МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Ордена Трудового Красного Знамени
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Московский технический университет связи и информатики»

УТВЕРЖДАЮ:
Декан факультета _____
"26" марта 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения. Модуль: Радиотехнические системы.

(наименование дисциплины по учебному плану)

Научная специальность
2.2.13. Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения

Отрасль науки: **технические науки**

Курс 2
Семестр 4

Форма обучения: **очная**

Год начала подготовки: **2024**

Москва, 2024

Рабочая программа дисциплины «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения. Модуль: Радиотехнические системы» (далее «Радиотехнические системы») составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов, утвержденными приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951.

Разработчик(и) программы:
зав.кафедрой РТС дтн, доцент Чиров Д.С.
(Должность, ученая степень (ученое звание), ФИО разработчика) *подпись*

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры РТС

Протокол № 6 от « 21 » 03 2024 г.

Заведующий кафедрой РТС д.т.н, доцент Чиров Д.С.
(сокращенное наименование кафедры, , *инициалы и фамилия заведующего)* *подпись*

«26» 04 2024 г.

Рабочая программа хранится на кафедре РТС и в отделе аспирантуры.

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Дисциплина обеспечивает теоретическую подготовку аспирантов по применению теоретико-вероятностных методов при проведении научных исследований в рамках указанных направлений подготовки кадров высшей квалификации.

Целями освоения дисциплины являются: изучение теоретических основ построения, преобразования и практического использования вероятностных моделей сигналов, помех, электрических и электромагнитных колебаний в устройствах, системах и сетях связи, ознакомление с основами вероятностного анализа качества функционирования соответствующих устройств и систем и вероятностного синтеза наилучших радиотехнических устройств и систем связи.

2. Место дисциплины в структуре направления подготовки аспирантуры

Дисциплина «Радиотехнические системы» включена в образовательный блок дисциплин учебного плана. Дисциплина «Радиотехнические системы» реализуется в соответствии с требованиями ФГТ, ОП и Учебного плана по научной специальности 2.2.13. Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Для освоения дисциплины аспиранты должны знать и владеть методами математической статистики, моделирования и цифровой обработки сигналов приобретенными в рамках дисциплин изученных по программам магистратуры.

Рабочая программа дисциплины «Радиотехнические системы» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины «Радиотехнические системы» аспирант должен:

знать:

- особенности методологии построения вероятностных моделей основных элементов электроники, устройств радиотехники, систем и сетей связи и физических процессов в них, теоретические основы их имитационного моделирования на ЭВМ;

- вероятностные основы базовых технологий, используемых в

современных системах радиотехники и связи и возможные направления их развития;

- основы методики имитационного моделирования функциональных элементов систем связи и радиотехники и экспериментальной оценки качества их функционирования на основе вероятностных критериев;

уметь:

- обоснованно выбирать вероятностные модели для элементов электроники, устройств радиотехники, систем и сетей связи;

- составлять и обосновывать соответствующие современному уровню развития теории и техники вероятностные модели сигналов, помех и других физических процессов в устройствах электроники, радиотехники и связи;

- планировать и проводить имитационный или натурный эксперимент по измерению значений вероятностных показателей качества систем связи и их функциональных элементов;

владеть:

- навыками выбора необходимых математических моделей физических процессов в функциональных блоках систем связи и методов расчета их вероятностных параметров функционирования при проектировании, испытаниях и технической эксплуатации таких систем;

- способностью компьютерного моделирования процессов и систем связи и их функциональных элементов с использованием инструментальных средств MATLAB&SIMULINK с целью оценки качества их функционирования.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы (72 часа). Процесс изучения дисциплины реализуется при очной форме обучения в 4 семестре. Промежуточная аттестация предусматривает дифференцированный зачет в 4-ом семестре.

4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зач. ед. (72 часа), их распределение по видам работ, семестрам представлено в таблице 1.

Таблица 1

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Виды учебной работы	Трудоемкость (часы)		4-ый семестр (указание часов по семестрам)
Аудиторные занятия (всего)	54		54
В том числе:			
Лекции	36		36
Практические занятия	18		18
Самостоятельная работа (всего)	18		18
Формы аттестации по дисциплине (зачет, экзамен)			дифференцированный зачёт
Общая трудоемкость дисциплины	Часы 72	ЗЕТ 2	72/2

4.2 Содержание дисциплины

Содержание разделов дисциплины

1. Детерминированные и вероятностные модели устройств, систем и процессов
   1.1. Роль математических моделей в теории познания. Адекватность модели объекту исследования. Физическая модель. Математическая модель. Модель сложной системы. Пример: структурная схема системы связи.
   1.2. Детерминированные модели в радиотехнике: устройства, системы, процесса. Примеры: модели переносчика информации в телевидении, радиовещании, связи, локации. Условия адекватности детерминированных моделей реальным объектам.
   1.3. Вероятностные модели в радиотехнике: устройства, системы, процесса. Непредсказуемость и случайность. Примеры: источники сообщений, каналы передачи, мешающие сигналы и помехи, отклонения технологических процессов.
   1.4. Предмет статистической радиотехники. Методология построения и преобразования вероятностных моделей различных объектов радиотехники. Примеры задач анализа. Синтез алгоритмов формирования статистических выводов в радиотехнике. Примеры задач синтеза.

2. Основные определения и понятия теории вероятностей и их роль в инфокоммуникационных технологиях

2.1. Эксперименты со случайными исходами. Определения понятий: испытание, исход, совокупность всех возможных исходов, совокупность исходов (случайное событие), последовательность независимых испытаний, схема испытаний Бернулли. Примеры из радиотехники экспериментов со случайными исходами.

2.2. Определение вероятности случайного события в экспериментах с равновозможными исходами. Случай конечного числа исходов (классическое определение). Случай счетного числа исходов (геометрическое определение).

2.3. Экспериментальные основы теории вероятностей. Относительная частота события в схеме испытаний Бернулли. Понятие статистической устойчивости относительной частоты. Статистическое определение вероятности случайного события.

2.4. Аксиоматическое определение вероятности случайного события. Соответствие между понятиями физического эксперимента и математической теории вероятностей. Аксиомы теории вероятностей.

3. Базовые формулы теории вероятностей

3.1. Основные типы случайных событий и операций над ними. Ассоциативность, дистрибутивность и коммутативность операций над событиями. Теоремы де Моргана. Алгебра событий. Сигма-алгебра событий. Пример: борелевская сигма-алгебра на вещественной прямой.

3.2. Условная вероятность случайного события. Вероятности произведения и суммы событий. Формула полной вероятности. Эксперименты с наблюдаемыми и ненаблюдаемыми случайными событиями. Формула Байеса, апостериорная вероятность события. Пример: дискретный симметричный канал передачи информации.

3.3. Последовательности независимых испытаний. Биномиальная формула. Асимптотика Муавра-Лапласа. Интегральная теорема Лапласа. Асимптотика Пуассона.

3.4. Последовательности зависимых испытаний. Простая (бинарная) цепь Маркова. Односвязная стационарная цепь с М состояниями. М-связная цепь Маркова.

4. Случайные величины

4.1. Дискретные и непрерывные случайные величины. События, связанные со случайными величинами. Две основные проблемы теории вероятностей: 1) как описать класс событий, связанных со

случайными величинами, которые приходится рассматривать при решении практических задач (в радиотехнике); 2) как следует задать вероятностное описание случайных величин, чтобы можно было вычислять вероятности всех нужных событий (в радиотехнике).

4.2. Дискретные случайные величины: функции распределения, распределения вероятностей, начальные и центральные моменты. Примеры наиболее важных для радиотехники моделей дискретных случайных величин: с равномерным распределением, с биномиальным распределением, с пуассоновским распределением. Неравенство Чебышева для дискретных случайных величин.

4.3. Непрерывные случайные величины: функции распределения, плотности вероятности, начальные и центральные моменты. Примеры наиболее важных для радиотехники моделей непрерывных случайных величин: с распределениями равномерным, экспоненциальным, Релея, гауссовским. Числовые характеристики непрерывных случайных величин Коэффициенты асимметрии и эксцесса, медиана, квантили, процентные точки.

4.4. Экспериментальные основы построения вероятностных моделей в виде случайных величин. Выборочные значения и выборка в схеме испытаний Бернулли. Эмпирическая функция распределения, математическое ожидание и дисперсия эмпирической функции и их асимптотическое поведение при увеличении объема выборки. Гистограмма; математическое ожидание и дисперсия гистограммы и их асимптотическое поведение при увеличении объема выборки. Аппроксимации эмпирической функции распределения и гистограммы как возможный путь построения вероятностных моделей физических величин. (Задание 1 для индивидуальной работы).

4.5. Конечная совокупность случайных величин. События, связанные с конечной совокупностью случайных величин. Совместная функция распределения: определение, свойства согласованности и симметрии. Пример вычисления вероятности простого события. Совместная плотность вероятности: определение, основные свойства. Пример: конечная совокупность гауссовских величин. Смешанные начальные и центральные моменты. Матрица ковариаций и коэффициентов корреляции.

4.6. Условные распределения случайных величин. Функция распределения и плотность вероятности. Формулы умножения, полной вероятности и Байеса для случайных величин. Условные числовые характеристики случайных величин. Поле корреляции.

Линейная и нелинейная вероятностная связь между случайными величинами. Пример: парам совместно гауссовских случайных величин. (Задание 2 для индивидуальной работы).

5. Функциональные преобразования случайных величин

5.1. Функциональная связь между двумя величинами. Плотность вероятности функции от непрерывной случайной величины. Математическое ожидание функции от случайной величины. Функциональное преобразование конечной совокупности случайных величин. Числовые характеристики линейной комбинации случайных величин.

5.2. Характеристическая функция случайной величины. Основные свойства. Метод вычисления начальных моментов случайной величины на основе ее характеристической функции. Характеристическая функция гауссовской случайной величины. Характеристическая функция конечной совокупности случайных величин. Примеры: характеристическая функция совокупности гауссовских случайных величин, характеристическая функция линейной комбинации случайных величин.

6. Последовательности случайных величин

6.1. Реализации последовательностей. Сходимость последовательностей случайных величин с вероятностью 1, в среднем квадратическом, по вероятности, по распределению. Сходимость двух типов последовательностей сумм случайных величин. Закон больших чисел (теорема Чебышева). Пример (теорема Бернулли): сходимость относительной частоты события в схеме испытаний Бернулли к вероятности этого события.

6.2. Центральная предельная теорема. Доказательство на основе характеристической функции. Формулировка теоремы Ляпуновым. Примеры: формирование гауссовской случайной величины на ЭВМ, применение теоремы для доказательства интегральной формулы Муавра-Лапласа.

7. Случайные функции и процессы

7.1. Эксперименты со случайными процессами. Примеры: несущее гармоническое колебания со случайной начальной фазой; речевой сигнал.

7.2. Вероятностной описание случайного процесса: в задачах с событиями типа A_1 (одномерные функция распределения и

плотность вероятности), A_n (конечномерные функция распределения и плотность вероятности), A_T (семейство конечномерных распределений).

7.3. Начальные и центральные моментные функции случайного процесса. Дисперсия и ковариационная функция случайного процесса.

7.4. Вероятностное описание конечной совокупности случайных процессов. Взаимная ковариационная функция. Пример: комплексный случайный процесс.

7.5. Классификация случайных процессов на основе свойств семейства конечномерных распределений: стационарные в узком и широком смысле, эргодические, процессы с сильным перемешиванием, стационарно-связанные, совместно эргодические, нестационарные.

7.6. Ковариационная функция и спектральная плотность мощности стационарного случайного процесса. Коэффициент корреляции. Интервал корреляции. Теорема Винера-Хинчина. Физическая спектральная плотность мощности. Ширина спектра. Соотношение неопределенности. Белый шум. Случайные процессы с дискретным спектром.

7.7. Узкополосные случайные процессы. Ковариационная функция узкополосного процесса. Огибающая и фаза узкополосного процесса. Квадратурные компоненты узкополосного процесса. Способ формирования квадратурных компонент. Комплексная огибающая узкополосного процесса.

7.8. Основные модели случайных процессов в радиотехнике: гауссовские процессы, марковские процессы, диффузионные процессы, пуассоновские процессы, винеровский процесс, квазидетерминированные процессы. Вероятностные характеристики гауссовского узкополосного процесса.

8. Преобразования случайных процессов в радиотехнических и телекоммуникационных устройствах и системах

8.1. Классификация радиотехнических устройств и систем: аналоговые, аналого-дискретные, цифровые, физически реализуемые, линейные, нелинейные безинерционные, нелинейные инерционные. Типовое радиотехническое звено.

8.2. Основные математические модели систем: линейные системы с дискретным временем (импульсная характеристика, передаточная функция, разностное уравнение, переменные состояния), линейные системы с непрерывным временем (импульсная характеристика,

передаточная функция, дифференциальное уравнение, системы линейных дифференциальных уравнений первого порядка относительно переменных состояния).

8.3. Преобразования случайных процессов с дискретным временем в линейных системах с дискретным временем. Среднее значение, корреляционная функция и спектральная плотность мощности на выходе системы. Фильтры с конечной импульсной характеристикой и рекурсивные фильтры. Воздействие в виде последовательности с независимыми значениями.

8.4. Преобразования случайных процессов в системах с непрерывным временем. Среднее значение, корреляционная функция и спектральная плотность мощности на выходе системы. Воздействие белого шума на линейную систему. Формирующий фильтр. Плотность вероятностей процесса на выходе линейной системы. Приближенное решение. Эффект нормализации.

8.5. Преобразования случайных процессов в нелинейных неинерционных системах. Общие моды вычисления корреляционной функции и спектральной плотности мощности процесса на выходе системы. Одномерная плотность вероятностей на выходе системы. Квантование случайного процесса.

8.6. Способы описания нелинейной инерционной системы. Ряды Волльтерра.

4.3. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Трудоемкость (часы/зач. Единицы)					
		Лекц.	Пр. зан.	Лаб. зан.	Семин.	СРС	Всего
1	Детерминированные и вероятностные модели устройств, систем и процессов	4	2			2	8
2	Основные определения и понятия теории вероятностей и их роль в инфокоммуникационных технологиях	4	2			2	8
3	Базовые формулы теории вероятностей	4	2			2	8
4	Случайные величины	4	2			2	8
5	Функциональные преобразования случайных величин	4	2			2	8
6	Последовательности случайных величин	4	2			2	8

7	Случайные функции и процессы	6	2			2	10
8	Преобразования случайных процессов в радиотехнических и телекоммуникационных устройствах и системах	6	4			4	14
Всего:		36	18			18	72

4.4 Практические занятия (семинары)

1. Алгебра случайных событий.
2. Основные формулы теории вероятностей.
3. Дискретные случайные величины (распределение вероятностей, функция распределения, важнейшие модели).
4. Непрерывные случайные величины (плотность вероятности, функция распределения, важнейшие модели).
5. Планирование статистического эксперимента (метод Монте-Карло).
6. Выбор функции распределения непрерывной случайной величины (эмпирическая функция распределения и ее аппроксимация).
7. Выбор плотности вероятности непрерывной случайной величины (гистограмма и ее аппроксимация).
8. Выбор функций распределения вероятностей для случайного вектора (гистограмма и эмпирическая функция распределения и их аппроксимация).

4.5. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих дисциплин)	№№ разделов данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Методы моделирования радиотехнический систем и устройств	+	+	+	+	+	+	+	+

5. Рекомендуемые образовательные технологии

В соответствии с требованиями ФГТ рабочая программа должна предусматривать использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерных симуляций, разбор

конкретных ситуаций, обсуждение терминов и частных вопросов во время лекций в интерактивном режиме и т.д.) в сочетании с контролем самостоятельной внеаудиторной работы аспирантов с целью стимулирования работы учащихся в течение семестра.

Номер раздела, темы	Вид занятия	Используемая интерактивная образовательная технология	Кол-во часов
1-12.	Лекции	Интерактивная доска с возможностью демонстраций слайдов с анимацией и ручной коррекцией	36
1-8.	Пр. занятия	Интерактивная доска с возможностью демонстраций слайдов с анимацией и ручной коррекцией.	18
3.	Самостоятельная работа	Электронная почта, электронная библиотека ун-та, система для научных исследований MATLAB&SIMULINK	18
4.	Дифференцированный зачет		
Итого:			72

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1 Рекомендуемая литература

Основная литература:

1. Конспект лекций по данной дисциплине текущего учебного года.
2. Тихонов В.И., Харисов В.Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. -М.: Радио и Связь, Горячая линия – Телеком, 2014. -608с. :ил
3. Шинаков Ю.С. Практикум по дисциплине «Теоретические основы статистической радиотехники». –М.: МТУСИ, 2017. – 25с. :илл.

Дополнительная литература:

4. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. – М.: Радио и связь, 1989. – 656
5. Тихонов В.И., Шахтарин Б.И., Сизых В.В. Случайные процессы. Примеры и задачи.

Том 1. Случайные величины и процессы. – М.: РиС, 2003. – 400с

:ил.

Том 2. Линейные и нелинейные преобразования. – М.: РиС, 2004. – 400с. :ил.

Том 3. Оптимальная фильтрация, экстраполяция и моделирование. – РиС, 2004, 408 с. :ил.

Том 4. Оптимальное обнаружение сигналов. –М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005, 368 с. :ил.

Том 5. Оценка сигналов, их параметров и спектров. Основы теории информации. – М.: Горячая линия-Телеком, 2009. – 400 с.: илл.

6. Кетков Ю.Л., Кетков А.Ю., Шульц М.М. MATLAB 6х.: программирование численных методов. – СПб.: БХВ_Петербург, 2004.- 672 с.: ил.
7. Дьяконов В.П. SIMULINK. Самоучитель. – М.: ДМК, 2013. – 781 с.;ил.

6.2 Периодические издания.

Не рекомендуются

6.3 Программное обеспечение

Специализированные библиотеки программ, алгоритмов и демонстрационных файлов среды для научных исследований и создания инженерных приложений MATLAB&SIMULINK.
Операционная система WINDOWS XP и приложение MICROSOFT OFFICE.

6.4 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Не рекомендуются.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Класс с интерактивной доской и персональным компьютером для проведения занятий с установленным оригинальным и лицензионным программным обеспечением: операционная система WINDOWS XP, приложения MICROSOFT OFFICE, MATLAB&SIMULINK.

8. Методические рекомендации студентам по освоению дисциплины

Виды самостоятельной работы студентов: работа над конспектом лекций, изучение и приобретение навыков работы с системой для научных исследований MATLAB&SIMULINK, выполнение домашних заданий и составление отчетов, подготовка к зачету и экзамену.

Основная задача организации самостоятельной работы студента - приобретение студентами умений и навыков:

- составлять и обосновывать соответствующие заданию и современному уровню развития теории и техники вероятностные модели элементов электроники и систем связи (УК-1),
- рассчитывать или обоснованно выбирать численные значения параметров математических моделей устройств и систем (ОПК-1),
- проводить имитационный эксперимент с целью анализа, синтеза или измерения вероятностных показателей качества устройств и систем.

Основная рекомендация – предоставление аспиранту достаточной свободы по выбору способа выполнения индивидуального задания для самостоятельной работы, в том числе и возможности решения достаточно сложной задачи (необходимой для диссертационной работы), соответствующей тематике дисциплины.

Вторая рекомендация – ориентировать аспиранта на широкое использование ПК. В этом плане роль консультаций должна охватывать не только предметную область дисциплины, но и помощь в изучении и приобретении навыков практического использования оригинальных и профессиональных программ и методов решения с их помощью задач самостоятельной работы.

Третья рекомендация – преподаватель должен ориентировать аспиранта на составление оригинальной работы, а не компиляции более или менее подходящих материалов.

УТВЕРЖДАЮ:
Декан факультета _____
_____
"____" _____202__ г.

Лист актуализации рабочей программы дисциплины

«_____»
наименование

для подготовки _____
Направление: (код, название направления/специальности)
Направленность (профиль): _____
Форма обучения: _____
Год начала подготовки: _____

Курс ____
Семестр _____
(Возможны следующие варианты):
[1]а) В рабочую программу не вносятся изменения. Программа актуализирована для 20__ г. начала подготовки.
б) В рабочую программу вносятся следующие изменения (указать на какой год начала подготовки):

1) ……..;
2) ……..;
3) ……

Разработчик (и): _____
(ФИО, ученая степень, ученое звание)
«__»
_____20___г.
Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры _____
_____ протокол № _____ от «__»
_____20____г.
Заведующий кафедрой _____

Лист актуализации принят на хранение:

Заведующий выпускающей кафедрой *(наименование)* _____«__» _____
20___г.

[1] Разработчик выбирает один из представленных вариантов.