


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
 ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
 ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Утверждено:  
 на заседании кафедры  
 протокол от «23» мая 2019 г. № 7

Согласовано:  
 Председатель УМК факультета /института

Зав. кафедрой Бахтизин Р.З. /  \_\_\_\_\_

Балапанов М.Х. /  \_\_\_\_\_

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**  
**дисциплина «Статистическая радиофизика»**  
*(наименование дисциплины)*

\_\_\_\_\_ базовая \_\_\_\_\_  
*(Цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору))*

**Программа бакалавриата**

Направление подготовки (специальность)


**03.03.03 Радиофизика**  
*код и наименование направления подготовки (специальности)*

Направленность (профиль) подготовки:

**«Цифровые технологии обработки информации»**

Квалификация:

бакалавр

Разработчик (составитель) профессор, д.ф.-м.н., профессор _____ <i>(должность, ученая степень, ученое звание)</i>	 _____ /_Гоц С.С. <i>(подпись, Фамилия И.О.)</i>
--	--

Для приема: 2019 г.

Уфа 2019 г.

2

Составитель (составители)

Гоц С.С.

## Список документов и материалов (оглавление)

1. Перечень планируемых результатов обучения дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы;	5
3. Содержание рабочей программы 3.1. Объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся (Приложение А) 3.2. Список вопросов по курсу "Статистическая радиофизика" 3.3. Темы лабораторных работ по курсу "Статистическая радиофизика"	6
4. Фонд оценочных средств по дисциплине;	9
4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы..... . Тесты контроля качества усвоения дисциплины	
4.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	
4.4. Рейтинг-план дисциплины (Приложение Б)	
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины. 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины; 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" (далее - сеть «Интернет») и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины ;	18
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине 6.1 Учебно-лабораторное оборудование 6.2 Технические и электронные средства обучения и контроля знаний студентов 6.3. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)	20
Приложение А. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)	23
Приложение Б. Рейтинг-план дисциплины «Статистическая радиофизика»	27
Приложение В. Пример оформления отчетов по РГР	28

## 1. Перечень планируемых результатов обучения дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы (с ориентацией на карты компетенций)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки:

**ОПК–1** способностью к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности.

**ОПК-2** – способностью самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии.

Результаты обучения		Формируемые компетенции с указанием кода	Примечания
<b>Знания.</b> Необходимо знать:	Математические методы описания, расчетов и измерения физических характеристик сигналов, помех, флуктуационных процессов в физических системах	<b>ОПК-1</b>	Кроме статистической физики изучаемые вопросы входят в компетенцию дисциплин модулей «Математика», «Общая физика», «Теоретическая физика»
	Аналоговые и цифровые методы получения и обработки сигналов и измерительной информации в радиофизических системах	<b>ОПК-1</b>	
	Перспективы развития статистической радиофизики	<b>ОПК-2</b>	
<b>Умения</b>	Осуществлять математическое и компьютерное моделирование случайных процессов, сигналов, помех, каналов связи	<b>ОПК-1</b>	Кроме статистической физики изучаемые вопросы входят в компетенцию дисциплин модулей «Математика», «Общая физика», «Теоретическая физика»
	Выполнять расчеты основных статистических характеристик случайных процессов на основе теории вероятностей и статистических методов	<b>ОПК-1</b>	
	Выполнять количественную и качественную оценку шумовых характеристик радиофизических систем	<b>ОПК-1</b>	
	Рассчитывать с помощью аналитических и численных методов статистические характеристики случайных полей	<b>ОПК-2</b>	
<b>Владения</b> (навыки, опыт деятельности)	Навыками составления компьютерных программ в объеме, достаточном для реализации математических моделей стохастических сигналов, помех, линейных и нелинейных преобразований сигналов	<b>ОПК-2</b>	Кроме статистической физики изучаемые вопросы входят в компетенцию дисциплин модулей «Математика», «Общая физика», «Теоретическая физика»
	Навыками компьютерных расчетов статистических, корреляционных и спектральных характеристик случайных процессов	<b>ОПК-1</b>	
	Методами решения математических задач по исследованию случайных процессов	<b>ОПК-1</b>	
	Навыками проведения экспериментальных исследований случайных процессов и случайных полей в радиофизических системах	<b>ОПК-1</b>	

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы и цель ее изучения.

Дисциплина «Статистическая радиофизика» входит в базовую часть блока 1 дисциплин ФГОС для подготовки бакалавров направления 03.03.03 «Радиофизика» по профилю «Цифровые технологии обработки информации». В учебном плане дисциплине «Статистическая радиофизика» присвоен индекс Б1.Б.22.

Дисциплина изучается на 3 курсе в 6 семестре.

Теоретической базой для успешного освоения курса «Статистическая радиофизика» являются основные сведения из естественнонаучных дисциплин: математики, информатики, физики, дискретной математики, теории вероятностей и математической статистики, теории электрических цепей, электроники, аналоговой и цифровой схемотехники.

Целью преподавания дисциплины «Статистическая радиофизика» является изучение статистических методов описания и расчетов случайных процессов в радиотехнических и физических системах. Указанная подготовка студентов должна обеспечивать понимание основ теории информации, статистических методов описания и расчетов случайных процессов и случайных полей, принципов статистической теории связи, основ построения, работы и путей совершенствования современных цифровых измерительных систем.

В результате изучения дисциплины «Статистическая радиофизика» у студентов должны сформироваться знания, навыки и умения, позволяющие проводить математический анализ случайных процессов в радиофизических устройствах формирования, преобразования и обработки сигналов, оценивать реальные и предельные возможности статистических, корреляционных и спектральных характеристик радиофизических систем.

Основными задачами освоения дисциплины «Статистическая радиофизика» является следующее:

- Знакомство с основными методами математического описания сигналов с различной степенью стохастичности;
- Изучение аналоговых и цифровых методов измерения статистических, корреляционных и спектральных характеристик случайных процессов;
- Изучение основных видов флуктуационных процессов в физических системах (тепловой, дробовой, генерационно-рекомбинационный, фликкер-шум);
- Изучение методов математического описания и исследования случайных полей;

Приступая к изучению курса «Статистическая радиофизика», студенты должны свободно владеть основными понятиями и методами теории линейных и нелинейных электрических цепей, теории вероятностей, математического анализа, линейной алгебры, комбинаторики, информатики и вычислительной техники. Приступая к выполнению лабораторных занятий по курсу «Статистическая радиофизика», студенты должны свободно владеть практическими навыками работы на современных персональных компьютерах в среде Linux, Windows, Office, должны знать хотя бы два алгоритмических языка высокого уровня (Pascal, Delphi, Basic, C++, ...), иметь навыки работы с электро- и радиоизмерительными приборами.

### **3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся) Приложение А.**

#### **3.1. Объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся. Приложение А.**

#### **3.2. Список вопросов по курсу «Статистическая радиофизика»**

1. Основные задачи, решаемые в рамках статистической радиофизики. Специфика статистических методов описания случайных процессов.
2. Регулярные и случайные процессы. Детерминированный хаос. Степень стохастичности. Особенности математического описания, моделирования и экспериментального исследования физических процессов с различной степенью стохастичности.
3. Ансамбль реализаций случайных процессов. Описание случайных процессов с помощью одномерной функции распределения.
4. Аналоговые методы измерения одномерной функции распределения. Метод осциллографа измерения ОФР.
5. Цифровые методы измерения одномерной функции распределения. Многоканальные статистические анализаторы сигналов. Пример программы для измерения одномерной функции распределения на основе автоматизированной экспериментальной установки.
6. Среднее значение. Флуктуация. Центрированные случайные процессы. Практические методы центрирования случайных процессов в радиотехнике и радиофизике.
7. Статистические моменты. Центральные статистические моменты. Эквивалентность описания случайных процессов с помощью статистических моментов и функции распределения.
8. Статистическое оценивание. Несмещенные и состоятельные оценки. Формулы, корректирующие смещенность оценок моментных функций первых четырех порядков для БГШ. Проблемы оценки статистических моментов для низкочастотных случайных процессов.
9. Статистическое усреднение и усреднение во времени. Эргодичность случайных процессов. Необходимое и достаточное условия эргодичности. Использование эргодичности.
10. Характеристическая функция (ХФ) и ее физический смысл. Эквивалентность описания случайных процессов с помощью ХФ и функции распределения.
11. Кумулянты. Физический смысл кумулянтных коэффициентов первых четырех порядков. Примеры случайных процессов, имеющих нулевые, положительные и отрицательные коэффициенты асимметрии и эксцесса.
12. Пример компьютерной программы для вычисления в реальном масштабе времени кумулянтных коэффициентов первых четырех порядков.
13. Гауссовский закон распределения. Сумма независимых случайных величин. Центральная предельная теорема. Особенности выполнимости условий центральной предельной теоремы в современных микро- и наноэлектронных приборах.
14. Стохастические уравнения. Уравнение Фоккера-Планка для одномерной функции распределения.
15. Обнаружение сигнала на фоне аддитивного гауссовского шума. Радиометры.
16. Двумерная функция распределения. Методы измерения ДФР для стационарных случайных процессов. ДФР стационарного гауссовского случайного процесса.
17. Ковариационная функция. Взаимная корреляционная и автокорреляционная функция (ВКФ и АКФ). Аналоговые методы измерения коэффициента корреляции, ВКФ и АКФ.
18. Алгоритм и программа для вычисления корреляционной функции методом некоррелированных выборок.
19. Алгоритм и пример программы для вычисления корреляционной функции методом сильно коррелированных выборок.

20. Спектральный анализ стационарных случайных процессов. Спектральная плотность мощности и ее физический смысл.
21. Связь между АКФ и спектральной плотностью мощности. Теорема Винера-Хинчина. Связь между временем корреляции и шириной спектра. Модель  $\delta$ -коррелированного шума.
22. Аналоговые методы измерения спектральной плотности мощности. Анализаторы параллельного и последовательного действия.
23. Фурье-методы спектрального анализа случайных процессов. Дискретное преобразование Фурье. Быстрое преобразование Фурье. Пример программы, реализующей ДПФ.
24. Дробовой шум. Теорема Шоттки для дробового шума. Дробовой шум в нелинейных электрических цепях. Дробовой шум в вакуумных эмиссионных приборах на высоких частотах. Депрессия дробового шума.
25. Тепловой шум. Теорема Найквиста в классическом и квантово-механическом приближениях. Примеры расчета тепловых шумов в радиотехнических устройствах.
26. Связь между диссипацией энергии и мощностью теплового шума. Флуктуационно-диссипационная теорема. Тепловой шум в нелинейных электрических цепях.
27. Эквивалентная шумовая температура. Коэффициент шума. Методы оценки эквивалентной температуры и коэффициента шума (на примере дробового шума вакуумного или полупроводникового диода).
28. Флуктуации числа носителей в полупроводниковых материалах. Генерационно-рекомбинационный шум. Использование шумовой спектроскопии для определения динамических и энергетических характеристик полупроводниковых материалов.
29. Проблемы интерпретации природы шума в полупроводниковых материалах. Флуктуации подвижности носителей заряда в полупроводниковых материалах.
30. Фликкер-шум. Основные свойства фликкер-шума. Механизмы возникновения ФШ.
31. Эмпирическая формула Нооге. Понятие об элементарных флуктуациях. Механизм возникновения элементарных НЧ флуктуаций в различных природных системах.
32. Теория некрatного интегрирования, объясняющая возникновение случайных процессов со спектром  $1/f$ . Радиотехнические и математические методы реализации некрatного интегрирования.
33. Теория двухуровневого и многоуровневого случайного сигнала. АКФ и СПМ многоуровневого случайного сигнала.
34. Случайные поля. Описание структуры поверхностей и межфазовых границ с позиции теории случайных полей.
35. Математическое описание и моделирование профилей случайных полей, сочетающих в себе регулярные и нерегулярные составляющие.
36. Математическое моделирование поверхностей двухфазных хаотических структур.
37. Описание случайных полей с помощью пространственно-корреляционных функций.
38. Математическая обработка профилей случайных полей с помощью одномерного и двумерного преобразования Фурье.

### 3.3. Темы лабораторных работ

1. Изучение алгоритмов вычисления одномерной функции распределения случайных процессов (ОФР).

- а) Различные методы программной реализации вычисления ОФР.
- б) Программа для измерения ОФР с предварительным накоплением информации;
- в) ОФР гармонического сигнала, принятого с АЦП и в реальном масштабе времени).
- г) Методы генерирования случайных чисел с различными ОФР (равномерной, гауссовской, бинарный, гармонический, нелинейный, марковский).

2. Изучение алгоритмов вычисления кумулянтных коэффициентов.

- а) программная реализация измерения кумулянтных коэффициентов сигнала, принятого с АЦП;
- б) моделирование случайных процессов с нулевым, положительным и отрицательным коэффициентами эксцесса.

3. Изучение алгоритмов и программной реализации измерения автокорреляционной функции случайных процессов.

- а) метод некоррелированных выборок вычисления АКФ;
- б) метод сильнокоррелированных выборок вычисления АКФ.

4. Изучение алгоритмов и программной реализации цифровых методов измерения спектральной плотности мощности случайных процессов.

- а) реализация программы измерения СПМ шума на основе алгоритма ДПФ;
- б) реализация программы измерения СПМ шума на основе алгоритма БПФ

5. Изучение программной реализации алгоритмов измерения двумерной функции распределения (ДФР) случайных процессов.

Методы генерирования гауссовского шума с заданными динамическими характеристиками. Проверка центральной предельной теоремы.

Программная реализация построения трехмерных графических изображений.

ДФР безынерционного гауссовского и  $m$ -связного Марковского случайного процесса с различными задержками по базовому времени  $\tau$  между аргументами ДФР.

6. Исследование спектральной плотности мощности и АКФ двухуровневого псевдослучайного сигнала

- программа для генерирования двухуровневого псевдослучайного сигнала;
- исследование АКФ двухуровневого псевдослучайного сигнала;
- исследование СПМ двухуровневого псевдослучайного сигнала;



#### 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Формирование компетенции **ОПК-1** – Способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности.

Этап, уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения (по пятибалльной системе)			
		2 (Неудовлетворительно)	3 (Удовлетворительно)	4 (Хорошо)	5 (Отлично)
Первый этап  (знания)	Знать: 1. Математические методы описания, расчетов и измерения физических характеристик сигналов, помех, флуктуационных процессов в физических системах 2. Аналоговые и цифровые методы получения и обработки сигналов и измерительной информации в радиофизических системах	Показывает полное незнание материала или имеет фрагментарные знания небольшой части материала, допускает грубые ошибки	Имеет значительные пробелы в знаниях, допускает существенные ошибки в ответах	Знает почти всё, допускает незначительные ошибки в ответах	В совершенстве знает: весь материал по программе дисциплины
Второй этап  (умения)	Уметь: 1. Осуществлять математическое и компьютерное моделирование случайных процессов, сигналов, помех, каналов связи 2. Выполнять количественную и качественную оценку шумовых характеристик радиофизических систем 3. Выполнять расчеты основных статистических характеристик случайных процессов на основе теории вероятностей и статистических методов	Не умеет:	Умеет, но допускает значительные ошибки, неточности.	Умеет, допускает незначительные ошибки, малозначительные неточности.	Умеет в совершенстве.
Третий этап  (владение навыками)	Владеть: 1. Навыками компьютерных расчетов статистических, корреляционных и спектральных характеристик случайных процессов. 2. Методами решения математических задач по исследованию случайных процессов. 3. Навыками проведения экспериментальных исследований случайных процессов и случайных полей в радиофизических системах	Практически не владеет	Владеет слабо, допускает значительные ошибки	Владеет, допускает незначительные ошибки	Владеет в совершенстве

Формирование компетенции **ОПК-2** – способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии.

Этап, уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения (по пятибалльной системе)			
		2 (неудовлетворительно)	3 (удовлетворительно)	4 (хорошо)	5 (Отлично)
Первый этап (знания)	Знать: Перспективы развития статистической радиофизики	Показывает полное незнание, непонимание материала или имеет фрагментарные знания небольшой части материала, допускает грубые ошибки	Имеет значительные пробелы в знаниях, допускает существенные ошибки в ответах	Знает почти всё, допускает незначительные ошибки в ответах	В совершенстве знает: весь материал по программе дисциплины
Второй этап (умения)	Уметь: Рассчитывать с помощью аналитических и численных методов статистические характеристики случайных полей	Не умеет:	Умеет, но допускает значительные ошибки, неточности.	Умеет, допускает незначительные ошибки, малозначительные неточности.	Умеет в совершенстве.
Третий этап (владения навыками)	Владеть: Навыками составления компьютерных программ в объеме, достаточном для реализации математических моделей стохастических сигналов, помех, линейных и нелинейных преобразований сигналов	Практически не владеет	Владеет слабо, допускает значительные ошибки	Владеет, допускает незначительные ошибки	Владеет в совершенстве

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10 баллов) и за ответы обучаемого на экзамене – максимум 30 баллов.

Шкала перевода баллов рейтинга в пятибалльную шкалу итоговой оценки по дисциплине:

- от 0 до 44 баллов – «неудовлетворительно»
- от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;
- от 60 до 79 баллов – «хорошо»;
- от 80 до 110 баллов – «отлично».

**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы Формирование компетенций ОПК-1, ОПК-2.**

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенции	Оценочные средства
1-й этап  <b>Знания.</b> Необходимо знать:	Знать математические методы описания, расчетов и измерения физических характеристик сигналов, помех, флуктуационных процессов в физических системах	<b>ОПК-1</b>	Проверка конспектов по списку вопросов п.п.3.2, Тест (дополнительно)  Изучение теоретического материала по описаниям лабораторных работ и РГР
	Знать аналоговые и цифровые методы получения и обработки сигналов и измерительной информации в радиофизических системах	<b>ОПК-1</b>	
	Знать перспективы развития статистической радиофизики	<b>ОПК-2</b>	
2-й этап  Умения	Уметь осуществлять математическое и компьютерное моделирование случайных процессов, сигналов, помех, каналов связи	<b>ОПК-1</b>	Собеседование по конспектам по списку вопросов п.п.3.2  Составление и отладка компьютерных программ по списку заданий лабораторных работ № 1-6  Выполнение заданий по РГР
	Уметь выполнять расчеты основных статистических характеристик случайных процессов на основе теории вероятностей и статистических методов	<b>ОПК-1</b>	
	Уметь выполнять количественную и качественную оценку шумовых характеристик радиофизических систем	<b>ОПК-1</b>	
	Уметь рассчитывать с помощью аналитических и численных методов статистические характеристики случайных полей	<b>ОПК-2</b>	
3-й этап  Владения навыками	Владение навыками составления компьютерных программ в объеме, достаточном для реализации математических моделей стохастических сигналов, помех, линейных и нелинейных преобразований сигналов	<b>ОПК-2</b>	Коллоквиум по списку вопросов п.п.3.2  Проведение статистических расчетов согласно заданиям лабораторных работ № 1 – 6  Составление отчетов по РГР
	Владение навыками компьютерных расчетов статистических, корреляционных и спектральных характеристик случайных процессов	<b>ОПК-1</b>	
	Владение методами решения математических задач по исследованию случайных процессов	<b>ОПК-1</b>	
	Владение навыками проведения экспериментальных исследований случайных процессов и случайных полей в радиофизических системах	<b>ОПК-1</b>	

Примечание. Описания лабораторных работ № 1 – 6 доступны студентам в виде файлов на каждом из 12-ти компьютеров к.316. Описания обновляются несколько раз за каждый семестр.

### Тесты контроля качества усвоения дисциплины

1. В радиофизике процессом называют
  1. Превращение энергии из одной формы в другую;
  2. Зависимость какой-либо характеристики от времени;
  3. Зависимость какой-либо характеристики от пространственных координат;
  4. Передачу информации по каналам связи.
  5. Кодирование измерительной информации
2. Хаотическими называют процессы, которые
  1. Характеризуют нарушение физических законов;
  2. Лишены каких-либо закономерностей изменения во времени;
  3. Имеют признаки случайного и детерминированного изменения во времени;
  4. Имеют признаки случайного и детерминированного изменения в пространстве;
  5. Хаотично распределены в пространстве и времени.
3. Автокорреляционная функция необходима для описания
  1. Формы сигналов;
  2. Длительности фронтов импульсных сигналов;
  3. Периодов повторения импульсов;
  4. Частотных характеристик сигналов;
  5. Взаимосвязи изменений сигнала в различные моменты времени.
4. Спектральная плотность мощности характеризует
  1. Статистическое распределение интенсивности флуктуаций;
  2. Мощность флуктуаций тока или напряжения, приходящуюся на единицу частотного диапазона и определенную на участке цепи в 1 Ом;
  3. Мощность флуктуаций сопротивления, определенную на участке цепи в 1 Ом;
  4. Интенсивность относительных флуктуаций тока в цепи;
  5. Амплитуду квадратурных спектральных компонент флуктуаций тока
5. Теорема Винера-Хинчина устанавливает связь между
  1. Дисперсией и спектральной плотностью мощности;
  2. Автокорреляционной функцией и дисперсией;
  3. Характеристической функцией и функцией распределения;
  4. Спектральной плотностью мощности и автокорреляционной функцией;
  5. Спектральной плотностью и автокорреляционной функцией;
6. Джиттер в цифровых системах обработки сигналов означает
  1. Флуктуации частоты и фазы отсчетных значений сигнала;
  2. Флуктуации амплитуды отсчетных значений сигнала;
  3. Нестабильность во времени спектральных характеристик сигнала;
  4. Нестабильности, связанные с потерей устойчивости системы управления;
  5. Случайные задержки во времени передачи пакетов данных.
7. Эффект частотола в цифровых системах обработки сигналов характеризует
  1. Погрешность измерения спектральных компонент по частоте;
  2. Особенности передачи сигнала по уровню;
  3. Особенности передачи сигнала по фазе;
  4. Нестабильности передачи во времени, связанные с потерей устойчивости систем управления;
  5. Задержки во времени передачи данных.

8. В цифровых системах обработки сигналов элайзинг связан
  1. С квантованием сигнала по уровню;
  2. С аддитивными помехами;
  3. С наличием замираний сигналов в каналах связи;
  4. С квантованием сигнала во времени;
  5. С мультипликативными помехами.
9. Для подавления элайзинга в цифровых системах обработки сигналов необходимо
  1. Правильно выбирать методы кодирования сигналов;
  2. Правильно выбирать разрядность АЦП и ЦАП;
  3. Правильно согласовывать частоту дискретизации сигналов во времени со спектром сигналов;
  4. Использовать гальванические развязки на приемной и передающей стороне;
  5. Использовать помехоустойчивое кодирование.
10. Для уменьшения шумов квантования необходимо
  1. Применять неравномерное кодирование;
  2. Правильно выбирать разрядность АЦП и ЦАП;
  3. Правильно согласовывать частоту дискретизации сигналов во времени со спектром сигналов;
  4. Использовать равномерное кодирование;
  5. Использовать экономное кодирование.
11. При цифровой обработке сигналов шумы квантования приводят к ухудшению
  1. Амплитудно-частотных характеристик по нижней граничной частоте;
  2. Фазово-частотных характеристик по дискретности изменения фазы;
  3. Динамического диапазона обработки сигналов;
  4. Нелинейных искажений сигналов;
  5. Быстродействия обработки сигналов.
12. Для уменьшения краевых искажений необходимо
  1. Применять выделяющие временные оконные функции;
  2. Увеличить частоту дискретизации;
  3. Уменьшить частоту дискретизации;
  4. Использовать равномерное кодирование;
  5. Фиксировать частоту дискретизации.
13. Для уменьшения апертурных искажений необходимо
  1. Применять выделяющие временные оконные функции;
  2. Увеличить частоту дискретизации;
  3. Уменьшить время одной выборки при дискретизации во времени;
  4. Использовать равномерное кодирование;
  5. Фиксировать частоту дискретизации.
14. В цифровых фильтрах для задержки сигналов во времени используют
  1. Ультразвуковые линии задержки;
  2. Линии задержки, выполненные на основе волноводов;
  3. Запоминание во времени отсчетных значений;
  4. Кодирование информации;
  5. Устройства выборки и хранения.
15. Порядок цифрового фильтра определяется
  1. Порядком производных, используемых для описания сигналов в процессе фильтрации;
  2. Числом операций дифференцирования сигналов;
  3. Числом операций интегрирования;
  4. Числом элементов задержки во времени;
  5. Длительностями времен задержки сигналов.

16. Согласно теореме Котельникова для точного восстановления непрерывного сигнала с ограниченным спектром по его отсчетным значениям необходимо

1. Запоминать предыдущее отсчетное значение до появления следующего значения;
2. Использовать линейную интерполяцию сигнала по его отсчетным значениям;
3. Использовать полиномы высокого порядка, рассчитанные на основе отсчетных значений;
4. Использовать экстраполяторы сигнала;
5. Пропустить отсчетные значения через фильтр нижних частот с частотой среза, согласованной с частотой дискретизации сигнала.

17. В цифровых информационно-измерительных системах приборные интерфейсы выполняют функцию

1. Цифровой обработки сигналов;
2. Цифровой обработки дискретных последовательностей отсчетных значений;
3. Согласующих устройств микропроцессора с измерительными преобразователями;
4. Ввода-вывода информации;
5. Роль элементов задержки при цифровой фильтрации.

18. В информационно-измерительных системах дешифраторы адреса внешних устройств позволяют:

1. выборочно одновременно обращаться к функционально одинаковым внешним устройствам;
2. выборочно одновременно обращаться к функционально разным внешним устройствам;
3. выборочно последовательно обращаться к функционально одинаковым внешним устройствам;
4. выборочно последовательно обращаться к функционально разным внешним устройствам;
5. выборочно последовательно обращаться к внешним устройствам независимо от их функционального назначения.

19. При цифровой обработке сигналов повторная дискретизация сигналов по времени и по уровню

1. Улучшает АЧХ каналов связи;
2. Позволяет очистить сигнал от шумов;
3. Устраняет флуктуации фазы спектральных составляющих;
4. Увеличивает искажения сигналов;
5. Уменьшает нелинейные искажения сигналов.

20. В АЦП и ЦАП дифференциальные нелинейности

1. Обычно отсутствуют;
2. Пропорциональны числу двоичных разрядов;
3. Обратны пропорциональны числу двоичных разрядов;
4. Связаны с постоянством периода дискретизации;
5. Связаны с постоянством высоты ступенек квантования сигналов по уровню.

### **4.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Модульно-рейтинговая система обучения и оценки успеваемости студентов представляет собой комплексную систему поэтапного оценивания уровня освоения дисциплин основной образовательной программы по направлению (специальности) высшего образования, при которой осуществляется структурирование содержания каждой учебной дисциплины на модули и проводится регулярная оценка знаний и умений студентов в течение семестра. При рейтинговой системе все знания, умения и навыки, приобретаемые студентами в процессе изучения дисциплины, оцениваются в рейтинговых баллах по 100-бальной шкале.

В ходе освоения дисциплины предусмотрена текущая, промежуточная и итоговая аттестация. Все виды контроля усвоения дисциплины проводятся по модульно-рейтинговой системе согласно Положению о модульно-рейтинговой системе обучения и оценки успеваемости студентов.

**Текущий контроль** - это контроль над всеми видами аудиторной и внеаудиторной работы студентов по данному дисциплинарному модулю, результаты которой оцениваются до рубежного контроля.

Каждый модуль предусматривает от трех до пяти этапов текущего контроля. Список вопросов, задач или заданий по каждому этапу текущего контроля доводится до студентов заранее в устной форме и на электронных носителях. Успешное выполнение каждого задания оценивается в 1 балл.

Текущий контроль по лабораторным занятиям проводится в виде отметки о выполнении работы (1 балл), предоставлении отчета по работе (1 балл), защиты отчета по лабораторной работе (3 балла).

**Рубежный контроль** – проверка полноты знаний, умений и навыков по материалу модуля в целом.

Рубежный контроль проводится в форме коллоквиума или собеседования. К собеседованию студенты готовят развернутые планы ответов по списку вопросов. Вопросы охватывают материал целого модуля и также включают темы лекционных занятий, лабораторных работ, практических занятий и самостоятельной работы.

По результатам текущего и рубежного контроля по каждому модулю рассчитывается суммарный балл промежуточного контроля. Для допуска к итоговому контролю (экзамену) студент должен набрать не менее 35 баллов.

**Итоговый контроль** – форма контроля, проводимая по завершении изучения дисциплины в семестре.

Итоговый контроль по дисциплине «Статистическая радиофизика» проводится во время сессии в шестом семестре в форме экзамена по теоретическому материалу.

Структура экзаменационного билета:

Билет состоит из двух теоретических вопросов. Вопросы к экзамену приведены в разделе 3.2. РПД.

**Образец экзаменационного билета:**

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет»  
Физико-технический институт

Кафедра физической электроники и нанофизики

Экзаменационный билет № XX

По дисциплине «Статистическая радиофизика»

1. Статистические моменты. Центральные статистические моменты. Эквивалентность описания случайных процессов с помощью статистических моментов и функции распределения.
2. Флуктуации числа носителей в полупроводниковых материалах. Генерационно-рекомбинационный шум. Использование шумовой спектроскопии для определения динамических и энергетических характеристик полупроводниковых материалов.

«Утверждаю»

Зав. кафедрой ФЭиН, профессор



Р.З.Бахтизин

Примерные вопросы для экзамена приведены в п.п. 3.2.

**Критерии оценки итогового контроля.**

При приеме экзамена используется 30-бальная система оценок.

**При ответе на два основных вопроса выставляется:****(15-20 баллов)**

Ответы на вопросы должны показать глубокие, прочные знания студента. Ответ должен быть логичным и доказательным. Студенту необходимо знать основные понятия, термины, развернутые определения, использовать современные данные науки. Студент должен устанавливать причинно-следственные связи, применять знания в новой ситуации. Студент должен продемонстрировать умение делать аргументированные выводы.

**(9-14 баллов)**

Ответы студента должны показать глубокие, прочные знания. Ответы должны быть логичными и доказательными. Студенту необходимо знать основные понятия, термины, развернутые определения, использовать данные современной науки. Студенту необходимо устанавливать причинно-следственные связи, излагать материал с учетом принципов объективности и научности. В ответе допускаются отдельные несущественные неточности.

**(3-8 баллов)**

Ответ на вопросы должен показать знания поставленных вопросов. Необходимо знать основные понятия, термины, развернутые определения, фактический материал, использовать данные современной науки. В ответе могут допускаться существенные ошибки и неточности.

**(1-2 балла)**



Ответы на поставленные вопросы не соответствуют их содержанию или минимальной полноте изложения основных понятий, терминов, определений, примеров реализации. Студент не умеет составлять и анализировать схемы, применяемые в системах связи, устанавливать причинно-следственные связи, излагать материал с учетом принципов научности и объективности, анализировать указанные источники. Ответ студента не соответствует вопросу, а так же при отсутствии ответа и при отказе от ответа.

**За ответ на каждый дополнительный вопрос на экзамене выставляется:**

- 5 баллов, если студент дал исчерпывающе полный и правильный ответ;
- 4 балла, если ответ верен, но дан не в полном объеме учебной программы, или содержит незначительные ошибки;
- 1-3 балла, если ответ на вопрос дан, но содержит серьезные ошибки или большие пробелы в изложении;
- 0 баллов, если студент не ответил или ответил в корне неверно.

Дополнительные вопросы задаются студенту после ответа на вопросы билета.

#### Примеры дополнительных вопросов

1. Определение автокорреляционной функции.
2. Определение взаимной корреляционной функции.
3. Физический смысл спектральной плотности мощности.
4. Математическое выражение для усреднения по времени.
5. Математическое выражение для статистического усреднения.
6. Аналоговые методы центрирования процессов.
7. Цифровые методы центрирования процессов.
8. Формула для вычисления дисперсии.
9. Формула для вычисления спектральной плотности в области комплексных чисел.
10. Формулы для вычисления спектральной плотности мощности в области действительных чисел.
11. Принцип вычисления одномерной функции распределения.
12. Формула для вычисления коэффициента асимметрии.
13. Формула для вычисления коэффициента эксцесса.
14. Формула Шоттки для СПМ дробового Шума.
15. Формулы Найквиста для СПМ теплового шума.

При использовании модульно-рейтинговой системы обучения и оценки успеваемости студентов итоговая оценка знаний студента по дисциплине производится по сумме баллов, полученных в рамках текущего, рубежного и итогового контроля знаний, умений и навыков в течение семестра, и баллов, полученных на экзамене. За работу в семестре студент получает до 70 баллов за выполнение заданий в рамках текущего и рубежного контроля, и дополнительно до 10 баллов за участие в научных конференциях, конкурсах, олимпиадах, за активную работу на аудиторных занятиях, за публикации статей, за работу со школьниками, выполнение заданий повышенной сложности. Для допуска к экзамену студент должен набрать в семестре не менее 35 баллов.

Перевод оценки из 100-балльной в 5-балльную производится следующим образом:

- отлично - от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо - от 60 до 79 баллов;
- удовлетворительно - от 45 до 59 баллов;
- неудовлетворительно - менее 45 баллов.

#### **4.4. Рейтинг-план дисциплины приведен в приложении Б.**

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

### 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

#### Основная литература

1. Гоц С.С. Основы описания и компьютерных расчетов характеристик случайных процессов в статистической радиофизике. Уфа, 2005, 166 с (В библиотеке БашГУ – 5 экз., в кабинете 316 к. – 10 экземпляров).
2. Гоц С.С. Основы построения и программирования автоматизированных систем цифровой обработки сигналов. 4-е издание. - Уфа, 2009, 221 с. (В библиотеке БашГУ– 12 экземпляров)
3. Ахманов С.А., Флуктуационные процессы в физических системах и оптика. Случайные колебания и волны в линейных системах.- Физматлит, 2010, 425 с. (Электронный ресурс)/ Ахманов С.А.- М.: Физматлит, 2010. <http://bookre.org/reader?file=1471896>

#### Дополнительная литература

1. **Гоц, Сергей Степанович.** Теория электрической связи : курс лекций .— Уфа : БашГУ, 2009-.Ч. 2 [Электронный ресурс] .— 2009 .— Электрон. версия печ. публикации .— Доступ возможен через Электронную библиотеку БашГУ .— <URL:<https://elib.bashedu.ru/dl/read/GotsTeorElektrSvyzi2.pdf>>.
2. Бахтизин Р.З., Гоц С.С. Статистические процессы в электронных приборах. Часть 1. Методы описания и измерения основных характеристик случайных процессов. Уфа: 1991, 64 с (В библиотеке и в кабинете к. 316)
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика, ч.1. М.: Наука, 1976, 584 с.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Том 09. Статистическая физика. Часть 2. 1978.
5. Рытов С.М. Введение в статистическую радиофизику. Часть 1. Случайные процессы. М.: Наука, 1976, 494 с. (В библиотеке и в кабинете к.316)
6. Якимов А.В. Физика шумов и флуктуаций параметров. Нижний Новгород, 2013, 84 с. [http://www.unn.ru/books/met\\_files/Yakimov\\_Noise.pdf](http://www.unn.ru/books/met_files/Yakimov_Noise.pdf)

### 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" (далее - сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины (модуля);

1. Электронная библиотечная система. ЭБ БашГУ. — Собственная электронная библиотека учебных и научных электронных изданий, которая включает издания преподавателей БашГУ. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. — <https://elib.bashedu.ru/>

2. Электронная библиотечная система .Университетская библиотека онлайн. — Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. — <https://biblioclub.ru/>

3. Электронная библиотечная система издательства .Лань. — Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. — <https://e.lanbook.com/>

4. Электронный каталог Библиотеки БашГУ — Справочно-поисковый аппарат библиотеки. Включает в себя систему каталогов и картотек, справочно-библиографический фонд. — <http://www.bashlib.ru/catalogi/>

**1. Гоц, Сергей Степанович.** Теория электрической связи : курс лекций .— Уфа : БашГУ, 2009-.

Ч. 2 [Электронный ресурс] .— 2009 .— Электрон. версия печ. публикации .— Доступ возможен через Электронную библиотеку БашГУ .—  
<URL:<https://elib.bashedu.ru/dl/read/GotsTeorElektrSvyzi2.pdf>>.

2. [www.yandex.ru](http://www.yandex.ru)

3.[https://www.google.ru/?gfe\\_rd=cr&ei=DNypVuLhCcG9wAPrmIHABw&gws\\_rd=ssl](https://www.google.ru/?gfe_rd=cr&ei=DNypVuLhCcG9wAPrmIHABw&gws_rd=ssl)

4. [www.scopus.com](http://www.scopus.com)

5. [www.bashlib.ru](http://www.bashlib.ru)

6. [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)

7. [www.aps.org](http://www.aps.org)

8. <http://journals.aps.org>

**6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**  
**6.1 Учебно-лабораторное оборудование**

44	Статистическая радио-физика	<p>1. учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа: лаборатория 316 (физмат корпус).</p> <p>2. учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций, учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации: лаборатория 316 (физмат корпус).</p>	<p align="center"><b>Лаборатория № 316</b></p> <p>1. Колонки Microlab 2.0 PRO3, тема 237, инв. № 000000028114.</p> <p>2. Блок питания HY HY 3003, HY 3003 D-2, Цифровой Element 305 D, 4шт., инв.№ 000002101043128, 000002101043181, 000002101043178, 210134000002848.</p> <p>3. Модем Asus, инв.№ 000002101043035.</p> <p>4. Мультиметр MY890G, инв. № 000000000001080.</p> <p>5. Стол аудиторный (12 шт.), инв. № 000001101060978, 000001101060979, 000001101060980, 000001101060981, 000001101060982, 000001101060983, 000001101060984, 000001101060985, 000001101060986, 000001101060987, 000001101060988, 000001101060989</p> <p>6. Стол письменный «Ронда» (венге/дуб/молочный) ДСВ мебель, г. Пенза, (3шт.), инв. № ИСПР00012964.</p> <p>7. Стул «Визи», (9 шт.), инв. № 000000000001551.</p> <p>8. Генератор GFG-8215A, АНР 1002, 2 шт., инв.№ 000002101043080, 000002101043334.</p> <p>9. Компьютер в составе: системный блок Core i3-530, монитор BenQ, мышь, кл-ра, инв. № 000002101048114.</p> <p>10. Лазерный принтер HP Laser Jet 1000W, инв.№ 000002101041480.</p> <p>11. Монитор 0.20 Samsung Sync Master 783 DF, 2 шт., инв. № 000001101043240, 000001101043242.</p> <p>12. Монитор 17” Samsung Sam Tron 76E TCO”99, инв. № 000002101041709.</p> <p>13. Монитор Beng FP91G+U silver-black 19’, инв. № 000002101046670.</p> <p>14. Монитор LG L1942P-SF silver 19’ инв. № 000002101047450.</p> <p>15. Ноутбук р G62-b11ER/DVD-RW 15.6”, инв.№ 000002101048115.</p> <p>16. Осциллограф ОСУ-20 (20МГц, 2 кан.), ОСУ-10, 2 шт., инв.№ 000002101043084, 000002101043308.</p> <p>17. Персональный компьютер в комплекте Моноблок iRU 502 21.5”, 2 шт., инв.№ 410134000001148, 410134000001140.</p> <p>18. Принтер HP Laser Jet P1102, инв. № 000002101048112.</p> <p>19. Проектор Aser P1220 1024*768, инв.№ 210134000000220.</p> <p>20. Проектор мультимидийный Epson EB-X8, инв.№ 000002101048119.</p> <p>21. Системный блок компьютера Pent4 , инв. № 000001101043837.</p> <p>22. Стеллаж архивный СТФЛ 244-2,0, г. Уфа, (2 шт.), инв. № 210134000003623, 210136000004245.</p>	<p>1. Maple 16: Universities or Equivalent Degree Granting Institutions New License 5 to 100 Users Academic, договор №263 от 07.12.2012 г. Подтверждается лицензией №854 от 25.12.2015г. Срок лицензии - бессрочно. (316)</p> <p>2. Права на программы для ЭВМ AcademicEdition Networked Volume Licenses RAD Studio XE7 Professional Concurrent ELC. Договор № 114 от 12.11.2014 г.. Срок действия документа –бессрочно.</p> <p>3. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Лицензия: OLP NL Academic Edition. Договор №104 от 17.06.2013 г. Срок лицензии - бессрочная.</p> <p>4. Microsoft Office Standard 2013 Russian. OLP NL Academic Edition. Договор №114 от 12.11.2014 г. Срок лицензии - бессрочная.</p> <p>5.«Права на программы для ЭВМ Office Standart 2013 Russian OLP NL Academic Edition», гражданско-правовой договор № 114 от 12 ноября 2014 г. Срок лицензии – бессрочно.</p>
----	-----------------------------	--	--	---

		<p>23. Шкаф комбинированный секция №09 (венге/дуб/молочный), г. Пенза, инв. № 210136000004244.</p> <p>24. Огнетушитель порошковый закачной ОП-8 (з), (10л., 8 кг.), инв. № ИСПР00013412.</p>	
	<p><b>3. учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа:</b> лаборатория 316 (физмат корпус), лаборатория 314 (физмат корпус).</p>	<p align="center"><b>Лаборатория № 314</b></p> <p>1. Генератор GFG 8219 А, инв.№ 000002101043285.</p> <p>2. Монитор 19” Samsung, инв.№ 000001101043469.</p> <p>3. Осциллограф С-1-220 (20 МГц, 2 кан.), инв.№ 000002101043304.</p> <p>4. персональный компьютер в комплекте моноблок iRU 502 21.5’, инв. № 410134000001129.</p> <p>5. Сплит Система Panasonic CS/CU PC 12 DKD, инв.№ 000002101043054.</p> <p>6. Шкаф витрина ШВ 190/1, инв. № 000001101062306.</p> <p>7. Блок питания НУ 1803, инв.№ 000002101043156</p> <p>8. Жалюзи горизонтальные, инв. № 00002101065502.</p> <p>9. Жалюзи горизонтальные, инв. № 00002101065503.</p> <p>10. Мультиметр М 830, инв. № 000000000001078 (2 шт.).</p> <p>11. Мультиметр, инв. № 000000000001074.</p> <p>12. Мультиметр М 890 G, инв. № 000000000001080.</p> <p>13. Портрет, инв. № 000000000001364.</p> <p>14. Сетевой фильтр, инв. № 000ИСПР00001556 (3 шт.).</p> <p>15. Стол компьютерный СК-106, инв. № 000001101062316.</p> <p>16. Стол компьютерный СК-106, инв. № 000001101062311.</p> <p>17. Стол компьютерный СК-106, инв. № 000001101062315.</p> <p>18. Стул «Визи», инв. № 000000000001551 (2 шт.).</p> <p>19. Стул офисный, инв. № 000000000001556 (3 шт.).</p> <p>20. Тумба приставная ТП4Я, 4 ящика, инв. № 000001101062317.</p> <p>21. Сверхвысоковакуумный сканирующий туннельный микроскоп (ВУП-4).</p> <p>22. Огнетушитель порошковый закачной ОП-8 (з), (10л., 8 кг.), инв. № ИСПР00013412.</p>	
	<p><b>4. помещения для самостоятельной работы:</b> читальный зал № 2 (физмат корпус), зал доступа к электронной информации библиотеки (вход через читальный зал № 2 физмат корпус).</p>	<p align="center"><b>Читальный зал № 2</b></p> <p>1. Научный и учебный фонд.</p> <p>2. Научная периодика.</p> <p>3. ПК (моноблок) - 3 шт.</p> <p>4. Wi-Fi доступ для мобильных устройств.</p> <p>5. Неограниченный доступ к ЭБС и БД.</p> <p>6. Количество посадочных мест – 50.</p> <p align="center"><b>Зал доступа к электронной информации библиотеки</b></p> <p>1. ПК (моноблок) – 8 шт., подключенных к сети Интернет.</p> <p>2. Неограниченный доступ к электронным БД и ЭБС.</p> <p>3. Количество посадочных мест – 8.</p>	

Для проведения лабораторного практикума по «Статистическая радиофизика» предназначена специализированная лаборатория – «Цифровая обработка сигналов и изображений», расположенная в аудитории № 316 физико-математического корпуса. Лаборатория укомплектована современными радиоизмерительными приборами и персональными компьютерами.

**Лабораторные работы №1 – 6** выполняются на 12-ти лабораторных установках, созданных на основе современных персональных компьютеров Pentium – III и Pentium IV.

Имеется локальная компьютерная сеть и Internet 10/100 Мбит/с.

К четырем персональным компьютерам подключены аналого-цифровые преобразователи АЦП Ф4222 через параллельный порт.

В двух компьютерах установлены интерфейсные платы ввода-вывода L-154.

В шести персональных компьютерах установлены платы SB с акустическим оборудованием и программным обеспечением.

Лаборатория оборудована лазерным принтером.

В лаборатории имеются следующие измерительные приборы:

Универсальные осциллографы – 6 шт.

Генераторы шума Г2-37, Г2-57.

Генераторы низкочастотных сигналов Г3-109, Г3-102, Г3-111, Г3-118.

Генераторы сигналов с прямым цифровым синтезом.

Генераторы высокочастотных сигналов Г4-106, Г4-116.

Генераторы импульсов Г5-54, Г5-60 – 6 шт.

Селективные вольтметры В6-1, WMS-4, SMV-11.

Регулируемые источники питания – 10 шт.

Цифровые мультиметры – 6 шт.

Милливольтметры переменного тока – 4 шт.

Частотомеры ЧЗ-34 и ЧЗ-35.

Анализатор сигналов С4-34.

## **6.2 Технические и электронные средства обучения и контроля знаний студентов**

При проведении лекций используются персональные компьютеры с показом графического и текстового материала через мультимедийный проектор, мониторы и телевизоры. Для воспроизведения звука используются высококачественные усилители и акустические системы.

Широко используются цифровые видеокамеры, цифровые фотоаппараты и средства цифровой записи и обработки изображений.

Ряд учебных материалов и все описания лабораторных работ, практических занятий доступны студентам на электронных носителях.

## **6.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

1. Операционные системы DOS 6.22 Dos 7.0.
2. Операционная система Linux.
3. Операционные системы Windows XP, Windows 7, Windows 8.1, Windows 10
4. Пакет программ Open Office.
5. Программа 3D Image.
6. Программа «Двухканальный анализатор сигналов»
7. Программа «Генератор сигналов»
8. Среда программирования «Turbo Pascal 7»
9. Среда программирования Delphi.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.Б.22 «Статистическая радиофизика» на 6-й семестр  
(наименование дисциплины)

Очная  
форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	3/108
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	49.7
лекций	16
практических/ семинарских	0
лабораторных	32
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем)	1.7
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СРС)	14.5
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	43.8

Форма(ы) контроля:

    экзамен   6   семестр

    зачет РГР   6   семестр

## Продолжение приложения А

№ п.п	Тема и содержание разделов дисциплины	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма контроля самостоятельной работы
		Лекции	ПР/СЕМ	Лабораторные работы	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Модуль 1. Математическое описание случайных процессов и случайных полей</b>								
1	<p>1. Основные задачи, решаемые в рамках статистической радиофизики. Специфика статистических методов описания случайных процессов.</p> <p>2. Регулярные и случайные процессы. Детерминированный хаос. Степень стохастичности. Особенности математического описания, моделирования и экспериментального исследования физических процессов с различной степенью стохастичности.</p> <p>3. Ансамбль реализаций случайных процессов. Описание случайных процессов с помощью одномерной функции распределения.</p> <p>4. Аналоговые методы измерения одномерной функции распределения. Метод осциллографа измерения ОФР.</p> <p>5. Цифровые методы измерения одномерной функции распределения. Многоканальные статистические анализаторы сигналов. Пример программы для измерения одномерной функции распределения на основе автоматизированной экспериментальной установки.</p> <p>6. Среднее значение. Флуктуация. Центрированные случайные процессы. Практические методы центрирования случайных процессов в радиотехнике и радиофизике. Статистические моменты. Центральные статистические моменты. Эквивалентность описания случайных процессов с помощью статистических моментов и функции распределения.</p> <p>7. Статистические моменты. Центральные статистические моменты. Эквивалентность описания случайных процессов с помощью статистических моментов и функции распределения.</p> <p>8. Статистическое оценивание. Несмещенные и состоятельные оценки. Формулы, корректирующие смещенность оценок моментных функций первых четырех порядков для БГШ. Проблемы оценки статистических моментов для низкочастотных случайных процессов.</p> <p>9. Статистическое усреднение и усреднение во времени. Эргодичность случайных процессов. Необходимое и достаточное условия эргодичности. Использование эргодичности.</p> <p>10. Характеристическая функция (ХФ) и ее физический смысл. Эквивалентность описания случайных процессов с помощью ХФ и функции распределения. Кумулянты. Физический смысл кумулянтных коэффициентов первых четырех порядков. Примеры случайных процессов, имеющих нулевые, положительные и отрицательные коэффициенты асимметрии и эксцесса</p>	10	-	16	7	Л.1 Л.2 Л.3	С.3 - 40 С. 3-138  Составление отчетов по лабораторным работам № 1 – 4,  Подготовка рабочих конспектов проработки теоретических вопросов.	Защита отчетов по лабораторным работам  Проверка расчетов по РГР  Проверка отчетов по самостоятельной работе.  Проверка рабочих конспектов проработки вопросов.  Коллоквиум



## Продолжение приложения А

<p>11. Кумулянты. Физический смысл кумулянтных коэффициентов первых четырех порядков. Примеры случайных процессов, имеющих нулевые, положительные и отрицательные коэффициенты асимметрии и эксцесса.</p> <p>12. Пример компьютерной программы для вычисления в реальном масштабе времени кумулянтных коэффициентов первых четырех порядков.</p> <p>13. Гауссовский закон распределения. Сумма независимых случайных величин. Центральная предельная теорема. Особенности выполнимости условий центральной предельной теоремы в современных микро- и нанoeлектронных приборах.</p> <p>14. Стохастические уравнения. Уравнение Фоккера-Планка для одномерной функции распределения.</p> <p>15. Обнаружение сигнала на фоне аддитивного гауссовского шума. Радиометры.</p> <p>16. Двумерная функция распределения. Методы измерения ДФР для стационарных случайных процессов. ДФР стационарного гауссовского случайного процесса.</p> <p>17. Ковариационная функция. Взаимная корреляционная и автокорреляционная функция (ВКФ и АКФ). Аналоговые методы измерения коэффициента корреляции, ВКФ и АКФ.</p> <p>18. Алгоритм и программа для вычисления корреляционной функции методом некоррелированных выборок.</p> <p>19. Алгоритм и пример программы для вычисления корреляционной функции методом сильно коррелированных выборок.</p> <p>20. Спектральный анализ стационарных случайных процессов. Спектральная плотность мощности и ее физический смысл.</p> <p>21. Связь между АКФ и спектральной плотностью мощности. Теорема Винера-Хинчина. Время корреляции и ширина спектра. Связь между ними. Модель <math>\delta</math>-коррелированного шума.</p> <p>22. Аналоговые методы измерения спектральной плотности мощности. Анализаторы параллельного и последовательного действия.</p> <p>23. Фурье-методы спектрального анализа случайных процессов. Дискретное преобразование Фурье. Быстрое преобразование Фурье. Пример программы, реализующей ДПФ.</p> <p>24. Дробовой шум. Теорема Шоттки для дробового шума. Дробовой шум в нелинейных электрических цепях. Дробовой шум в вакуумных эмиссионных приборах на высоких частотах. Депрессия дробового шума.</p> <p>25. Тепловой шум. Теорема Найквиста в классическом и квантово-механическом приближениях. Примеры расчета тепловых шумов в радиотехнических устройствах.</p> <p>26. Связь между диссипацией энергии и мощностью теплового шума. Флуктуационно-диссипационная теорема. Тепловой шум в нелинейных электрических цепях.</p> <p>27. Эквивалентная шумовая температура. Коэффициент шума. Методы оценки эквивалентной температуры и коэффициента шума (на примере дробового шума вакуумного или полупроводникового диода).</p>						<p>Подготовка рабочих конспектов проработки теоретических вопросов.</p>	<p>Защита отчетов по лабораторным работам</p> <p>Проверка отчетов по самостоятельной работе.</p> <p>Проверка рабочих конспектов проработки вопросов.</p> <p>Коллоквиум</p>
---	--	--	--	--	--	---	--

Окончание приложения А

Модуль 2. Основные виды флуктуаций в физических системах								
2	<p>28. Дробовой шум. Теорема Шоттки для дробового шума. Дробовой шум в нелинейных электрических цепях. Дробовой шум в вакуумных эмиссионных приборах на высоких частотах. Депрессия дробового шума.</p> <p>29. Тепловой шум. Теорема Найквиста в классическом и квантово-механическом приближениях. Примеры расчета тепловых шумов в радиотехнических устройствах.</p> <p>30. Связь между диссипацией энергии и мощностью теплового шума. Флуктуационно-диссипационная теорема. Тепловой шум в нелинейных электрических цепях.</p> <p>31. Эквивалентная шумовая температура. Коэффициент шума. Методы оценки эквивалентной температуры и коэффициента шума (на примере дробового шума вакуумного или полупроводникового диода).</p> <p>32. Флуктуации числа носителей в полупроводниковых материалах. Генерационно-рекомбинационный шум. Использование шумовой спектроскопии для определения динамических и энергетических характеристик полупроводниковых материалов.</p> <p>33. Проблемы интерпретации природы шума в полупроводниковых материалах. Флуктуации подвижности носителей заряда в полупроводниковых материалах.</p> <p>34. Фликкер-шум. Основные свойства фликкер-шума. Механизмы возникновения ФШ.</p> <p>35. Эмпирическая формула Нооге. Понятие об элементарных флуктуациях. Механизм возникновения элементарных НЧ флуктуаций в различных природных системах.</p> <p>36. Теория некротного интегрирования, объясняющая возникновение случайных процессов со спектром <math>1/f</math>. Радиотехнические и математические методы реализации некротного интегрирования.</p> <p>37. Теория двухуровневого и многоуровневого случайного сигнала. АКФ и СПМ многоуровневого случайного сигнала.</p> <p>38. Случайные поля. Описание структуры поверхностей и межфазовых границ с позиции теории случайных полей.</p> <p>39. Математическое описание и моделирование профилей случайных полей, сочетающих в себе регулярные и нерегулярные составляющие.</p> <p>40. Математическое моделирование поверхностей двухфазных хаотических структур.</p> <p>41. Описание случайных полей с помощью пространственно-корреляционных функций.</p> <p>42. Математическая обработка профилей случайных полей с помощью одномерного и двумерного преобразования Фурье.</p>	6	-	16	7.5	Л1. Л2.	С. 73 - 126 С. 139-212 Составление отчетов по лабораторным работам № 5 – 6 Подготовка рабочих конспектов проработки теоретических вопросов.	Защита отчетов по лабораторным работам Защита отчетов по РГР Проверка отчетов по самостоятельной работе Тесты, Коллоквиум Зачет по РГР Экзамен
	Всего часов	16	0	32	14.5			

**Примечание 1.** Часы на самостоятельную работу не включают время на подготовку к экзамену (контроль). Учебных часов на подготовку к экзамену 43.8 часов

**Примечание 2.** В таблицу не включены запланированные 1.7 часа ФКР (финальная контактная работа: групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности во время семестра, подразумевающие контактную работу обучающихся с преподавателем) .

Рейтинг-план дисциплины  
«Статистическая радиофизика»

Направление «Радиофизика», профиль «Цифровые технологии обработки информации».

Курс 3, семестр шестой

Количество часов по учебному плану - 108, в т.ч. контактная. работа 49.7,

Преподаватель: Гоц С.С., проф., доктор физ.-мат. наук, профессор

Виды учебной деятельности	Балл за конкретное задание	Число заданий за время освоения модуля	Баллы за время освоения модуля	
			Мини-мальный	Макси-мальный
<b>Модуль 1. 20+15 баллов</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
1. Лабораторные работы (выполнение и защита отчетов)	5	4	0	20
<b>Рубежный контроль</b>				
Коллоквиум (в письменной форме)	15	1	0	15
<b>Модуль 2. 20+15 баллов</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
1. Лабораторные работы (выполнение и защита отчетов)	5	2	0	10
2. Контрольный опрос и итоговый тест в аудитории	1	10	0	10
<b>Рубежный контроль</b>				
Коллоквиум (в письменной форме)	15	1	0	15
<b>Поощрительные баллы</b>				
1. Участие в конференциях, выставках, конкурсах, олимпиадах	5			5
2. Публикация статей, получение патентов, изготовление стендов по профилю обучения	5			5
<b>Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)</b>				
1. Непосещение лекций			0	-6
2. Непосещение лабораторных занятий			0	-10
<b>Итоговый контроль</b>				
Экзамен	10 (вопросы билета)	2	Max.20	30
	5 (дополнительные вопросы)	2	Max.10	



Цель работы: Изучение численных методов вычисления автокорреляционной функции детерминированных и случайных процессов.

#### Описание работы

Расчетно-графическая работа (РГР) № 3 выполняется на персональном компьютере Pentium IV в среде операционной системы Windows XP, Windows 7, Windows 8.1, Windows 10. Для вычисления АКФ используется разработанная в БашГУ компьютерная программа Project\_ACF.exe.

#### Задания по работе

1. Получите и скопируйте в таблицу (см. рисунок) рабочие панели с графиками случайного процесса и его автокорреляционной функции (АКФ) для восьми видов случайных процессов:

- 1) гауссовского процесса;
- 2) Марковского-1 процесса ( $m$ -связного процесса);
- 3) Марковского 2 процесса ( $m$ -связного процесса);
- 4) Марковского 3 процесса (С цифровым ФНЧ);
- 5) гармонического процесса со случайной начальной фазой;
- 6) равновероятного случайного процесса;
- 7) нелинейного процесса;
- 8) бинарного процесса.

2. Для каждого из указанных выше восьми процессов последовательно устанавливать и вычислять АКФ для следующих значений параметра сигнала: 1, 2, 3, 5, 10, 50. Число циклов усреднения должно быть не менее 50.

3. Изучите влияние числа циклов повторения или усреднения на погрешности вычисления автокорреляционной функции. Используйте следующий ряд значений числа циклов усреднения: 5, 10, 20, 50.

4. Изучите влияние нелинейного степенного преобразования марковского-1 случайного процесса. Параметр сигнала установите равным 50. Величину показателя степени устанавливайте равной 0.8, 1, 1.5, 2, 3.

5. Изучите влияние нелинейного экспоненциального преобразования марковского-1 случайного процесса. Параметр сигнала установите равным 10. Величину показателя степени устанавливайте равной 0.8, 1, 1.5, 2, 3.

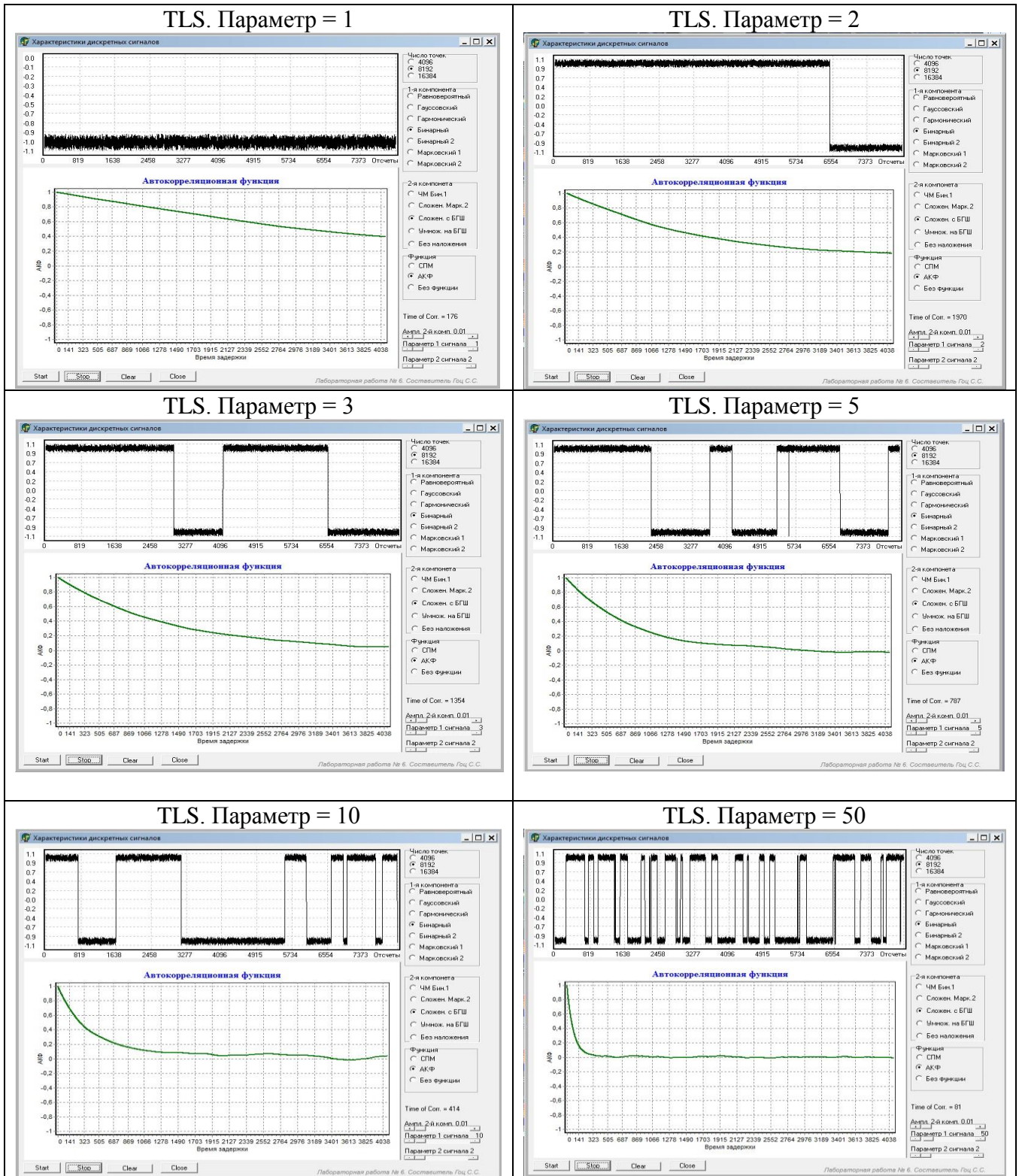
6. Составьте по предложенному варианту программу для вычисления и построения графика АКФ одного из трех марковских случайных процессов.

#### Содержание отчета

Отчет по расчетно-графической работе должен содержать:

- 1) Титульный лист, оформленный по приведенной выше форме;
- 2) название работы,
- 3) цель работы,
- 4) текст составленной по заданию компьютерной программы,
- 5) графики автокорреляционной функции для каждого из восьми видов случайных процессов при шести параметрах сигнала;
- 6) АКФ после степенного нелинейного преобразования марковского-1 процесса (показатели степени от 0.8 до 3).
- 7) АКФ после экспоненциального нелинейного преобразования марковского 1 процесса (показатели степени от 0.8 до 3).
- 8) После выполнения работы по полученным результатам необходимо сформулировать выводы по каждому из шести заданий.

## Пример оформления одного из заданий по РГР



Вывод 1. Двухуровневый случайный сигнал TLS формируется путем \_\_\_\_\_

Вывод 2. Автокорреляционная функция (АКФ) TLS меняется по форме в зависимости от величины параметра сигнала (числа переключений на реализацию).

Вывод 3. При увеличении параметра случайного процесса время корреляции АКФ \_\_\_\_\_

Вывод 4. К особенностям зависимости АКФ от аргумента для данного случайного процесса следует отнести \_\_\_\_\_