

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Институт технологий и инженерной механики  
Кафедра микро- и наноэлектроники

УТВЕРЖДАЮ

директор института технологий и  
инженерной механики

 Могильная Е.П.  
« 18 » 04 2023 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
«СТАТИСТИЧЕСКАЯ РАДИОФИЗИКА»

По направлению подготовки: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника  
Профиль «Электронные приборы и устройства»

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Статистическая радиофизика» по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника. – 24 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Статистическая радиофизика» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19.09.2017 года № 927.

СОСТАВИТЕЛИ:

к.т.н., доцент Войтенко Г.О.;

к.т.н., доцент Войтенко В.А.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры микро- и нанoeлектроники « 14 » 04 2023 г., протокол № 9 .

Заведующий кафедрой

микро- и нанoeлектроники  Войтенко В. А.

Переутверждена: «\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г., протокол № \_\_\_\_\_.

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института технологий и инженерной механики « 18 » 04 2023 г., протокол № 3 .

Председатель учебно-методической

комиссии института технологий и инженерной механики  С. Н. Ясуник

© Войтенко Г.О., Войтенко В.А., 2023 год

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2023 год

## 1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель дисциплины – изучение основных методов статистической радиофизики, типичных задач и экспериментов, приводящих к необходимости учитывать статистику и стохастику, преимущества статистического подхода, основные методы решения вышеупомянутых задач, перспективах и достижениях статистической радиофизики.

Задачи: ознакомление студентов с экспериментальными данными и теоретическими основами анализа случайных сигналов, спектральным и корреляционным анализом случайных процессов, природой и основными параметрами шумов и флуктуаций в электронных и лазерных системах.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП ВО. Требования к условиям освоения содержания дисциплины

Дисциплина «Статистическая радиофизика» относится к циклу математических и естественнонаучных дисциплин по выбору.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: знания общей физики и математики, элементов физики твердого тела; умения проводить физико-математические расчеты; умения проводить измерения физических величин и обработку результатов измерений.

Содержание дисциплины основано на знаниях дисциплин «Математика», «Физика», «Физика конденсированного состояния» и служит основой для освоения дисциплин «Специальные разделы физики (физика электронных и полупроводниковых приборов)», «Физические основы сенсорики», «Приемо-передающие и антенно-фидерные устройства».

## 3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ПК-1. Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	ПК-1.1. Знает математическое описание физических процессов, протекающих в материалах, компонентах и приборах электроники. ПК-1.2. Умеет строить физические и математические модели приборов, узлов, блоков. ПК-1.3. Владеет навыками компьютерного моделирования.	Знать: понятие вероятности, функции случайной величины, моменты случайных функций, эргодические случайные процессы, функцию автокорреляции, спектр процесса на выходе линейной системы; распределение вероятностей на выходе линейной системы, узкополосный гауссовский процесс, спектр колебаний с

		<p>флуктуирующей частотой; природу и основные параметры шумов и флуктуаций в электронных и лазерных системах;</p> <p>Уметь: моделировать прохождение случайного сигнала через линейные и нелинейные цепи; моделировать случайные процессы в различных системах и средах; моделировать распространение электромагнитной волны в случайно неоднородной среде, в нелинейной диспергирующей среде; моделировать предельную чувствительность измерительных приборов, составить математическую модель физического процесса;</p> <p>Владеть: навыками постановки цели и выбора путей ее достижения при проведении компьютерного моделирования физических процессов в радиофизических приборах и устройствах; моделирования физических процессов в среде MATLAB.</p>
--	--	--

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### 4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
<b>Общая учебная нагрузка (всего)</b>	<b>144</b> (4 зач. ед)	<b>144</b> (4 зач. ед)
<b>Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе:</b>	<b>68</b>	<b>14</b>
Лекции	34	6
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	17	4
Лабораторные работы	17	4
Курсовая работа (курсовой проект)	-	-
Другие формы и методы организации образовательного процесса ( <i>расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные</i>	-	-

<i>симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.)</i>		
<b>Самостоятельная работа студента (всего)</b>	<b>76</b>	<b>130</b>
Форма аттестации	экзамен	экзамен

## 4.2. Содержание разделов дисциплины

### **Тема 1. Основы теории вероятности.**

Понятие вероятности. Аксиома измерений. Случайные величины. Распределение вероятностей. Закон больших чисел. Теорема Бернулли. Совместные и условные функции распределения. Характеристические функции. Центральная предельная теорема.

### **Тема 2. Случайный импульсный процесс.**

Функции случайной величины. Пуассоновский импульсный процесс. Теорема Кемпбелла.

### **Тема 3. Случайные функции.**

Задание случайной функции. Моменты случайных функций. Эргодические случайные процессы. Функция автокорреляции. Спектральные характеристики случайных процессов. Корреляционная теория случайных последовательностей.

### **Тема 4. Воздействие случайного процесса на линейные системы.**

Спектр процесса на выходе линейной системы. Распределение вероятностей на выходе линейной системы. Узкополосный гауссовский процесс. Спектр колебаний с флуктуирующей частотой.

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

Нелинейное безинерциальное преобразование. Корреляционные функции на выходе генератора гармоник.

### **Тема 6. Марковские процессы. Стохастические дифференциальные уравнения.**

Процессы без последствия. Уравнение Смолуховского. Марковский процесс с дискретными состояниями. Двумерные случайные блуждания. Уравнение Фоккера-Планка-Колмогорова. Случайные функции с независимыми приращениями. Усреднение точного решения СДУ. Уравнение для средних. Уравнение Лиувилля. Случайный телеграфный сигнал.

### **Тема 7. Флуктуации в электрических системах. Случайные поля.**

Тепловой шум в линейных диссипативных системах. Теорема Найквиста. Дробовой и фликкершум. Шумы полупроводниковых приборов. Шумы усилителей. Корреляционные и спектральные характеристики случайного поля. Электромагнитная волна в статистически неоднородной среде. Анализ случайной дифракции методом медленно меняющейся амплитуды. Плоская случайная волна в диспергирующей среде.

## Тема 8. Флуктуации в лазерных системах.

Корреляционная функция одномодового лазера. Корреляционная функция многомодового лазера. Анализ флуктуаций многомодового лазерного излучения.

### 4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Основы теории вероятности	4	1
2	Случайный импульсный процесс	2	1
3	Случайные функции	6	1
4	Воздействие случайного процесса на линейные системы	4	1
5	Нелинейные преобразования случайных процессов	4	1
6	Марковские процессы. Стохастические дифференциальные уравнения	4	1
7	Флуктуации в электрических системах. Случайные поля	6	-
8	Флуктуации в лазерных системах	4	-
<b>Итого:</b>		<b>34</b>	<b>6</b>

### 4.4. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Основные задачи теории вероятности	2	-
2	Расчет случайного импульсного процесса	2	1
3	Применение случайных функций	2	-
4	Воздействие случайного процесса на линейные системы	2	-
5	Нелинейные преобразования случайных процессов	2	1
6	Анализ марковских процессов	2	-
7	Решение стохастических дифференциальных уравнений	2	1
8	Расчет флуктуаций в электрических системах	1	-
9	Оценка случайных полей	1	1
10	Флуктуации в лазерных системах	1	-
<b>Итого:</b>		<b>17</b>	<b>4</b>

### 4.5. Лабораторные работы

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Исследование теплового шума в линейных диссипативных системах	2	-
2	Исследование дробового и фликкершумов	2	1
3	Исследование шума полупроводниковых приборов	2	-
4	Исследование шума усилителей	2	-
5	Исследование выполнения теорема Найквиста	2	1
6	Исследование корреляционных и спектральных характеристик случайного поля	2	-
7	Исследование распространения электромагнитных волн в статистически неоднородной среде	2	-

8	Исследование случайной дифракции методом медленно меняющейся амплитуды	2	1
9	Исследование распространения плоской случайной волны в диспергирующей среде	1	1
<b>Итого:</b>		<b>17</b>	<b>4</b>

#### 4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Основы теории вероятности	Подготовка к практическим занятиям	1	5
		Подготовка к тестированию	3	5
		Решение задач домашних заданий	4	5
2	Случайный импульсный процесс	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	4	5
3	Случайные функции	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	4	5
4	Воздействие случайного процесса на линейные системы	Подготовка к практическим занятиям	1	5
		Подготовка к тестированию	4	5
		Решение задач домашних заданий	4	5
5	Нелинейные преобразования случайных процессов	Подготовка к практическим занятиям	1	5
		Подготовка к тестированию	4	8
		Решение задач домашних заданий	4	8
6	Марковские процессы	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	3	8
7	Стохастические дифференциальные уравнения	Подготовка к практическим занятиям	1	8
		Подготовка к тестированию	2	8
		Решение задач домашних заданий	2	8
8	Экзамен по дисциплине	Подготовка к семестровому экзамену	36	36
<b>Итого:</b>			<b>68</b>	<b>130</b>

#### 4.7. Курсовые работы/проекты

Не предусмотрены учебным планом.

#### 5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;

технологии проблемного обучения, направленные на развитие познавательной активности, творческой самостоятельности студентов и предполагающие последовательное и целенаправленное выдвижение перед студентом познавательных задач, разрешение которых позволяет студентам активно усваивать знания (используются поисковые методы; постановка познавательных задач);

технологии развивающего обучения, позволяющие ориентировать учебный процесс на потенциальные возможности студентов, их реализацию и развитие;

технологии концентрированного обучения, суть которых состоит в создании максимально близкой к естественным психологическим особенностям человеческого восприятия структуры учебного процесса и которые дают возможность глубокого и системного изучения содержания учебных дисциплин за счет объединения занятий в тематические блоки;

технологии модульного обучения, дающие возможность обеспечения гибкости процесса обучения, адаптации его к индивидуальным потребностям и особенностям обучающихся (применяются, как правило, при самостоятельном обучении студентов по индивидуальному учебному плану);

технологии дифференцированного обучения, обеспечивающие возможность создания оптимальных условий для развития интересов и способностей студентов, в том числе и студентов с особыми образовательными потребностями, что позволяет реализовать в культурно-образовательном пространстве университета идею создания равных возможностей для получения образования;

технологии активного (контекстного) обучения, с помощью которых осуществляется моделирование предметного, проблемного и социального содержания будущей профессиональной деятельности студентов (используются активные и интерактивные методы обучения) и т.д.

Максимальная эффективность педагогического процесса достигается путем конструирования оптимального комплекса педагогических технологий и (или) их элементов на личностно-ориентированной, деятельностной, диалогической основе и использования необходимых современных средств обучения.

## **6. Формы контроля освоения дисциплины**

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем(ями), ведущими лабораторные работы и практические занятия по дисциплине в следующих формах:

- контрольные вопросы к практическим занятиям;
- вопросы к лабораторным работам;
- тесты;
- вопросы к экзамену.

Фонды оценочных средств, включающие контрольные вопросы, вопросы коллоквиумов, тесты и методы контроля, позволяющие оценить результаты текущей и промежуточной аттестации обучающихся по данной дисциплине, помещаются в приложении к рабочей программе в соответствии с «Положением о фонде оценочных средств».

Промежуточная аттестация по результатам освоения дисциплины проходит в форме устного экзамена (включает в себя ответ на теоретические вопросы). Студенты, выполнившие 75% текущих и контрольных мероприятий на «отлично», а остальные 25 % на «хорошо», имеют право на получение итоговой отличной оценки.

В экзаменационную ведомость и зачетную книжку выставляются оценки по национальной шкале, приведенной в таблице.

Характеристика знания предмета и ответов	Экзамены
Обучающийся глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.	отлично (5)
Обучающийся знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.	хорошо (4)
Обучающийся знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно четкие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30 % ошибок в излагаемых ответах.	удовлетворительно (3)
Обучающийся не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Обучающийся отказывается от ответов на дополнительные вопросы	неудовлетворительно (2)

## 7. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Степанов М.А. Радиофизика [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие / М.А. Степанов. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. - 62 с. - ISBN 978-5-7782-3231-0 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778232310.html>

2. Теория стохастических систем, находящихся под действием широкополосного стационарного шума, фильтрованного в области низких частот [Электронный ресурс] / С.А. Гуз, М.В. Свиридов. - М.: Университетская книга, 2016. – Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785986991603.html>

б) Дополнительная литература:

1. Шиховцев И.В. Статистическая радиофизика [Электронный ресурс]: Учебное пособие / И.В. Шиховцев, В.П. Якубов. – Новосибирск: Новосибирский государственный университет. — 2011. — 157 с. – Режим доступа: [https://www.studmed.ru/shihovcev-i-v-yakubov-v-p-statisticheskaya-radiofizika\\_10b0cca3abc.html](https://www.studmed.ru/shihovcev-i-v-yakubov-v-p-statisticheskaya-radiofizika_10b0cca3abc.html)

2. Рожков И.Т. Основы статистической радиофизики. Часть 1 [Электронный ресурс]: Учебное пособие / И.Т. Рожков. – Ярославль: ЯрГУ, 2007. – 104 с. – Режим доступа: [https://www.studmed.ru/rozhkov-i-t-osnovy-statisticheskoy-radiofiziki-chast-1\\_ee6221c4273.html](https://www.studmed.ru/rozhkov-i-t-osnovy-statisticheskoy-radiofiziki-chast-1_ee6221c4273.html)

3. Рожков И.Т. Основы статистической радиофизики. Часть 3 [Электронный ресурс]: Учебное пособие / И.Т. Рожков. – Ярославль: ЯрГУ, 2009. – 112 с. – Режим доступа: [https://www.studmed.ru/rozhkov-i-t-osnovy-statisticheskoy-radiofiziki-chast-3\\_65b3591e36a.html](https://www.studmed.ru/rozhkov-i-t-osnovy-statisticheskoy-radiofiziki-chast-3_65b3591e36a.html)

4. Афонин А.А. Квантовая радиофизика [Электронный ресурс]: Учебное пособие / А.А. Афонин. – Ярославль: ЯрГУ, 2009. — 100 с. – Режим доступа: [https://www.studmed.ru/afonin-a-a-kvantovaya-radiofizika\\_5d8a4908028.html](https://www.studmed.ru/afonin-a-a-kvantovaya-radiofizika_5d8a4908028.html)

в) Методические рекомендации/указания:

1. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Статистическая радиофизика» / Сост. Г.О. Войтенко, В.А. Войтенко. – Луганск: Изд-во ЛНУ им. В.Даля, 2018. – 21 с.

2. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Статистическая радиофизика» / Сост.: Г.О. Войтенко, В.А. Войтенко. – Луганск: Изд-во ЛНУ им. В.Даля, 2018. – 18 с.

г) Интернет-ресурсы:

Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>

Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

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

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

Далевский педагогический портал – <http://ped.dahluniver.ru/>

**Электронные библиотечные системы и ресурсы**

Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

Университетская библиотека On-line – <http://www.biblioclub.ru>

Научная электронная библиотека eLIBRARY – <http://elibrary.ru>

**Информационный ресурс библиотеки образовательной организации**

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

**Научные журналы**

"GNU Scientific Library" (GSL - библиотека для научных вычислений проекта GNU): <http://www.gnu.org/software/gsl>.

Система схемотехнического моделирования LTSpice IV. Краткое руководство: <http://zpostbox.ru/ltspice.html>.

Электронные компоненты: <http://www.elitan.ru/>.

Навигатор по профессиональным электронным ресурсам – [http://www.spsl.nsc.ru/win/nelbib/nav\\_ei.htm](http://www.spsl.nsc.ru/win/nelbib/nav_ei.htm)

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Лекционные занятия проводятся с использованием комплекта электронных презентаций в аудитории, оснащенной презентационной техникой (проектор, экран, ноутбук).

Лабораторные работы проводятся с использованием некомпьютеризированных и компьютеризированных лабораторных стендов, пакета специализированных компьютерных программ, а также компьютерной математической среды MATLAB.

Рабочие места преподавателя и студентов в учебной лаборатории оснащены компьютерами с доступом в Интернет, предназначенными для работы в указанных специализированных компьютерных программах и средах.

Программное обеспечение:

<b>Функциональное назначение</b>	<b>Бесплатное программное обеспечение</b>	<b>Ссылки</b>
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	<a href="https://www.libreoffice.org/">https://www.libreoffice.org/</a> <a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice">https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice</a>
Операционная система	UBUNTU 19.04	<a href="https://ubuntu.com/">https://ubuntu.com/</a> <a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu">https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu</a>
Браузер	Firefox Mozilla	<a href="http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx">http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx</a>
Браузер	Opera	<a href="http://www.opera.com">http://www.opera.com</a>

Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	<a href="http://www.mozilla.org/ru/thunderbird">http://www.mozilla.org/ru/thunderbird</a>
Файл-менеджер	Far Manager	<a href="http://www.farmanager.com/download.php">http://www.farmanager.com/download.php</a>
Архиватор	7Zip	<a href="http://www.7-zip.org/">http://www.7-zip.org/</a>
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	<a href="http://www.gimp.org/">http://www.gimp.org/</a> <a href="http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8">http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8</a> <a href="http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP">http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP</a>
Редактор PDF	PDFCreator	<a href="http://www.pdfforge.org/pdfcreator">http://www.pdfforge.org/pdfcreator</a>
Аудиоплеер	VLC	<a href="http://www.videolan.org/vlc/">http://www.videolan.org/vlc/</a>

## 8. Оценочные средства по дисциплине

### Паспорт

фонда оценочных средств по учебной дисциплине  
«Статистическая радиофизика»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1	ПК-1	Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроник и различного функциональног	ПК-1.1. ПК-1.2. ПК-1.3.	Тема 1 Основы теории вероятности	1
				Тема 2 Случайный импульсный процесс	1
				Тема 3 Случайные функции	1
				Тема 4 Воздействие случайного процесса на линейные системы	1

		о назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования		Тема 5 Нелинейные преобразования случайных процессов	1
				Тема 6 Марковские процессы. Стохастические дифференциальные уравнения	1
				Тема 7 Флуктуации в электрических системах. Случайные поля	1
				Тема 8 Флуктуации в лазерных системах	1

### Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы до компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	ПК-1	ПК-1.1. Знает математическое описание физических процессов, протекающих в материалах, компонентах и приборах электроники. ПК-1.2. Умеет строить физические и математические модели приборов, узлов, блоков. ПК-1.3. Владеет навыками компьютерного моделирования.	знать: понятие вероятности, функции случайной величины, моменты случайных функций, эргодические случайные процессы, функцию автокорреляции, спектр процесса на выходе линейной системы; распределение вероятностей на выходе линейной системы, узкополосный гауссовский процесс, спектр	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5, Тема 6, Тема 7, Тема 8, Практическое занятие 1, Практическое занятие 2, Лабораторная работа 1, Лабораторная работа 2	Контрольные вопросы к практическим занятиям, вопросы к лабораторным работам, тесты, вопросы к экзамену

			<p>колебаний с  флуктуирующей  частотой;  природу и  основные  параметры  шумов и  флуктуаций в  электронных и  лазерных  системах;  Уметь:  моделировать  прохождение  случайного  сигнала через  линейные и  нелинейные  цепи;  моделировать  случайные  процессы в  различных  системах и  средах;  моделировать  распространение  электромагнитно  й волны в  случайно  неоднородной  среде, в  нелинейной  диспергирующей  среде;  моделировать  предельную  чувствительност  ь измерительных  приборов,  составить  математическую  модель  физического  процесса;  Владеть:  навыками  постановки цели  и выбора путей  ее достижения  при проведении  компьютерного  моделирования  физических</p>		
--	--	--	--	--	--

			процессов в радиофизическ их приборах и устройствах; моделирования физических процессов в среде MATLAB.		
--	--	--	--	--	--

## Фонды оценочных средств по дисциплине «Статистическая радиофизика»

### Контрольные вопросы к практическим занятиям:

1. Что такое ансамбль реализаций случайного процесса?
2. Чем отличаются функция и плотность распределения случайного процесса?
3. Что такое центрирование случайного процесса?
4. Сформулировать свойство ограниченности корреляционной функции случайного процесса.
5. Какова связь характеристической функции и плотности распределения случайного процесса?
6. Каково место корреляционной функции в кумулянтном разложении?
7. Сформулировать понятие и условие стационарности случайного процесса.
8. Сформулировать теорему Винера - Хинчина для энергетического спектра.
9. Как соотносятся интегральный масштаб корреляции и интегральная ширина энергетического спектра случайного процесса?
10. В чем состоит реальность и нереальность «белого шума»?
11. Как выбрать интервал усреднения для эргодических случайных процессов?
12. Каковы условия выполнения центральной предельной теоремы?
13. Чему равнозначно условие независимости нормальных случайных процессов?
14. Как найти коэффициент корреляции с помощью регрессионных прямых?
15. Сформулировать основное уравнение для марковских процессов.
16. При каком условии нормальный случайный процесс становится марковским?
17. При каком условии диффузионный процесс обладает независимыми приращениями?
18. Что означает условие редкости событий для распределения Пуассона?
19. Как записать пуассоновский поток  $\delta$ -импульсов?
20. Какова связь дробового шума с «белым» шумом?
21. Что описывает формула Шоггки?
22. Как температура влияет на тепловой шум?

23. Как изменяется спектр случайного процесса при линейной фильтрации?
24. Что такое «окрашенный» шум?
25. Как можно использовать случайный процесс для измерения характеристик линейных систем?
26. Сформулировать условие нормализации случайного процесса на выходе линейной системы.
27. Сформулировать необходимые и достаточные условия непрерывности (дифференцируемости) случайного процесса в среднеквадратическом смысле.
28. Как вычислить корреляционную функцию производной случайного процесса?
29. Как вычисляется дисперсия производной случайного процесса?
30. Записать преобразование корреляционной функции на выходе нелинейного квадратичного детектора.
31. Что описывает формула Ван-Флека?
32. Как изменяется энергетический спектр случайного процесса при нелинейном преобразовании.
33. Записать закон распределения случайного процесса при взаимно однозначном нелинейном преобразовании.
34. Записать закон распределения случайного процесса при не взаимно однозначном нелинейном преобразовании.
35. Записать закон распределения случайного процесса при его преобразовании в дискретный процесс.
36. Что такое амплитуда и фаза случайного процесса?
37. Что такое аналитический случайный процесс?
38. Каковы корреляционная функция и энергетический спектр аналитического сигнала?
39. Когда имеет место независимость сопряженных по Гильберту случайных процессов?
40. Записать распределение Рэлея.
41. При каких значениях отношения сигнал - шум распределения амплитуды и фазы случайного процесса нормализуются?
42. Сформулировать теорему Котельникова для узкополосных случайных процессов.
43. то такое дисперсия ошибки воспроизведения при оптимальной фильтрации?
44. Что такое согласованная фильтрация?
45. Каковы искажения сигнала при корреляционном приеме?
46. Что такое отношение правдоподобия?
47. Какие типы ошибок возникают при принятии решений?
48. Сформулировать основные критерии обнаружения.
49. Каковы единицы измерения информации?
50. Что такое энтропия сообщения?
51. Как соотносятся средняя собственная и взаимная информации?
52. Когда энтропия сообщения максимальна?
53. Что такое пропускная способность канала связи?

#### 54. Сформулировать теорему Шеннона.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству контрольные вопросы к практическим занятиям

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Ответ представлен на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемый вопрос, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет соответствующей научной терминологией)
4	Ответ представлен на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемый вопрос, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности)
3	Ответ представлен на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени соответствующей научной терминологией)
2	Ответ представлен на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов отвечать)

#### Вопросы к лабораторным работам:

1. Понятие вероятности.
2. Аксиома измерений.
3. Случайные величины.
4. Распределение вероятностей.
5. Закон больших чисел.
6. Теорема Бернулли.
7. Совместные и условные функции распределения.
8. Характеристические функции.
9. Центральная предельная теорема.
10. Функции случайной величины.
11. Пуассоновский импульсный процесс.
12. Теорема Кемпбелла.
13. Задание случайной функции.
14. Моменты случайных функций.
15. Эргодические случайные процессы.
16. Функция автокорреляции.
17. Спектральные характеристики случайных процессов.
18. Корреляционная теория случайных последовательностей.
19. Спектр процесса на выходе линейной системы.
20. Распределение вероятностей на выходе линейной системы.
21. Узкополосный гауссовский процесс.
22. Спектр колебаний с флуктуирующей частотой.
23. Нелинейное безинерциальное преобразование.
24. Корреляционные функции на выходе генератора гармоник.
25. Процессы без последдействия.
26. Уравнение Смолуховского.
27. Марковский процесс с дискретными состояниями.

28. Двумерные случайные блуждания.
29. Уравнение Фоккера-Планка-Колмогорова.
30. Случайные функции с независимыми приращениями.
31. Усреднение точного решения СДУ.
32. Уравнение для средних.
33. Уравнение Лиувилля.
34. Случайный телеграфный сигнал.
35. Тепловой шум в линейных диссипативных системах.
36. Теорема Найквиста.
37. Дробовой и фликкершум.
38. Шумы полупроводниковых приборов.
39. Шумы усилителей.
40. Корреляционные и спектральные характеристики случайного поля.
41. Электромагнитная волна в статистически неоднородной среде.
42. Анализ случайной дифракции методом медленно меняющейся амплитуды.
43. Плоская случайная волна в диспергирующей среде.
44. Корреляционная функция одномодового лазера.
45. Корреляционная функция многомодового лазера.
46. Анализ флуктуаций многомодового лазерного излучения.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству вопросы к лабораторным работам

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Ответы представлены на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемые вопросы, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет соответствующей научной терминологией, правильные ответы даны на 90-100% вопросов)
4	Ответы представлены на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемые вопросы, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности, правильные ответы даны на 75-89% вопросов)
3	Ответы представлены на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени соответствующей научной терминологией, правильные ответы даны на 50-74% вопросов)
2	Ответы представлены на неудовлетворительном уровне или не представлены (студент не готов отвечать или правильные ответы даны менее чем на 50% вопросов)

### Тесты:

1. Какими статистическими характеристиками можно описать непрерывную случайную величину?

А) Вероятностью появления значения случайной величины, дисперсией, математическим ожиданием.

Б) Функцией распределения, плотностью вероятности.

В) Плотностью вероятности, вероятностью появления значения случайной величины, математическим ожиданием, дисперсией.

2. Что показывает корреляционный момент двух случайных величин?

А) Количественную меру линейной зависимости между двумя случайными величинами.

Б) Количественную меру статистической зависимости между двумя случайными величинами.

В) Количественную меру статистической линейной зависимости между двумя случайными величинами.

3. Узкополосный гауссовский случайный процесс имеет:

А) Амплитуду, распределенную по закону Рэлея и фазу, распределенную равномерно.

Б) Амплитуду, распределенную по нормальному закону и фазу, распределенную равномерно.

В) Амплитуду, распределенную по закону Райса и фазу, распределенную по нормальному закону.

Г) Амплитуда и фаза распределены нормально.

4. Согласованным фильтром называется:

А) Фильтр, согласующий волновое сопротивление подключенных к нему каскадов.

Б) Фильтр, импульсная характеристика которого, является зеркальным отражением полезного сигнала относительно оси ординат.

В) Фильтр, у которого комплексный частотный коэффициент передачи не зависит от комплексного спектра сигнала.

Г) Фильтр, характеристики которого заранее определены какими-либо техническими требованиями.

5. Если случайный гауссовский процесс пропустить через устройство, имеющее нелинейную амплитудную характеристику, то на выходе получим сигнал:

А) Имеющий нормальный закон распределения.

Б) Имеющий гауссовский закон распределения.

В) Имеющий закон распределения отличный от гауссовского.

Г) С детерминированным законом изменения амплитуды.

6. Центральная предельная теорема гласит:

А) Плотность вероятности произведения большого числа случайных величин, имеющих произвольные законы распределения, стремится к нормальной.

Б) Плотность вероятности суммы большого числа случайных величин, имеющих произвольные законы распределения, стремится к гауссовской.

В) Математическое ожидание большого числа случайных величин равно нулю.

Г) Плотность вероятности суммы большого числа случайных величин, имеющих произвольные законы распределения, стремится к равномерной.

7. Для минимизации дисперсии ошибки воспроизведения применяют:

- А) Вариационный анализ.
- Б) Статистические методы.
- В) Метод наименьших квадратов.

8. Наилучшее разделение шума и сигнала происходит при:

- А) Полном перекрытии их энергетических спектров.
- Б) Полном перекрытии их энергетических спектров.
- В) Оптимальном перекрытии их энергетических спектров.
- Г) Идентичности их энергетических спектров.

9. С целью установления наличия полезного сигнала применяют фильтр:

- А) Оптимальный.
- Б) Согласованный.
- В) Линейный.
- Г) Цифровой.

10. Количественной мерой наличия шума в полезном сигнале является:

- А) Дисперсия шума.
- Б) Отношение сигнал — шум.
- В) Передаточная функция фильтра.
- Г) Плотность распределения суммарного сигнала.

#### Критерии и шкала оценивания по оценочному средству тесты

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Тесты выполнены на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% тестов)
4	Тесты выполнены на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89% тестов)
3	Тесты выполнены на низком уровне (правильные ответы даны на 50-74% тестов)
2	Тесты выполнены на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50% тестов)

#### Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен)

1. Совместные и условные функции распределения.
2. Характеристические функции.
3. Функции случайной величины.
4. Пуассоновский импульсный процесс.
5. Моменты случайных функций.

6. Эргодические случайные процессы.
7. Функция автокорреляции.
8. Спектральные характеристики случайных процессов.
9. Корреляционная теория случайных последовательностей.
10. Спектр процесса на выходе линейной системы.
11. Распределение вероятностей на выходе линейной системы.
12. Узкополосный гауссовский процесс.
13. Спектр колебаний с флуктуирующей частотой.
14. Нелинейное безинерциальное преобразование.
15. Корреляционные функции на выходе генератора гармоник.
16. Процессы без последствия.
17. Уравнение Смолуховского.
18. Марковский процесс с дискретными состояниями.
19. Двумерные случайные блуждания.
20. Случайные функции с независимыми приращениями.
21. Тепловой шум в линейных диссипативных системах.
22. Дробовой и фликкершум.
23. Шумы полупроводниковых приборов.
24. Шумы усилителей.
25. Корреляционные и спектральные характеристики случайного поля.
26. Электромагнитная волна в статистически неоднородной среде.
27. Анализ случайной дифракции методом медленно меняющейся амплитуды.
28. Плоская случайная волна в диспергирующей среде.
29. Корреляционная функция одномодового лазера.
30. Корреляционная функция многомодового лазера.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль (экзамен)

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет

	умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

## Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)