

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им.  
Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО  
президиумом  
Ученого совета ННГУ  
протокол от  
«14» декабря 2021 г. № 4

Рабочая программа дисциплины (модуля)

**Статистическая радиофизика**

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

**бакалавриат**

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

**03.03.03 Радиофизика**

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

**Радиофизика и электроника**

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)

**бакалавр**

(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения

**очная**

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород  
2022

## 1. Место и цели дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Статистическая радиофизика» относится к разделу Б1.Б «Базовая часть» и читается на 4 курсе (в 7 семестре) бакалавриата.

### Целями освоения дисциплины являются:

- ознакомление с основными статистическими методами применяемыми в радиофизических теоретических и экспериментальных исследованиях;
- изучение основ спектрально-корреляционного анализа;
- знакомство с постановкой и решением задач оптимальной обработки сигналов.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
<i>ОПК-1</i> Этап освоения <u>завершающий</u>	<b>31 (ОПК-1)</b> Иметь базовые знания в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности в области радиофизики
<i>ОПК-2</i> Этап освоения <u>завершающий</u>	<b>У1 (ОПК-2)</b> Уметь самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии в области радиофизики

## 3. Структура и содержание дисциплины (модуля)

### Содержание дисциплины (модуля)

Объем дисциплины составляет 5 зачетных единиц, всего 180 часов, из которых 82 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (48 часов занятия лекционного типа, 32 - занятия семинарского типа, 2 часа – мероприятия промежуточной аттестации), 98 часов составляет самостоятельная работа обучающегося, из которых 45 часов отводится на подготовку к экзамену.

### Содержание дисциплины (модуля)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),	Всего (часы)	В том числе	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них	Самостоятельная работа

форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
	Очная	Очная	Очная	Очная	Очная	Очная
Тема 1. Математические модели дискретных систем передачи информации	22	8	5		13	9
Тема 2. Пропускная способность дискретных каналов связи с шумами. Кодирование при наличии помех	22	8	5		13	9
Тема 3. Основы помехоустойчивого кодирования.	22	8	5		13	9
Тема 4. Элементы теории случайных процессов.	23	8	5		13	9
Тема 5. Спектрально - корреляционный анализ случайных процессов	23	8	5		13	9
Тема 6. Элементы теории теории информации и кодирования	21	8	5		13	8
В т.ч. текущий контроль	2		2		2	
Промежуточная аттестация – экзамен						

#### 4. Образовательные технологии

Реализация компетентностного подхода предусматривает использование в учебном процессе следующих форм проведения занятий.

При чтении лекций используется **активная** форма, заключающаяся в разборе конкретных ситуаций, возникающих при анализе рассматриваемых физических явлений (анализ корректности постановки задачи, выявление физического смысла полученного результата).

Используются следующие **интерактивные** формы проведения занятий:

- Предоставление студентам адресов необходимых Интернет-ресурсов.
- Обмен со студентами адресами электронной почты для обеспечения оперативного взаимодействия.
- Отправка студентам электронных писем, содержащих необходимые образовательные ресурсы (материалы к лекциям, персональные задания к зачёту).
- Предоставление студентам возможности обсуждения проблем, возникающих при освоении дисциплины, с использованием сети Интернет.

В рамках данного учебного курса предусмотрены встречи с представителями российских и зарубежных компаний Intel, Nokia Siemens Networks и др. с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся, решения прикладных задач с помощью

компьютерных симуляций, стимулирования внеаудиторной работы.

## 5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Используются виды самостоятельной работы студента: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах (лабораториях), компьютерных классах, с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе проведения лекционных занятий и в конце курса при проведении экзамена по данной дисциплине. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, а также конспекты лекций.

– во время лекций формулируются проблемы, которые студенты должны решить самостоятельно. На последующих лекциях проводится открытое обсуждение полученных результатов и даётся правильное решение.

– задания для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины (см. Раздел 6.4) выдаются студентам заранее. В случае необходимости проводятся индивидуальные консультации.

## 6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

**6.1 Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования:**

ОПК-1: Способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
<u>Знания</u> Иметь базовые знания в области математики и естественных наук в профессиональной деятельности в области радиофизики	Полное отсутствие умения использовать базовые знания в области математики и естественных наук в профессиональной деятельности в области радиофизики. Невозможность оценить полноту	Отсутствие умения использовать базовые знания в области математики и естественных наук в профессиональной деятельности в области радиофизики	Умение в целом использовать базовые знания в области математики и естественных наук в профессиональной деятельности в области радиофизики	Умение использовать базовые знания в области математики и естественных наук в профессиональной деятельности в области радиофизики с небольшими ошибками	Умение использовать базовые знания в области математики и естественных наук в профессиональной деятельности в области радиофизики	Умение свободно использовать базовые знания в области математики и естественных наук в профессиональной деятельности в области радиофизики	Умение свободно определять необходимость использования базовых знаний в области математики и естественных наук в профессиональной деятельности в области радиофизики

	знаний вследстви е отказа обучающ егося от ответа						
<u>Шкала</u> <u>оценок по</u> <u>проценту</u> <u>правильны</u> <u>х</u> <u>контрольн</u> <u>ых заданий</u>	0-20%	20-50%	50-70%	70-80%	80-90%	90-99%	100%

ОПК-2: Способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии

Индикато ры компетен ции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«плохо»	«неудовле творитель но»	«удовлетв орительно »	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично »	«превосход но»
<u>Умения</u> <i>Уметь</i> самостоя тельно приобрета ть новые знания, используя современ ные образоват ельные и информац ионные технологии и в области радиофиз ики	Полное отсутстви е умения самостоя тельно приобрета ть новые знания, используя современ ные образоват ельные и информац ионные технологии и в области радиофиз ики. Невозмож ность оценить полноту умений вследстви е отказа обучающ егося от ответа	Отсутств ие умения самостоя тельно приобрета ть новые знания, используя современ ные образоват ельные и информац ионные технологии и в области радиофиз ики	Умение в самостоя тельно приобрета ть новые знания, используя современ ные образоват ельные и информац ионные технологии и в области радиофиз ики в минималь ном количеств е	Умение самостоя тельно приобрета ть новые знания, используя современ ные образоват ельные и информац ионные технологии и в области радиофиз ики с некоторы ми ошибками	Умение самосто ятельно приобре тать новые знания, использ уя совреме нные образова тельные и информа ционные технологии и в области радиофи зики с небольш ими погрешн остями	Умение самостоя тельно приобрета ть новые знания, используя современ ные образоват ельные и информац ионные технологии и в области радиофиз ики	Умение свободно самостояте льно приобретат ь новые знания, используя современн ые образовате льные и информаци онные технологии и в области радиофизи ки
<u>Шкала</u> <u>оценок по</u> <u>проценту</u> <u>правильн</u>	0-20%	20-50%	50-70%	70-80%	80-90%	90-99%	100%

<u>ых</u> контроль <u>ных</u> заданий							
--	--	--	--	--	--	--	--

## 6.2. Описание шкал оценивания

Используется традиционная семибалльная шкала оценивания, утвержденная приказом ректора ННГУ от 10.10.2002 №229\_ОД.

№ пп	Оценка, её обозначение и соответствующий ей числовой балл	Определение (уровень подготовки, характеризуемый оценкой)	Средний % студентов, получивших указанную оценку
1	Превосходно (прев; 5,5)	Превосходная подготовка с очень незначительными погрешностями	10%
2	Отлично (отл; 5)	Подготовка, уровень которой существенно выше среднего с некоторыми ошибками	25%
3	Очень хорошо (очхор; 4,5)	В целом хорошая подготовка с рядом заметных ошибок	30%
4	Хорошо (хор; 4)	Хорошая подготовка, но со значительными ошибками	25%
5	Удовлетворительно (уд; 3)	Подготовка, удовлетворяющая минимальным требованиям	10%
6	Не удовлетворительно (неуд; 2)	Необходима дополнительная подготовка для успешного прохождения испытания	
7	Плохо (плох; 1)	Подготовка совершенно недостаточная	

## 6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине, характеризующих этапы формирования компетенций

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- письменные и устные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:

- контрольные задания.

Для проведения итогового контроля сформированности компетенции используется

- устное собеседование.

## 6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции

Примеры контрольных вопросов для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины (ОПК-1):

- 1 Совершенно случайные процессы, марковские процессы и их описание.
2. Характеристическая функция, определение и свойства
3. Условные плотности вероятностей, их свойства и связь с многомерными безусловными плотностями вероятностей

Примеры контрольных вопросов для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины (ОПК-2):

1. Корреляционная и ковариационная функции случайного процесса. Коэффициент корреляции.
2. Многомерная характеристическая функция и плотность вероятностей гауссовского процесса.

3. Информация необходимая для полного описания гауссовского случайного процесса.

Примеры контрольных вопросов для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины (ОПК-3):

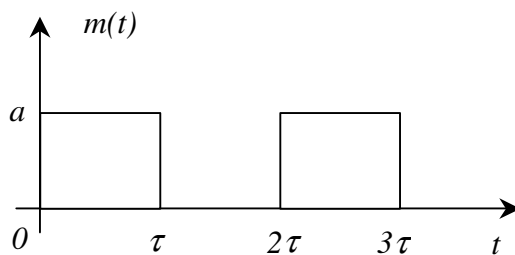
1. Эргодичность случайных процессов.
2. Необходимые и достаточные условия эргодичности по отношению к среднему значению, корреляционной функции, одномерной плотности вероятности.
3. Экспериментальное измерение основных статистических характеристик эргодических случайных процессов.

Для оценки сформированности компетенций ОПК-1 и ОПК-2 и ОПК-3 служат практические контрольные задания (ПКЗ). Примеры типовых ПКЗ:

#### Задача 1.

На вход фильтра, согласованного с сигналом  $m(t)$  (см. рис.), поступает аддитивная смесь сигнала и "белого" шума  $x(t)=m(t)+\xi(t)$  ( $K\xi[\tau]=D\xi\delta(\tau)$ ).

Найти импульсную переходную характеристику, отклик на полезный сигнал, корреляционную функцию шумовой составляющей на выходе, отношение сигнал/шум на выходе и предложить схему реализации фильтра.



#### Задача 2

Случайный процесс  $x(t)$  представляет собой сумму квадратурных составляющих:  
 $x(t)=A_c(t)\cos\omega_0 t+A_s(t)\sin\omega_0 t$

где  $A_c(t)$  и  $A_s(t)$  - статистически независимые гауссовы случайные процессы с равными нулю средними значениями и с одинаковыми дисперсиями  $\sigma^2$ . Этот же случайный процесс может быть записан в следующем виде:

$x(t)=A(t)\cos[\omega_0 t-\varphi(t)]$ , где  $\varphi$  - случайная начальная фаза процесса  $x(t)$ ,  $A=\sqrt{A_s^2+A_c^2}$  - случайная амплитуда.

Найти вероятностные распределения

- а) случайного процесса  $x(t)$
- б) случайной амплитуды  $A$
- в) случайной начальной фазы  $\varphi$

#### Задача 3

На вход нелинейного безынерционного элемента с характеристикой

$$y=2x \cdot 1(x) = \begin{cases} 2x, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases}$$

подается случайный телеграфный процесс, принимающий два значения  $+a$ ,  $-a$  с равной

вероятностью. Смена знака происходит в случайные моменты времени. Вероятность того, что на временном интервале длительности  $T$  произойдет ровно  $m$  смен знаков описывается законом Пуассона и равна

$$P(m, T) = \frac{(\lambda T)^m}{m!} e^{-\lambda T}$$

Найти корреляционную функцию и спектральную плотность мощности процесса на выходе.

#### 6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

- Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утвержденное приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД,
- Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

### 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

#### 7.1. Рекомендуемая литература.

##### а) основная литература:

1. Бочков Г.Н., Гурбатов С.Н., Зачепиская Л.П., Клибанова И.М., Малахов А.Н., Мальцев А.А., Якимов А.В. Сборник задач по статистической радиофизике
2. Рытов С.М. Введение в статистическую радиофизику. Часть 1. М.: Наука, 1976.
3. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. М.: Радио и связь, 1982.
4. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. М.: Радио и связь, 1989.
5. Тихонов В.И., Харисов И.Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. М.: Радио и связь, 1991.
6. Зачепиская Л.П., Клибанова И.М. Измерение простейших характеристик случайных процессов, Горький, ГГУ, 1986.
7. Малахов А.Н., Саичев А.И. Спектрально-корреляционный анализ случайных процессов. Горький, ГГУ, 1979.

##### б) дополнительная литература:

1. Прокис Дж. Цифровая связь. Пер. с англ. М.: Радио и связь, 2000.
2. Финк Л.М. Теория передачи дискретных сообщений. М.: Сов. радио, 1970.

### 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

- аудиторный фонд ННГУ,
- аудитория для работы с мультимедийным проектором.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО/ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению **03.03.03 Радиофизика** (уровень бакалавриата).

Автор \_\_\_\_\_ Мальцев А.А.

Рецензент \_\_\_\_\_ Грязнова И.Ю.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Мальцев А.А.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от «09» декабря 2021 года, протокол № 07/21.

