

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»

Физический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор

проф. Д.Ф.И.

по учебно-методической работе
Елина Е.Г.

2016 г.



Модуль «Физика колебательных и волновых процессов»

Рабочая программа дисциплины

Статистическая радиофизика

Направление подготовки
03.03.03 «Радиофизика»

Профили подготовки
«Информационные технологии и компьютерное моделирование
в радиофизике»,
«Информационные технологии в системах радиосвязи»

(2013 год приема)

Квалификация (степень) выпускника:
Бакалавр

Форма обучения
очная

Саратов
2016

1. Цели освоения дисциплины «Статистическая радиофизика»

Цели:

1. Знакомство с природой и ролью случайных явлений в радиофизических устройствах и колебательных и волновых системах различной природы. Приобретение базовых знаний о случайных процессах, источниках шума в радиоустройствах, флуктуациях в колебательных и волновых системах различной природы;
2. Овладеть методами математического описания случайных процессов и определения основных статистических характеристик случайных процессов при решении конкретных задач.
3. Формирование системы компетенций, направленных на овладение базовыми знаниями в области статистической радиофизики и теории случайных процессов, на развитие способностей самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии и применять полученные знания в профессиональной деятельности.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина входит в набор дисциплин по выбору Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана ООП по направлению подготовки 03.03.03 «Радиофизика» и является частью модуля «Физика колебательных и волновых процессов». Индекс дисциплины -- Б1.Б.10.4. Дисциплина изучается в 7 семестре.

Входные знания, умения и компетенции, необходимые для изучения данного курса, формируются в процессе освоения ряда дисциплин бакалавриата, таких как дисциплины модулей «Математика», «Общая физика», «Физика колебательных и волновых процессов».

Данная дисциплина знакомит студентов с базовыми представлениями теории случайных процессов в радиоустройствах, необходимыми для ознакомления студентов с рядом профильных дисциплин, посвященных системам передачи информации.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины «Статистическая радиофизика» у студентов должны формироваться следующие компетенции:

- способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности (ОПК-1);
- способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии (ОПК-2).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

Знать:

- основы теории случайных процессов, (методы описания, основные статистические характеристики, модели случайных процессов), закономерности преобразования случайных процессов детерминированными системами и методы линейной фильтрации шума, характеристики флуктуаций в автогенераторе, источники шума в радиоустройствах и их статистические свойства, основы теории случайных полей и волн.

Уметь:

- решать стандартные задачи статистической радиофизики, связанные с определением статистических характеристик случайных процессов и шумов в радиоустройствах.

Владеть

- базовыми знаниями в области статистической радиофизики и теории случайных процессов и методами решения практических задач;
- способностью понимать причины и роль флуктуаций в колебательных и волновых системах различной природы.

- Способностью анализировать проблемы, связанные действием стохастических факторов, и самостоятельно приобретать необходимые для их решения новые знания, используя современные информационные технологии.

4. Структура и содержание дисциплины «Статистическая радиофизика»

4.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 часов), включая лекции (36 часов), лабораторные занятия (36 часов), практические занятия (18 часов), самостоятельную работу (54 часа), экзамен (36 часов)

№ п/п	Раздел дисциплины	С е м е с т р	Не-деля се-местра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Лабораторные	Практические	СРС	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Введение. О предмете статистической радио-	7	1	2	--	--	2	Проверка домашних заданий Контрольная работа
2.	<i>Тема 1.</i> Основные понятия теории случайных процессов.	7	2-3	4	4	4	6	
3.	<i>Тема 2.</i> Спектральное представление случайных процессов.	7	4	2	4	2	4	
4.	<i>Тема 3.</i> Нормальные процессы и их свойства.	7	5	2	4	2	4	Проверка домашних заданий Подготовка отчетов лабораторным работам
5.	<i>Тема 4.</i> Узкополосные случайные процессы.	7	6	2	4	-	4	
6.	<i>Тема 5.</i> Импульсные случайные процессы.	7	7	2	-	2	4	
7.	<i>Тема 6.</i> Винеровский процесс.	7	8	2	-	-	4	
8.	<i>Тема 7.</i> Детерминированные преобразования случайных процессов.	7	9-10	4	4	4	4	Проверка домашних заданий Подготовка отчетов лабораторным работам Контрольная работа
9.	<i>Тема 8.</i> Линейная фильтрация шума.	7	11-12	4	4	2	4	
10.	<i>Тема 9.</i> Флуктуации в автогенераторе.	7	13-14	4	4	--	4	
11.	<i>Тема 10.</i> Природа шума в радиофизических системах и шумовые характеристики радио-	7	15-16	4	4	2	4	
12.	<i>Тема 11.</i> Случайные поля и случайные вол-	7	17	2	4	--	4	Проверка домашних заданий Подготовка отчетов лабораторным работам
13.	<i>Тема 12.</i> Рассеяние электромагнитных волн в статистически неоднородных средах.	7	18	2	--	--	6	
	Итого:	7	18	36	36	18	54	Экзамен (36)

4.2. Содержание учебной дисциплины

Введение. Предмет статистической радиофизики. Источники случайности в реальных системах. Роль шума в задачах радиофизики.

- 1. Основные понятия теории случайных процессов.** Статистические характеристики случайного процесса. Многомерная плотность вероятности, функция распределения, характеристическая функция случайного процесса. Моментные функции случайных процессов. Стационарные случайные процессы. Характеристики совокупности случайных процессов. Вероятностная сходимость случайной последовательности. Непрерывность, дифференцируемость, интеграл для случайного процесса. Усреднение по времени. Эргодические случайные процессы.
- 2. Спектральное представление случайных процессов.** Спектральное представление нестационарных случайных процессов. Спектральная плотность мощности стационарного случайного процесса. Теорема Винера-Хинчина. Ширина спектра. Белый шум. Взаимный спектр стационарно-связанных процессов.
- 3. Нормальные процессы и их свойства.** Определение нормального (гауссова процесса). Характеристики и свойства нормальных процессов.
- 4. Узкополосные случайные процессы.** Определение узкополосного случайного процесса. Свойство корреляционной функции узкополосного процесса. Огибающая и фаза стационарного случайного процесса, квадратурные составляющие.
- 5. Импульсные случайные процессы.** Классификация импульсных случайных процессов. Пуассоновская последовательность случайных импульсов и ее свойства. Теоремы Карсона и Кемпбелла.
- 6. Винеровский процесс.** Винеровский процесс как модель броуновского движения. Свойства винеровского процесса.
- 7. Детерминированные преобразования случайных процессов.** Функциональное преобразование случайных процессов. Преобразование закона распределения случайного процесса. Функциональное преобразование совокупности случайных процессов. Преобразование случайных процессов линейными инерционными системами. Преобразование основных моментных функций и спектральной плотности мощности. Преобразование закона распределения. Эффект нормализации процесса на выходе фильтра.
- 8. Линейная фильтрация шума.** Обнаружение регулярного сигнала на фоне шума. Оптимизация фильтра по критерию максимума пикового отношения «сигнал/шум». Согласованный фильтр. Выделение случайного сигнала из шума. Оптимизация фильтра по критерию минимума искажений. Уравнение Винера - Хопфа. Идеальный винеровский фильтр. Линейные фильтры Калмана-Бьюси.
- 9. Флуктуации в автогенераторе.** Роль флуктуаций в автоколебательных системах. Стохастические уравнения автогенератора. Распределение амплитуды и фазы колебаний. Корреляционная функция и спектр автоколебаний в присутствии шума. Естественная ширина спектральной линии. Синхронизация колебаний в автогенераторе с шумом.
- 10. Природа шума в радиофизических системах и шумовые характеристики радиоустройств.** Естественные и технические источники шума в радиоустройствах, их природа и статистические характеристики. Тепловой шум активного сопротивления. Формулы Найквиста. Дробовой шум. Формула Шоттки. Другие источники шума: наведённый шум, шум токоперехвата, шум генерации-рекомбинации, фликкер-шум. Эквивалентные шумовые схемы двухполюсников и четырёхполюсников. Коэффициент шума линейного четырёхполюсника и связанные с ним характеристики. Методы измерения коэффициента шума.
- 11. Случайные поля и случайные волны.** Понятие случайного поля. Характеристики случайных полей. Однородные и изотропные случайные поля. Пространственная корреляция.

ляция и пространственный спектр. Случайные волны в неограниченной однородной среде. Стохастические волновые уравнения.

12. Рассеяние электромагнитных волн в статистически неоднородных средах. Релеевское рассеяние, интенсивность и корреляционная функция рассеянной волны. Коэффициент рассеяния. Неоднородность с изотропной гауссовой корреляционной функцией.

4.3. План лабораторных занятий по дисциплине «Статистическая радиофизика» (в объеме 36 часов).

Тема 1: Основные понятия теории случайных процессов

Лабораторная работа № 1. Определение одномерной плотности вероятности и одномерных моментов случайного процесса.

Цель работы: Ознакомиться с методом получения стационарной одномерной плотности вероятности эргодического процесса на основании обработки одной реализации во времени. Исследовать распределение значений, создаваемых генератором случайных чисел GASDEV.

Количество академических часов – 4.

Тема 2: Спектральное представление случайных процессов

Лабораторная работа № 2. Спектрально-корреляционный анализ случайной последовательности, создаваемой генератором случайных чисел GASDEV.

Цель работы: Ознакомиться с методами расчета корреляционной функции и спектральной плотности мощности случайного процесса. Исследовать корреляционную функцию и спектр мощности последовательности значений, создаваемых генератором случайных чисел GASDEV.

Количество академических часов – 4.

Тема 3: Нормальные процессы и их свойства

Лабораторная работа № 3. Исследование низкочастотного гауссова шума.

Цель работы: Ознакомиться со свойствами низкочастотного гауссова шума, представляющего собой одномерный процесс Орнштейна-Уленбека:

$$\dot{X} + \alpha X = \sqrt{2D}n(t), \quad \alpha < 1,$$

где $n(t)$ -- нормированный источник нормального белого шума, D – константа, задающая интенсивность шума, α -- параметр, управляющий временем корреляции процесса.

Количество академических часов – 4.

Тема 4: Узкополосные случайные процессы

Лабораторная работа № 4. Исследование гармонического гауссова шума.

Цель работы: Ознакомиться со свойствами гармонического гауссова шума, представляющего собой двумерный процесс Орнштейна-Уленбека:

$$\ddot{X} + \alpha \dot{X} + \omega_0^2 X = \sqrt{2D}n(t), \quad \alpha \ll 1,$$

где $n(t)$ -- нормированный источник нормального белого шума, D – константа, задающая интенсивность шума.

Количество академических часов – 4.

Тема 7: Детерминированные преобразования случайных процессов

Лабораторная работа № 5 Нелинейное функциональное преобразование гауссова белого шума.

Цель работы: Исследовать преобразование закона распределения и моментных функций заданного процесса нелинейным функциональным преобразователем.

Лабораторная работа № 6. Нормализация на выходе фильтра.

Цель работы: Исследование явления нормализации случайного процесса на выходе фильтра и условий его реализации.

Количество академических часов –4.

Тема 8: Линейная фильтрация шума

Лабораторная работа № 7. Дискретный фильтр Калмана.

Количество академических часов –4.

Цель работы: Ознакомиться с работой дискретного квазиоптимального фильтра Калмана. Сравнить результаты фильтрации данных при выборке значений с различным шагом. Сравнить численно полученную среднеквадратическую ошибку оценки с теоретической.

Тема 9. Флуктуации в автогенераторе.

Лабораторная работа № 8. Исследование распределения флуктуаций амплитуды и фазы в генераторе Ван дер Поля с аддитивным белым гауссовым шумом.

Цель работы: Исследовать численные решения безразмерных стохастических уравнений зашумленного квазигармонического генератора Ван дер Поля

$$\dot{X} = Y,$$

$$\dot{Y} = (\varepsilon - X^2)Y - X + \sqrt{2D}n(t),$$

где $n(t)$ - нормированный источник нормального белого шума, D – константа, задающая интенсивность шума, ε – параметр, управляющий режимом генерации. Сравнить полученные в результате численных расчетов стационарные распределения амплитуды и фазы с данными приближенной теории. Определить предельную интенсивность шума, для которой выводы теории еще достаточно хорошо соответствуют численным результатам.

Лабораторная работа № 9. Исследование корреляционной функции и спектральной плотности мощности колебаний зашумленного генератора.

Цель работы: Исследовать численные решения безразмерных стохастических уравнений зашумленного квазигармонического генератора Ван дер Поля и сравнить полученные в результате численных расчетов корреляционные функции и спектры мощности с соответствующими характеристиками, рассчитываемыми по формулам, полученным в рамках приближенной теории.

Количество академических часов –4.

Тема 10: Природа шума в радиофизических системах и шумовые характеристики радиоприемных устройств

Лабораторная работа № 10. Численное моделирование дробового шума.

Цель работы: Знакомство со свойствами дробового шума, как флуктуации процесса, задаваемого случайной последовательностью пуассоновских импульсов.

Количество академических часов –4.

Тема 11. Случайные поля и случайные волны.

Лабораторная работа № 11. Моделирование бегущих волн в среде со случайными неоднородностями.

Цель работы: Исследовать влияние случайной неоднородности на распространение волн в одномерной среде и рассчитать статистические характеристики случайных волн.
Количество академических часов – 4.

Лабораторные работы проводятся с использованием методов компьютерного моделирования в вычислительном центре кафедры радиофизики и нелинейной динамики.

4.4. План практических занятий по дисциплине «Статистическая радиофизика» (в объеме 18 часов).

Тема 1: Основные понятия теории случайных процессов

Количество академических часов – 4.

Тема 2: Спектральное представление случайных процессов

Количество академических часов – 2.

Тема 3: Нормальные процессы и их свойства

Количество академических часов – 2.

Тема 5: Импульсные случайные процессы

Количество академических часов – 2.

Тема 7: Детерминированные преобразования случайных процессов

Количество академических часов – 4.

Тема 8: Линейная фильтрация шума

Количество академических часов – 2.

Тема 10: Природа шума в радиофизических системах и шумовые характеристики радиоустройств

Количество академических часов – 2.

Примеры задач для решения на практических занятиях даны в Приложении *Фонд оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине «Статистическая радиофизика»*

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

Программа дисциплины предусматривает чередование образовательного материала, ставящего проблему, с активной и интерактивной формами занятий посредством выполнения системы заданий по анализу лекционного материала.

Общая образовательная схема дисциплины строится по традиционной технологии обучения: сначала учебный материал сжато преподносится студентам лекционным методом, а затем прорабатывается и усваивается в процессе самостоятельной работы. Результаты усвоения проверяются в форме экзамена. Для самостоятельной работы предлагаются задания, требующие чтения специальной литературы и использования возможностей интернета. Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, составляет 20% от общего числа аудиторных занятий по данному курсу. Занятия лекционного типа составляют 40%.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрены следующие меры адаптации рабочей программы:

1. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья допускается обучение, предусматривающее более гибкую систему организации учебных занятий с учетом индивидуальных возможностей обучаемых.

2. Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предполагает активную самостоятельную деятельность: чтение обязательной и дополнительной литературы, реферативную работу, решение задач различного уровня сложности, выполнение лабораторных и практических работ по индивидуальному плану, т. д. Технология адаптивного обучения предполагает осуществление контроля всех видов, в том числе дистанционного.

3. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья допускается выбор мест прохождения учебных и производственных практик, который согласуется с требованием их доступности для данных обучающихся и состоянием здоровья.

4. Обучающиеся инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья обеспечиваются электронными образовательными ресурсами: электронными пособиями, презентациями лекционных курсов, программным обеспечением для реализации компьютерных лабораторных и практических работ. Предусмотрена возможность получения данных средств на университетских и кафедральных сайтах, а также при непосредственном общении с преподавателем по электронной почте.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Важную роль при освоении дисциплины «Статистическая радиофизика» играет самостоятельная работа студентов. Самостоятельная работа способствует:

1. углублению и расширению знаний;
2. формированию интереса к познавательной деятельности;
3. овладению приемами процесса познания;
4. развитию познавательных способностей.

Самостоятельная работа студентов имеет основную цель – обеспечить качество подготовки выпускаемых специалистов в соответствии с требованиями основной образовательной программы по направлению подготовки бакалавров 03.03.03 «Радиофизика».

К самостоятельной работе относятся:

- самостоятельная работа на аудиторных занятиях (лекциях, практических занятиях);
- внеаудиторная самостоятельная работа.

Виды самостоятельной работы студента

Освоение дисциплины «Статистическая радиофизика» предполагает следующие виды самостоятельной работы:

- изучение теоретического материала по конспектам лекций и рекомендованным учебным пособиям, монографической учебной литературе, справочным источникам;
- самостоятельное изучение некоторых теоретических вопросов, выделенных в программе дисциплины, нерассмотренных на лекциях;

Тема 12	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы.	см. раздел 8 «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины»
Итого часов на самостоятельную работу: 54 часа		

Порядок выполнения и формы текущего контроля самостоятельной работы студентов

- предусмотрена еженедельная самостоятельная работа обучающихся по изучению теоретического лекционного материала; контроль выполнения этой работы предусмотрен при проведении тестирования по данной дисциплине;
- самостоятельное изучение некоторых теоретических вопросов, нерассмотренных на лекциях предусматривается по мере изучения соответствующих разделов, контроль выполнения этой самостоятельной работы предусмотрен в рамках зачета по данной дисциплине;
- решение ряда задач, выполнение и письменное оформление заданий теоретического характера, расчетных и графических по всем разделам дисциплины предусмотрено фактически еженедельно по мере формулировки этих заданий на лекциях; контроль выполнения этой самостоятельной работы предусмотрен при завершении изучения дисциплины по представленному в печатном виде отчету по этому виду самостоятельной работы;

Промежуточная аттестация студента осуществляется в соответствии с учебным планом в конце шестого семестра. Итоги обучения оцениваются в форме экзамена

Материалы для текущего контроля успеваемости и средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в Приложении «Фонд оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине».

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1. Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
7	15	20	15	10	0	0	40	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

7 семестр

Лекции

Посещаемость, опрос, активность и др. за один семестр – от 0 до 15 баллов.

Критерии оценки:

- не более 50% от числа занятий в семестре – 0 баллов,
- от 51% до 60% – 1-3 балла;
- от 61% до 70% – 4-7 балла;
- от 71% до 80% – 8-10 баллов;
- от 81% до 90% – 11-14 баллов;
- не менее 91% занятий – 15 баллов.

Лабораторные занятия

от 0 до 20 баллов.

Критерии оценки:

Работа в аудитории – 0-10 баллов

Подготовка отчетов – 0-10 баллов

Практические занятия

от 0 до 15 баллов.

Критерии оценки:

Работа в аудитории – 0-5 баллов

Выполнение домашних заданий – 0-5 баллов

Выполнение контрольных тестов – 0-5 баллов

Самостоятельная работа

от 0 до 10 баллов.

Критерии оценки:

Решение заданий для самоконтроля – 0-10 баллов

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено

Другие виды учебной деятельности

Не предусмотрены

Промежуточная аттестация

35-40 баллов – ответ на «отлично»

30-34 баллов – ответ на «хорошо»

25-29 баллов – ответ на «удовлетворительно»

0-24 баллов – «не удовлетворительно»

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 7 семестр по дисциплине «Статистическая радиофизика» составляет 100 баллов.

Таблица 2. Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Статистическая радиофизика» в оценку:

85-100 баллов	«отлично»
70-84 баллов	«хорошо»
50-69 баллов	«удовлетворительно»
0-49 баллов	«не удовлетворительно»

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Статистическая радиофизика»

а) Основная литература:

1. Хохлов А.В., Шабунин А.В., Вадивасова Т.Е. Сигналы. Методы описания, модели, информационные возможности (уч. пособие для студентов и аспирантов физических специальностей университетов). – Изд-во Сарат. ун-та., Саратов, 2011. (В НБ СГУ – 35 экз.)
2. Астахов В.В., Вадивасова Т.Е., Хохлов А.В. Радиофизика. Задачи и упражнения: Учебное пособие. - Саратов. Изд-во Сарат. ун-та, 2008. (В НБ СГУ – 101 экз.)
3. Ахманов, С. А. Статистическая радиофизика и оптика. Случайные колебания и волны в линейных системах [Электронный ресурс] : учебное пособие. -- Москва : Физматлит, 2010. <http://www.iprbookshop.ru/12935>
4. Стратонович, Р. Л. Случайные процессы в динамических системах [Электронный ресурс] Учебное пособие. -- Москва-Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2009. <http://www.iprbookshop.ru/17654>

б) Дополнительная литература:

5. Шахтарин Б.И. Случайные процессы в радиотехнике Т.1. Линейные преобразования. Т.2 Нелинейные преобразования. – М.: Гелиос АРВ, 2006. (В НБ СГУ – 10 экз. (Т.1))
6. Розанов Ю. А. Лекции по теории вероятностей. Физтеховский учебник, 3-е изд. - Долгопрудный : Интеллект, 2008. (В НБ СГУ -- 12 экз.)
7. Миллер Б. М., Панкратов А.Р. Теория случайных процессов в примерах и задачах. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2007. (В НБ СГУ -- 27 экз.)
8. Анищенко В.С. Введение в статистическую радиофизику. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та. Часть 1, 1979 (1 экз.). Часть 2, 1983 (В НБ СГУ -- 1 экз.).
9. Анищенко В.С., Вадивасова Т.Е. Лекции по статистической радиофизике. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1992 (В НБ СГУ -- 1 экз.).
10. Захаров В.Е. Основы статистической радиофизики . Учеб. пособ.. - Калининград : Б. и., 1997. (В НБ СГУ -- 1 экз.)

в) Рекомендуемая литература:

11. Рытов С.М. Введение в статистическую радиофизику. Часть I Случайные процессы. – М.: Наука, 1976; «Оникс», 2012.
12. Рытов С.М., Кравцов Ю.А., Татарский В.И. Введение в статистическую радиофизику. Часть II Случайные поля. – М.: Наука, 1978.
13. Тихонов В.И., Харисов В.Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. --М.: Радио и связь, 2004.
14. Букенгем М. Шумы в электронных приборах и системах. – М.: Мир, 1986.
15. Ван дер Зил А. Шум: Источники, описание, измерение. -- М.: Сов. радио, 1973.

г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Сайт СГУ (система управления электронными образовательными ресурсами Moodle) <http://course.sgu.ru>
2. Электронная библиотека <http://library.sgu.ru>.
3. Научно-образовательный интернет-портал кафедры радиофизики и нелинейной динамики СГУ (электронные версии учебных пособий, подготовленных сотрудниками кафедры) <http://chaos.sgu.ru>
4. Электронный ресурс <http://www.iprbookshop.ru>

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Статистическая радиофизика»

- Компьютерный класс кафедры радиофизики и нелинейной динамики (ауд. 52 3-го учебного корпуса).
- Помещения соответствующие действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности и охраны труда при проведении учебных и научно-исследовательских работ.
- Персональные ЭВМ, объединенные в локальную сеть и с выходом в Интернет.
- Электронные презентации лекций.
- Мультимедиапроектор.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки «03.03.03 Радиофизика», профили «Информационные технологии и компьютерное моделирование в радиофизике», «Информационные технологии в системах радиосвязи».

Автор:

д.ф.-м.н., профессор кафедры
радиофизики и нелинейной динамики

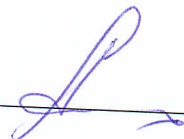


Вадивасова Т.Е.

Программа разработана в 2011г. (одобрена на заседании кафедры радиофизики и нелинейной динамики, протокол №11, от 23 мая 2011 г.)

Программа актуализирована в 2016г. (одобрена на заседании кафедры радиофизики и нелинейной динамики, протокол №7 от 14 марта 2016 года)

Зав. кафедрой радиофизики и нелинейной динамики
д.ф.-м.н., профессор



Анищенко В.С.

Декан физического факультета
д.ф.-м.н., профессор



Аникин В.М.