i>	ОПК-1, ОПК-2	Решение комплектов задач	Коллоквиум по темам модулей 1-2, контрольная работа по темам семинарских занятий (модули 1-7)
2.	<i>Модуль 2. Спектрально-корреляционный анализ случайных процессов</i>	ОПК-1, ОПК-2	Решение комплектов задач	
3.	<i>Модуль 3. Случайные процессы в линейных системах</i>	ОПК-1, ОПК-2	Решение комплектов задач	Коллоквиум по темам модулей 3-4, контрольная работа по темам семинарских занятий (модули 1-7)
4.	<i>Модуль 4. Электрические шумы и флуктуации</i>	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Решение комплектов задач	
5.	<i>Модуль 5. Нелинейные преобразования случайных</i>	ОПК-2, ПК-2	Решение комплектов	Коллоквиум по темам

	процессов		задач	
6.	Модуль 6. Обнаружение и измерение параметров сигналов в шумах	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Решение комплектов задач	модулей 5-7, контрольная работа по темам семинарских занятий (модули 1-7)
7.	Модуль 7. Теория информации	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Решение комплектов задач	

## Вопросы к экзамену

по дисциплине «Статистическая радиофизика. Радиофизические измерения»  
Часть II. «Статистическая радиофизика»

1. Случайные события и случайные величины. Распределения вероятностей. Моменты распределения и дисперсия. Характеристическая функция.
2. Случайные процессы. Классификация и реализация случайных процессов. Моментные функции.
3. Стационарные и эргодические случайные процессы. Свойства корреляционных функций стационарных случайных процессов.
4. Совокупность случайных процессов. Нормальные процессы. Понятие о центральной предельной теореме.
5. Энергетический спектр стационарного случайного процесса и его связь с корреляционной функцией. Теорема Хинчина-Винера.
6. Спектры широко- и узкополосных процессов.
7. Энергетический спектр суммы случайных процессов.
8. Спектральное и временное описание линейных систем. Функция Грина. Связь коэффициента передачи с функцией Грина.
9. Преобразование корреляционных функций и спектров линейными системами.
10. Воздействие белого шума на линейную систему. Дифференцирующая и интегрирующая цепочки.
11. Преобразование вероятностных распределений случайных процессов линейными системами.
12. Тепловой шум сопротивления. Формула Найквиста. Э.Д.С. теплового шума проводников с учетом их реактивностей.
13. Дробовые шумы в электронных приборах. Формула Шоттки.
14. Шумы мерцания в электронных лампах. Шумы в ФЭУ.
15. Относительная шумовая температура двухполюсника. Относительное шумовое сопротивление лампы. Эквивалентный шумовой ток насыщенного диода.
16. Коэффициент шума усилительного каскада. Отношение сигнал-шум.
17. Шумовое число. Коэффициент шума многокаскадного усилителя.
18. Методы определения коэффициента шума усилителя. Метод отсчета. Метод нулевого отсчета.
19. Энергетические характеристики случайного процесса на выходе нелинейного элемента. Прямой метод. Метод контурных интегралов.
20. Функция распределения на выходе нелинейного элемента.
21. Нелинейное преобразование нормального случайного процесса.
22. Преобразование стационарного узкополосного процесса нелинейным элементом.
23. Преобразование стационарного случайного процесса линейным детектором.
24. Обнаружение и измерение параметров сигналов в шумах. Основные задачи теории помехоустойчивости и методы их решения.
25. Оптимальный линейный фильтр.

26. Оптимальная фильтрация заданного сигнала при небелом шуме.
27. Синтез оптимального фильтра для прямоугольного видеоимпульса при белом шуме.
28. Обнаружение сигнала на фоне шума с помощью коррелятора.
29. Выделение сигнала из шума.
30. Основные понятия теории информации. Энтропия и информация.
31. Свойства энтропии. Количество информации.
32. Относительная энтропия. Избыточность и поток информации источника сообщений.
33. Характеристики каналов связи и сигналов. Скорость передачи информации и пропускная способность канала связи.
34. Кодирование сообщений. Теоремы Шеннона. Оптимальное кодирование.

## Форма экзаменационного билета

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования «Южный федеральный университет»  
(ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №

по дисциплине

«Статистическая радиофизика. Радиофизические измерения»

Часть II. «Статистическая радиофизика»

Структурное подразделение: Кафедра квантовой радиофизики

Направление подготовки: 03.03.03 Радиофизика

- |            |  |             |
|------------|--|-------------|
| 1. Вопрос  |  | (10 баллов) |
| 2. Вопрос  |  | (10 баллов) |
| 3. Вопрос  |  | (10 баллов) |
| 4. Задача* |  | (10 баллов) |

\* *Практическая задача выбирается и включается в билет по усмотрению преподавателя.*

Критерии оценки:

- Оценка «отлично» выставляется студенту, если *устный ответ* полный и правильный и материал изложен в определенной логической последовательности, а *практическая задача* решена верно.
- Оценка «хорошо» выставляется студенту, если *устный ответ* полный и правильный; материал изложен в определенной логической последовательности, при этом допущены две-три несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя, а при решении *практической задачи студент* испытывает небольшие затруднения.
- Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если *устный ответ* полный, но при этом допущена существенная ошибка, или неполный и несвязный, а при решении *практической задачи студент* испытывает существенные затруднения.
- Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если при *устном ответе* обнаружено непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые студент не смог исправить при наводящих вопросах преподавателя или ответ отсутствует, а *практическая задача* не решена или решена неверно.

# Оформление вопросов для коллоквиумов

## Вопросы для коллоквиумов

по дисциплине «Статистическая радиофизика. Радиофизические измерения»

Часть II. «Статистическая радиофизика»

### Коллоквиум I\*

#### Модуль 1. Элементы теории случайных процессов

*Вариант 1.* Функции распределения вероятностей случайных величин, моменты распределения.

*Вариант 2.* Нормальное распределение. Центральная предельная теорема.

*Вариант 3.* Функции распределения вероятностей случайного процесса, моментные функции.

*Вариант 4.* Характеристическая функция случайной величины.

#### Модуль 2. Спектрально-корреляционный анализ случайных процессов

*Вариант 1.* Свойства корреляционных функций стационарного случайного процесса.

*Вариант 2.* Энергетический спектр стационарного случайного процесса и его связь с корреляционной функцией.

*Вариант 3.* Эргодические случайные процессы. Усреднение по времени и по ансамблю реализаций.

*Вариант 4.* Спектры широко- и узкополосных случайных процессов.

### Коллоквиум II\*

#### Модуль 3. Случайные процессы в линейных системах

*Вариант 1.* Спектральное и временное описание линейных систем.

*Вариант 2.* Преобразование корреляционных функций и спектров случайных процессов линейными системами.

*Вариант 3.* Воздействие белого шума на линейную систему.

*Вариант 4.* Корреляционный метод определения функции Грина линейной системы.

#### Модуль 4. Электрические шумы и флуктуации

*Вариант 1.* Коэффициент шума усилительного каскада, отношение сигнал-шум, шумовое число. Коэффициент шума многокаскадного усилителя.

*Вариант 2.* Относительная шумовая температура двухполюсника, эквивалентное шумовое сопротивление лампы, эквивалентный шумовой ток насыщенного диода.

*Вариант 3.* Тепловой шум сопротивления. Формула Найквиста (с доказательством).

*Вариант 4.* Дробовой шум в электронных лампах. Формула Шоттки (с выводом). Шум мерцания в электронных лампах.

### Коллоквиум III\*

#### Модуль 5. Нелинейные преобразования случайных процессов

*Вариант 1.* Энергетические характеристики случайного процесса на выходе нелинейного элемента.

*Вариант 2.* Преобразование стационарного узкополосного процесса нелинейным элементом.

*Вариант 3.* Прямой метод расчета корреляционной функции на выходе нелинейного элемента.

*Вариант 4.* Метод контурных интегралов расчета корреляционной функции на выходе нелинейного элемента.

#### Модуль 6. Обнаружение и измерение параметров сигналов в шумах

*Вариант 1.* Оптимальная фильтрация сигнала при небелом шуме.

*Вариант 2.* Обнаружение сигнала на фоне шума. Общие требования к фильтру (случай гармонического сигнала).

Вариант 3. Оптимальный линейный фильтр.

Вариант 4. Обнаружение сигнала на фоне шума с помощью коррелятора.

### Модуль 7. Теория информации

Вариант 1. Скорость передачи информации и пропускная способность канала связи.

Вариант 2. Энтропия и ее свойства.

Вариант 3. Количество информации (в том числе, от опыта в общем случае).

Вариант 4. Относительная энтропия.

\* Приведенные вопросы коллоквиумов являются примерными и могут быть изменены по усмотрению преподавателя.

Примечание: К комплекту вариантов вопросов к коллоквиумам прилагаются разработанные преподавателем и утвержденные на заседании кафедры критерии их оценки.

## Оформление комплекта заданий для контрольной работы

### Комплект заданий для контрольной работы

по дисциплине «Статистическая радиофизика. Радиофизические измерения»

Часть II. «Статистическая радиофизика»

#### Контрольная работа (модули 1-7)\*

#### Вариант 1.

Задание 1. Случайная величина имеет распределение Лапласа, вероятность которого

$$w_1(x) = \frac{\lambda}{2} e^{-\lambda|x|}; \quad \lambda > 0.$$

Найти математическое ожидание и дисперсию случайной величины.

Задание 2. Определить эффективную ширину  $\Delta_n$  спектра  $F(\omega)$  стационарного случайного процесса  $\xi(t)$  с корреляционной функцией:  $B(\tau) = \sigma^2 e^{-\alpha|\tau|}$ .

Задание 3. Определить энтропию приемника сообщений, если канальная матрица имеет вид:

$$P(y/x) = \begin{pmatrix} 0,97 & 0,03 & 0 \\ 0,01 & 0,98 & 0,01 \\ 0 & 0,04 & 0,96 \end{pmatrix},$$

а вероятности появления символов на выходе источника сообщений равны  $P(x_1) = 0,5$ ;  $P(x_2) = 0,3$ ;  $P(x_3) = 0,2$ .

Задание 4. Определить эффективность кода Шеннона-Фано для ансамбля сообщений с вероятностями 0,25; 0,25; 0,125; 0,125; 0,0625; 0,0625; 0,0625; 0,0625.

#### Вариант 2.

Задание 1. Случайная величина задана плотностью вероятности

$$w_1(x) = \begin{cases} \sin 2x, & 0 \leq x < \frac{\pi}{2} \\ 0, & x < 0, x > \frac{\pi}{2} \end{cases}$$

Найти дисперсию случайной величины.

Задание 2. Установить, является ли функция  $B(\tau) = \sigma^2 e^{-\lambda|\tau|} \cos \omega_0 \tau$  корреляционной функцией случайного процесса  $\xi(t)$ .

**Задание 3.** Чему равна энтропия источника сообщений, энтропия приемника, энтропия объединения, если канал связи описан следующей канальной матрицей:

$$P(x, y) = \begin{pmatrix} 0,1 & 0,1 & 0 \\ 0 & 0,2 & 0,1 \\ 0 & 0,2 & 0,3 \end{pmatrix}.$$

**Задание 4.** Построить оптимальный код для передачи сообщений, в которых вероятности появления букв первичного алфавита равны соответственно: 0,5; 0,25; 0,098; 0,052; 0,04; 0,03; 0,019; 0,011.

### Вариант 3.

**Задание 1.** Случайная величина задана плотностью вероятности

$$w_1(x) = \begin{cases} \frac{\cos x}{2}, & -\frac{\pi}{2} \leq x \leq \frac{\pi}{2} \\ 0, & |x| > \frac{\pi}{2} \end{cases}$$

Найти дисперсию случайной величины.

**Задание 2.** На вход линейного фильтра воздействует аддитивная смесь

$$\eta(t) = s(t) + \xi(t),$$

где  $\xi(t)$  – стационарный гауссовский белый шум, а

$$s(t) = \begin{cases} Ae^{\gamma(t-T)}, & t \leq T \\ 0, & t > T \end{cases}$$

статистически независимый от шума экспоненциальный видеоимпульс. Определить комплексную частотную характеристику  $K(\omega)$  фильтра, максимизирующего отношение сигнал/шум на выходе.

**Задание 3.** Чему равна скорость передачи информации по каналу связи, описанному следующей канальной матрицей:

$$P(x, y) = \begin{pmatrix} 0,1 & 0 & 0 \\ 0,1 & 0,3 & 0 \\ 0 & 0,1 & 0,4 \end{pmatrix},$$

если известно, что на выходе источника сообщений символы вырабатываются со скоростью 50 знаков в секунду?

**Задание 4.** Построить оптимальный код сообщения, в котором вероятности появления букв подчиняются закону  $P = \left(\frac{1}{2}\right)^i$ , то есть буквы данного сообщения могут быть расположены таким образом, что вероятность появления каждой из них в 2 раза меньше вероятности появления предыдущей.

### Вариант 4.

**Задание 1.** На электронное реле воздействует случайное напряжение с релейской плотностью вероятности

$$w_1(x) = \frac{x}{\sigma^2} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}; \quad x > 0.$$

Какова вероятность срабатывания схемы, если реле срабатывает каждый раз, когда напряжение на его входе превышает 2 В?

**Задание 2.** Найти фильтр, согласованный с прямоугольным видеоимпульсом

$$s(t) = \begin{cases} A, & 0 \leq t \leq \tau_{\text{и}} \\ 0, & \text{при других } t \end{cases}$$

**Задание 3.** Сообщения составлены из алфавита А, В, С. Вероятности появления символов

алфавита  $P_A = 0,7$ ;  $P_B = 0,2$ ;  $P_C = 0,1$ . Помехи в канале связи заданы следующей канальной матрицей:

$$P(y/x) = \begin{pmatrix} 0,98 & 0,01 & 0,01 \\ 0,1 & 0,75 & 0,15 \\ 0,2 & 0,3 & 0,5 \end{pmatrix}.$$

Определить скорость передачи информации, если среднее время передачи одного символа – 0,02 с.

*Задание 4.* Построить оптимальный неравномерный код для передачи сообщений, составленных из алфавита со следующим распределением вероятностей появления букв в сообщениях: А – 0,6; В – 0,08; В – 0,07; Г – 0,06; Д – 0,05; Е – 0,05; Ж – 0,05; З – 0,04. Определить коэффициент статистического сжатия и коэффициент относительной эффективности.

*\* Приведенные задания являются примерными и могут быть изменены по усмотрению преподавателя.*

*Примечание:* К комплекту вариантов заданий прилагаются разработанные преподавателем и утвержденные на заседании кафедры критерии оценки контрольной работы.