

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО:
Декан
А. Г. Коротаев

Рабочая программа дисциплины

Статистическая радиофизика

по направлению подготовки / специальности

11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) подготовки/ специализация:
Радиоэлектронные системы передачи информации

Форма обучения
Очная

Квалификация
Инженер

Год приема
2025

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
В.А. Мещеряков

Председатель УМК
А.П. Коханенко

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики..

ПК-3 Способен формулировать математические модели процес-сов и явлений, происходящих в радиоэлектронных системах и на их основе проводить компьютерное моделирование и оптимизацию.

ПК-4 Способен выполнять исследования с целью совершенствования и роста технических характеристик радиоэлектронной аппаратуры с использованием стандартных пакетов прикладных программ.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 1.1 Применяет основные положения, законы, методы естественнонаучных и математических дисциплин

ИОПК 1.2 Использует естественно-научные знания для адекватного, качественного объяснения наблюдаемой картины мира

ИОПК 1.3 Демонстрирует практические навыки получения количественных характеристик наблюдаемых объектов природы

ИПК 3.1 Использует фундаментальные знания о физической природе и физических явлениях происходящих элементах и объектах радиоэлектронных систем и комплексах

ИПК 3.2 Разрабатывает математические модели исследуемых физических процессов, приборов, схем и электронных систем

ИПК 4.1 Применяет прикладные методы моделирования процессов в радиоэлектронных системах передачи информации

ИПК 4.2 Владеет приемами компьютерного моделирования радиоэлектронных систем и комплексов передачи информации с целью предсказания и улучшения их параметров

ИПК 4.3 Применяет стандартные прикладные программные средства при проведении модельных экспериментов

2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить аппарат в области описания реальных случайных процессов в радиофизике с учетом специальных требований к их профессиональной подготовке.

– Научиться применять понятийный аппарат статистических методов применяемыми в радиофизических теоретических и экспериментальных исследованиях, для решения практических задач оптимальной обработки случайных сигналов в профессиональной деятельности.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, является обязательной для изучения.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Седьмой семестр, экзамен

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Б1.У.О.02 Математический анализ, Б1.У.О.03 Физика, Б1.П.В.ДВ.05.01 «Устройства приема и обработки сигналов», Б1.О.В.ДВ.01.02 «Теория вероятности и матстатистика».

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 часов, из которых:

-лекции: 48 ч.

-практические занятия: 36 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Раздел 1. Введение

Историческая справка. Физика возникновения флуктуаций. Единство случайных и детерминированных процессов. Примеры проявлений в различных областях и в радиофизике.

Раздел 2. Основы теории случайных процессов

Понятие случайного процесса. Функция распределения и плотность распределения значений в одном сечении случайного процесса. Многомерные распределения. Моментные функции. Функция корреляции случайного процесса. Характеристическая функция. Разложение характеристической функции по моментам. Кумулянтное разложение. Нормальное распределение. Коэффициент асимметрии и эксцесса. Стационарные и нестационарные случайные процессы. Спектральное представление случайного процесса. Теорема Винера-Хинчина. Свойства энергетического спектра стационарного процесса. Соотношение масштаба корреляции и ширины энергетического спектра. Обобщение теоремы Винера-Хинчина для нестационарных процессов. Средние по времени характеристики реализации. Эргодические процессы. Дисперсия временного среднего. Центральная предельная теорема. Свойства нормального случайного процесса. Условная плотность нормального распределения. Прогнозирование случайного процесса. Взаимосвязь корреляции и линейной регрессии.

Раздел 3. Статистические модели шумов

Возникновение флуктуаций и шумов в радиофизике: параметрические и непараметрические модели. Марковские процессы. Уравнение Смолуховского. Нормальные Марковские процессы. Диффузионные процессы и уравнения Фокера-Планка-Колмогорова. Процесс с независимыми приращениями и Винеровский процесс. Случайный поток импульсов. Кинетическая теория дробового шума. Распределение Пуассона. Функция корреляции дробового шума. Энергетический спектр дробового шума. Формула Шоттки. Термодинамическая теория теплового шума. Формула Найквиста.

Раздел 4. Линейные преобразования случайных процессов

Линейная фильтрация случайных процессов. Изменения корреляционной функции и энергетического спектра линейным фильтром. Белый шум на входе линейной инерционной системы. Моделирование корреляционных связей на ЭВМ. Нормализация закона распределения процесса на выходе линейной инерционной системой. Взаимная корреляция шумов на выходе двух линейных систем. Непрерывность и дифференцируемость случайного процесса в среднеквадратическом смысле, необходимые и достаточные условия. Статистические свойства производной случайного процесса.

Раздел 5. Нелинейные преобразования случайных процессов

Случайный процесс на выходе нелинейной системы. Преобразование закона распределения значений. Методы моделирования случайных процессов на ЭВМ. Функция корреляции случайного процесса на выходе безинерционной нелинейной системы. Энергетический спектр случайного процесса на выходе нелинейной системы. Метод дифференциального уравнения для расчета преобразования функции корреляции нормального процесса. Корреляционная функция и энергетический спектр на выходе квадратичного детектора. Дисперсия флуктуаций случайного процесса на выходе линейного детектора. Корреляционная функция на выходе предельного ограничителя. Плотность распределения процесса на выходе одностороннего и двустороннего детекторов.

Раздел 6. Узкополосные случайные процессы

Квазигармонические флуктуации и узкополосный случайный процесс. Аналитический сигнал. Энергетические характеристики сопряженных процессов. Взаимная корреляция сопряженных процессов. Корреляция квадратурных составляющих. Распределения огибающей и фазы нормального узкополосного шума. Распределение огибающей смеси "сигнал+шум". Распределение фазы смеси "сигнал+шум". Теорема Котельникова для случайного процесса с ограниченным спектром. Дискретизация процесса и обрезание спектра процесса.

Раздел 7. Элементы теории выделения сигналов на фоне шумов

Обнаружение сигнала на фоне шума, оптимизация отношения сигнал/шум. Согласованная фильтрация. Корреляционный прием. Согласованный фильтр и отношение правдоподобия. Критерии обнаружения: максимального правдоподобия и идеального наблюдателя, Неймана-Пирсона. Выбор пороговых значений. Выделение сигнала из шума. Оптимальный прием. Адаптивные системы.

Раздел 8. Элементы теории информации

Количественное определение информации. Средняя собственная и взаимная информации. Свойства средней собственной и взаимной информации. Взаимосвязь информационного и термодинамического понятий энтропии. Кодирование и декодирование сигналов. Пропускная способность канала связи. Теорема Шеннона.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем проведения контрольных работ. Промежуточная аттестация осуществляется в виде экзамена.

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Экзамен в седьмом семестре проводится устно по билетам. Экзаменационный билет состоит из двух вопросов. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» <https://lms.tsu.ru/course/view.php?id=12484>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине. Основой обучения являются лекционные и практические занятия; для подготовки к лекционным и практическим занятиям

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Якубов В.П. Статистическая радиофизика: Учебное пособие. – Томск: Изд-во НТЛ, 2006. – 132 С.
2. Ахманов С.А., Дьяков Ю.Е., Чиркин А.С. Введение в статистическую радиофизику и оптику. - М.: Наука, 1981. - 640 С.
3. Шиховцев И.В., Якубов В.П. Статистическая радиофизика. Курс лекций / Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск, 2010. 156 с.
4. Статистические методы в радиофизике : практикум с применением диалого-вычислительных комплексов /Г. А. Пономарев, В. Н. Пономарева, В. П. Якубов ; Том. гос. ун-т им. В. В. Куйбышева. 1994.
5. Кашкин В. Б., Баскова А. А., Пустошилов А. С., Сенченко Я. И. Статистическая радиотехника. Изд. Сибирский Федеральный Университет, 2020 г. – 152 С.

б) дополнительная литература:

1. Тихонов В.И. Оптимальный приём сигналов. – М.: Радио и связь, 1983. - 320 С.
2. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. -- М.: Радио и связь, 1989. - <http://bookfi.net/dl/490176/d33b0c>
3. Тихонов В.И., Шахтарин Б.И., Сизых В.В. Случайные процессы. Примеры и задачи. В 4х томах. Т.1. Случайные величины и процессы. М.: Радио и связь, 2003; Т.2. Линейные и нелинейные преобразования. М.: Радио и связь, 2004; Т.3. Оптимальная фильтрация, экстраполяция и моделирование. М.: Радио и связь, 2004;
4. Анищенко В.С., Астахов В.В., Вадивасова Т.Е., Нейман А.Б., Стрелкова Г.И., Шиманский- Гайер Л. Нелинейные эффекты в хаотических и стохастических системах -- Москва – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003.
5. Рытов С.М., Кравцов Ю.А., Татарский В.И. Введение в статистическую радиофизику. Часть II Случайные поля. -- М.: Наука, 1978.— ...

в) ресурсы сети Интернет:

1. Статистическая радиофизика : [учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению 511500 - Радиофизика и по специальности 013800 - Радиофизика и электроника] /В. П. Якубов ; Том. гос. ун-т Якубов, Владимир Петрович; <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000223196>
2. Статистические методы в радиофизике : практикум с применением диалого-вычислительных комплексов /Г. А. Пономарев, В. Н. Пономарева, В. П. Якубов ; Том. гос. ун-т им. В. В. Куйбышева Пономарев, Геннадий Александрович 1941-1994; <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000089931>
3. Шиховцев И.В., Якубов В.П. Статистическая радиофизика. Курс лекций / Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск, 2010. 156 с.; http://www.inp.nsk.su/chairs/radio/2011/Stat%20RF/Stat_RF.pdf

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
- публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

- б) информационные справочные системы:
- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ –
<http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
 - Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ –
<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
 - ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
 - ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
 - Образовательная платформа ЮПайт – <https://urait.ru/>
 - ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
 - ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>
 - ...

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешенном формате («Актру»).

15. Информация о разработчиках

Шипилов Сергей Эдуардович, доктор физ.-мат. наук, профессор кафедры радиофизики.