

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Радиоэлектроники и телекоммуникационных систем»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №13 от 02 июня 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«СТАТИСТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ»

Направление: 11.03.01 Радиотехника

Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: заочная

Документ подписан простой электронной подписью
Составитель программы: Полетаев Александр Сергеевич
Дата подписания: 19.06.2025

Документ подписан простой электронной подписью
Утвердил и согласовал: Ченский Александр Геннадьевич
Дата подписания: 21.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Статистическая теория радиотехнических систем» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ДК-1 Способность осуществлять деятельность, находящуюся за пределами основной профессиональной сферы	ДК-1.1

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ДК-1.1	Умеет определять и обосновывать целесообразность использования сетевых технологий для математического моделирования объектов и процессов	Знать основные модели случайных процессов, методы математического описания электромагнитных полей и каналов передачи сигналов и помех; основы теории оптимального приема сообщений и методологию синтеза алгоритмов обработки сигналов в радиотехнических системах. Уметь рассчитывать качественные показатели обнаружителей сигналов, анализировать помехоустойчивость и эффективность алгоритмов статистической обработки сигналов; правильно выбрать вид радиосигнала для решения поставленной задачи; правильно применять методы и устройства приема радиосигналов с учетом помех различного вида. Владеть методами статистического описания и математического моделирования радиосигналов, а также методами оценок потенциальных возможностей радиотехнических систем с учетом влияния радиопомех различного происхождения.

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Статистическая теория радиотехнических систем» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Физика», «Математика», «Электроника», «Радиотехнические цепи и сигналы», «Электродинамика и распространение радиоволн»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Устройства приема и обработки сигналов», «Радиотехнические системы», «Теория и методы электромагнитной совместимости РЭС»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 3 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)		
	Всего	Учебный год № 3	Учебный год № 4
Общая трудоемкость дисциплины	108	36	72
Аудиторные занятия, в том числе:	14	2	12
лекции	6	2	4
лабораторные работы	0	0	0
практические/семинарские занятия	8	0	8
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	90	34	56
Трудоемкость промежуточной аттестации	4	0	4
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	, Зачет		Зачет

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Учебный год № 3

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)		№	Кол. Час.	
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Модели случайных процессов и помех в радиотехнических системах	1	2					1, 2	34	Контрольная работа
	Промежуточная аттестация									
	Всего		2						34	

Учебный год № 4

№ п/п	Наименование раздела и темы	Виды контактной работы			СРС	Форма текущего
		Лекции	ЛР	ПЗ(СЕМ)		

	дисциплины	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	контроля
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Согласованный фильтр для обнаружения сигнала на фоне помех	1	2			1, 2	4	2, 3, 4	22	Контрольн ая работа
2	Структура оптимального приемника сигналов	2	2			3, 4	4	1, 2, 3, 4	34	Контрольн ая работа
	Промежуточная аттестация								4	Зачет
	Всего		4				8		60	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Учебный год № 3

№	Тема	Краткое содержание
1	Модели случайных процессов и помех в радиотехнических системах	<p>Пространство случайных сигналов. Особенности и модели непрерывных и дискретных каналов передачи. Идеальный канал без помех. Канал с помехами. Классификация радиопомех.</p> <p>Случайные процессы. Стационарные и эргодические процессы. Корреляционная функция. Полярная (знаковая) корреляционная функция. Корреляционная экстремальная система. Корреляционный аппаратный анализ случайных процессов. Корреляционный метод распознавания. Многомерные случайные величины. Корреляционные моменты. Спектральные свойства стационарного случайного процесса. Понятие белого шума. Спектральная плотность и теорема Хинчина–Винера. Сингулярности спектральной плотности.</p>

Учебный год № 4

№	Тема	Краткое содержание
1	Согласованный фильтр для обнаружения сигнала на фоне помех	<p>Преобразование характеристик случайного процесса в линейных цепях. Спектральная плотность мощности и корреляционная функция случайного процесса на выходе цепи. Характеристики собственных шумов в радиоэлектронных цепях. Дифференцирование случайной функции. Интегрирование случайной функции. Параметры распределения случайного процесса на выходе линейной цепи. Характеристическая функция. Нормализация случайных процессов в узкополосных линейных цепях. Воздействие узкополосного радиосигнала на безынерционные нелинейные элементы.</p>

		Частотный коэффициент передачи и импульсная характеристика согласованного фильтр для обнаружения сигнала на фоне помех. Сигнал и помеха на выходе согласованного фильтра. Оценивание по максимуму апостериорной вероятности. Принцип максимального правдоподобия. Дискретные алгоритмы фильтрации по критерию МАВ. Непрерывные алгоритмы фильтрации по критерию МАВ.
2	Структура оптимального приемника сигналов	Ошибки и критерии оптимального обнаружения. Метод статистических решений. Возможные решения при обнаружении сигнала. Простейший обнаружитель Неймана-Пирсона. Обнаружение сигнала со случайной начальной фазой. Оптимальный алгоритм приема при полностью известных сигналах. Когерентный прием. Структура коррелятора. Дискриминатор полярности. Структурная схема и схема простейшей цепи оптимального приемника для различения двух известных сигналов на фоне помех. Оптимальный приемник на основе согласованных фильтров. Методы измерений в радиотехнике. Погрешности измерений и средств измерений случайных величин. Оценка запаздывания детерминированного сигнала. Разрешение смещенных по частоте сигналов.

4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

4.4 Перечень практических занятий

Учебный год № 4

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Определение изменения характеристик случайного процесса при прохождении безынерционных линейных и нелинейных элементов	2
2	Определение импульсных и частотных характеристик согласованных фильтров	2
3	Расчет характеристик оптимального обнаружения сигналов со случайными параметрами	2
4	Расчет характеристик точности измерения временного положения различных сигналов и их частоты	2

4.5 Самостоятельная работа

Учебный год № 3

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Проработка разделов теоретического материала	24
2	Расчетно-графические и аналогичные работы	10

Учебный год № 4

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Подготовка к зачёту	14
2	Подготовка к практическим занятиям	6
3	Проработка разделов теоретического материала	32
4	Решение специальных задач	4

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: мультимедийные технологии подачи лекционного материала, обучающие видеозаписи, групповые дискуссии, решение специальных задач в малых группах, кейс-метод проектирования и решения задач.

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Полетаев А. С. Статистическая теория радиотехнических систем : электронный курс / А. С. Полетаев, 2022

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Теория вероятностей и математическая статистика : программа курса, методические указания и контрольные задания: по направлению 11.03.01 "Радиотехника": профиль подготовки "Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов" / сост. И. Г. Насникова, 2018 <http://www.biblio-online.ru/book/E7144E93-751A-44FD-A63F-B50F18195681?>

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 учебный год 3 | Контрольная работа

Описание процедуры.

проводится в письменном виде, необходимо кратко сформулировать ответ на два вопроса (4-5 минут). Ответом является формула, рисунок, тезисы с пояснениями.

Пример задания:

1. Что такое вероятность ошибочного процесса?
2. Что такое случайная величина и случайный процесс?
3. Как построить зависимость вероятности ложного срабатывания сигнала от отношения сигнал-шум?

4. Какие существуют виды радиошумов?
5. Что такое плотность вероятности распределения случайной величины?
6. Что такое квазибелый Гауссов шум?

Критерии оценивания.

правильность ответа, корректность графика, формулы, наличие пояснения к ответу.

6.1.2 учебный год 4 | Контрольная работа

Описание процедуры.

проводится в письменном виде, необходимо кратко сформулировать ответ на два вопроса (4-5 минут). Ответом является формула, рисунок, тезисы с пояснениями.

Пример задания:

1. Структура обнаружителя сигнала со случайными амплитудой и начальной фазой.
2. Импульсная характеристика оптимального фильтра.
3. Характеристики обнаружения полностью известного сигнала.
4. Зависимость вероятности пропуска сигнала от отношения сигнал-шум.
5. Зависимость вероятности ложного срабатывания от уровня определения сигнала.
6. Формула интеграла вероятностей.

Критерии оценивания.

правильность ответа, корректность графика, формулы, наличие пояснения к ответу.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ДК-1.1	Ясно, четко и логически последовательно излагает теоретический материал, свободно справляется с практическими задачами, не затрудняется с ответом при формулировке вопроса с помощью других терминов.	Устное собеседование по теоретическим вопросам и/или выполнение практических заданий.

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Учебный год 4, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

К зачету допускаются студенты, выполнившие задания практических занятий. Зачет проходит в устной форме. Студенты вытягивают билеты, в которых содержатся один вопрос и задача. В течение 20 минут осуществляется подготовка студентов, на черновиках студенты делают пометки плана ответа на вопрос, приводят решение задачи. При подготовке ответа пользоваться можно только своими конспектами лекций.

Вопросы к зачету:

1. Вероятность события. Совместные и несовместные события. Теоремы сложения и умножения вероятностей для несовместных и совместных событий.
2. Дискретные и непрерывные случайные величины. Числовые характеристики случайных величин.
3. Функция вероятности. Плотность вероятности. Законы распределения случайных величин и их статистические характеристики
4. Модели случайных сигналов и помех в радиотехнических системах. Идеальный канал без помех. Канал с помехами. Классификация радиопомех.
5. Статистические параметры количественной меры информации. Энтропия источника без памяти. Энтропия источника с памятью. Марковские цепи.
6. Совместная энтропия двух источников. Взаимная информация. Пропускная способность канал передачи дискретных сообщений.
7. Теорема Шеннона для канала без помех. Теорема Шеннона для канала с помехами. Классификация методов кодирования.
8. Статистически эффективные методы кодирования. Код Шеннона-Фано. Код Хаффмана. Алгоритм RLE. Лемпеля-Зива-Велча.
9. Помехоустойчивое кодирование. Случайные независимые ошибки. Линейные блочные коды. Коды Хемминга.
10. Помехоустойчивость радиотехнических систем. Задачи приемного устройства, критерий достоверности передачи сообщений. Критерий идеального наблюдателя.
11. Оптимальное обнаружение полностью известного сигнала. Обнаружение сигналов со случайными параметрами.
12. Случайные процессы. Стационарные и эргодические процессы. Корреляционная функция. Полярная (знаковая) корреляционная функция.
13. Корреляционный аппаратный анализ случайных процессов. Корреляционный метод распознавания. Многомерные случайные величины. Корреляционные моменты.
14. Спектральные свойства стационарного случайного процесса. Понятие белого шума. Теорема Хинчина–Винера.
15. Узкополосный случайный процесс. Функция корреляции узкополосного случайного процесса. Обнаружение сигнала со случайными амплитудой и начальной фазой.
16. Преобразование характеристик случайного процесса в линейных и нелинейных цепях. Дифференцирование случайной функции. Интегрирование случайной функции.
17. Параметры распределения случайного процесса на выходе линейной цепи. Характеристическая функция. Воздействие узкополосного радиосигнала на безынерционные нелинейные элементы.
18. Ошибки и критерии оптимального обнаружения. Метод статистических решений. Возможные решения при обнаружении сигнала.
19. Простейший обнаружитель Неймана-Пирсона. Обнаружение сигнала со случайной начальной фазой.
20. Критерий принятия решения по максимуму апостериорной вероятности. Винеровский процесс. Принцип максимального правдоподобия.
21. Согласованный фильтр для обнаружения сигнала на фоне помех. Частотный коэффициент передачи и импульсная характеристика согласованного фильтра для

обнаружения сигнала на фоне помех.

22. Оптимальный алгоритм приема при полностью известных сигналах. Когерентный прием. Структура коррелятора. Дискриминатор полярности.

23. Структурная схема оптимального приемника для различения двух известных сигналов на фоне помех. Оптимальный приемник на основе согласованных фильтров

24. Методы измерений в радиотехнике. Погрешности измерений и средств измерений случайных величин.

25. Оценка запаздывания детерминированного сигнала. Разрешение смещенных по частоте сигналов.

Пример задания:

Билет №1.

1. Оптимальное обнаружение полностью известного сигнала. Обнаружение сигналов со случайными параметрами.
2. Информации по каналу с рэлеевскими замираниями передается методом относительной фазовой телеграфии с вероятностью ошибки приема одного символа $0.5 \exp(-h^2)$, где h^2 – отношение энергий сигнала и помехи. Сколько процентов времени канал работает с вероятностью ошибочного приема, не превышающей 0.001, если среднее отношение $h^2 = 10$?

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
Студент уверенно отвечает на теоретический вопрос. Допускается, что ответ дан с небольшими неточностями, но наводящие вопросы помогают студенту сориентироваться. Задача решена верно или с небольшими замечаниями. Общая оценка полноты ответов больше или равна 60%.	Студент затрудняется с ответом на теоретический вопрос, не ориентируется в обсуждаемых темах и не может ответить на наводящие вопросы. Задача не решена или решена неправильно. Общая оценка полноты ответов составляет менее 60%.

7 Основная учебная литература

1. Гоноровский И. С. Радиотехнические цепи и сигналы : учеб. пособие для вузов по направлению подгот. "Радиотехника" / И. С. Гоноровский, 2006. - 719.
2. Попов Д. И. Статистическая теория радиотехнических систем: Учеб. пособие / Д.И. Попов; Рязан. гос. радиотехн. акад. Рязань, 2003. 80 с.
3. Перов А. И. Статистическая теория радиотехнических систем : учеб. пособие для вузов/ А. И. Перов. М.: Радиотехника, 2003. - 398 с.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Худяков Г. И. Статистическая теория радиотехнических систем : учебное пособие для вузов по направлению "Радиотехника" / Г. И. Худяков, 2009. - 396.

2. Волосюк В. К. Статистическая теория радиотехнических систем дистанционного зондирования и радиолокации / В. К. Волосюк, В. Ф. Кравченко; под ред. В. Ф. Кравченко, 2008. - 703.
3. Перов Александр Иванович. Статистическая теория радиотехнических систем : учеб. пособие для вузов по специальности 200700 "Радиотехника", направления подгот. дипломир. специалиста 654200 "Радиотехника" / А. И. Перов, 2003. - 398.
4. Рытов. Введение в статистическую радиофизику : учебное пособие для физических специальностей вузов: в 2 ч. Ч. 1 : Случайные процессы, 1976. - 494.
5. Рытов. Введение в статистическую радиофизику : учебное пособие для физических специальностей вузов: в 2 ч. Ч. 2 : Случайные поля, 1978. - 463.
6. Шахтарин Б. И. Случайные процессы в радиотехнике: Цикл лекций : учеб. пособие для вузов радиотехн. и прибор. специальностей / Б. И. Шахтарин, 2000. - 583.
7. Статистическая теория связи и ее практические приложения / Ф. Ланге, Б. Р. Левин, Ю. С. Шинаков и др.; под ред. Б. Р. Левина, 1979. - 287.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <https://el.istu.edu/course/view.php?id=5139>
2. <http://library.istu.edu/>
3. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Свободно распространяемое программное обеспечение Программный комплекс "ТЭС"
2. Свободно распространяемое программное обеспечение Anaconda Navigator
3. MATLAB_поставка 2015
4. Office 2019 Pro Plus

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Интерактивная система /ActivBoard
2. Моноблок Mitac /USB 2.0 480Gb/s
3. установка по курсу "Теория электрической связи"
4. Установка "Изучение принципов временного разделения каналов"

5. осциллограф С1-137
6. осциллограф С1-137
7. осциллограф С1-137
8. Установка "Изучение принципов временного разделения каналов"
9. Установка "Изучение принципов временного разделения каналов"
10. Установка "Изучение принципов временного разделения каналов"
11. осциллограф С1-137
12. Шкаф полужакрытый
13. компьютер iP4-631/1024/HDD120/GF256MB/DVD-RW/LCD19"LG1953
14. компьютер iP4-631/1024/HDD120/GF256MB/DVD-RW/LCD19"LG1953
15. компьютер iP4-631/1024/HDD120/GF256MB/DVD-RW/LCD19"LG1953
16. компьютер iP4-631/1024/HDD120/GF256MB/DVD-RW/LCD19"LG1953
17. установка по курсу "Теория электрической связи"
18. установка "Изучение ИКМ-кодека"
19. компьютер iP4-631/1024/HDD120/GF256MB/DVD-RW/LCD19"LG1953
20. установка "Изучение ИКМ-кодека"
21. компьютер iP4-631/1024/HDD120/GF256MB/DVD-RW/LCD19"LG1953
22. установка по курсу "Теория электрической связи"
23. установка "Изучение ИКМ-кодека"
24. установка "Изучение ИКМ-кодека"
25. установка по курсу "Теория электрической связи"
26. компьютер iP4-631/1024/HDD120/GF256MB/DVD-RW/LCD19"LG1953
27. компьютер iP4-631/1024/HDD120/GF256MB/DVD-RW/LCD19"LG1953
28. компьютер iP4-631/1024/HDD120/GF256MB/DVD-RW/LCD19"LG1953
29. системный блок Celeron 256/80
30. Компьютер Intel 3.2GHz/4Gb/1Tb/DVDRW/Foxconn50DV/Cardreader/NVIDIA 1Gb/ИБП Iron 800/LG W1942/кл/мышь
31. Измерительные приборы MFJ-269

32. Компьютер P4 631/1646Gz/1024/120/3.5"/GF256/DVD-RW/ монитор
Samsung940/кл/мышь