

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 (143)»

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: очная

Документ подписан простой электронной
подписью
Составитель программы: Полетаев
Александр Сергеевич
Дата подписания: 29.05.2026

Документ подписан простой электронной
подписью
Утвердил и согласовал: Ченский Александр
Геннадьевич
Дата подписания: 08.06.2026

Год набора – 2026

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	Семестр № 6
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия, в том числе:	48	48
лекции	32	32
лабораторные работы	0	0
практические/семинарские занятия	16	16
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	60	60
Трудоемкость промежуточной аттестации	0	0
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет	Зачет

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 6

№ 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	Основы теории случайных сигналов. Основные вероятностные аспекты	1	2					3	2	Контрольн ая работа
2	Законы распределения случайных величин и их статистические характеристики	2	2			1	2	5	2	Контрольн ая работа
3	Модели случайных сигналов и помех в радиотехнических системах	3	2					3	2	Контрольн ая работа
4	Основы теории передачи информации	4	2					3, 4	4	Контрольн ая работа

5	Теория кодирования информации	5	2			2	2	3, 5	4	Контрольная работа
6	Теория помехоустойчивости радиотехнических систем	6	2					4	2	Контрольная работа
7	Корреляционная теория стационарных случайных процессов	7	2					4	2	Контрольная работа
8	Теорема Хинчина–Винера. Понятие белого шума	8	2					4	2	Контрольная работа
9	Случайный процесс гармонических сигналов со случайной фазой. Узкополосный случайный процесс	9	2					4	2	Контрольная работа
10	Преобразование характеристик случайного процесса в линейных и нелинейных цепях	10	2			3, 4	4	3, 5	4	Контрольная работа
11	Основы теории обнаружения сигналов на фоне помех	11	2			6	2	4	2	Контрольная работа
12	Критерий принятия решения по максимуму апостериорной вероятности	12	2					4	2	Контрольная работа
13	Согласованный фильтр для обнаружения сигнала на фоне помех	13	2			7	2	3, 5	4	Контрольная работа
14	Оптимальный алгоритм приема при полностью известных сигналах	14	2			5	2	5	2	Контрольная работа
15	Структура оптимального приемника сигналов	15	2					1, 3, 4	12	Контрольная работа
16	Основы теории измерения параметров сигнала и разрешения	16	2			8	2	2, 3	12	Контрольная работа

	сигналов по времени и частоте									
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		32				16		60	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 6

№	Тема	Краткое содержание
1	Основы теории случайных сигналов. Основные вероятностные аспекты	Вероятность события. Статистическое и классическое определение вероятности (равновозможные исходы). Совместные и несовместные события. Сумма и произведение событий. Теорема сложения вероятностей для несовместных событий и совместных. Теорема умножения вероятностей. Формула полной вероятности. Формула обратной (апостериорной) вероятности или формула Байеса.
2	Законы распределения случайных величин и их статистические характеристики	Распределение дискретных и непрерывных случайных величин. Функция распределения случайной величины. Плотность вероятности для непрерывной случайной величины. Условие нормировки плотности распределения случайной величины. Нормальное (гауссово) распределение. Распределение Релея. Числовые характеристики случайных величин: математическое ожидание (среднее значение), дисперсия (среднеквадратичное отклонение от среднего), моменты случайной величины, центральные моменты.
3	Модели случайных сигналов и помех в радиотехнических системах	Пространство случайных сигналов. Особенности и модели непрерывных и дискретных каналов передачи. Идеальный канал без помех. Канал с помехами. Классификация радиопомех.
4	Основы теории передачи информации	Статистические параметры количественной меры информации. Энтропия источника без памяти. Энтропия источника с памятью. Марковские цепи. Совместная энтропия двух источников. Взаимная информация. Пропускная способность канал передачи дискретных сообщений. Теорема Шеннона для канала без помех. Теорема Шеннона для канала с помехами.
5	Теория кодирования информации	Классификация методов кодирования. Статистически эффективные методы кодирования. Код Шеннона-Фано. Код Хаффмана. Алгоритм RLE. Лемпеля-Зива-Велча. Помехоустойчивое кодирование. Случайные независимые ошибки. Линейные блочные коды. Коды Хемминга.
6	Теория помехоустойчивости	Задачи приемного устройства, критерий достоверности передачи сообщений. Критерий

	радиотехнических систем	идеального наблюдателя. Оптимальное обнаружение полностью известного сигнала. Обнаружение сигналов со случайными параметрами.
7	Корреляционная теория стационарных случайных процессов	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.
8	Теорема Хинчина–Винера. Понятие белого шума	Спектральные свойства стационарного случайного процесса. Понятие белого шума. Спектральная плотность и теорема Хинчина–Винера. Сингулярности спектральной плотности.
9	Случайный процесс гармонических сигналов со случайной фазой. Узкополосный случайный процесс	Узкополосные случайные процессы. Функция корреляции узкополосного случайного процесса. Огибающая и начальная фаза. Обнаружение сигнала со случайными амплитудой и начальной фазой. Статистические свойства сопряженного процесса. Корреляционные свойства синфазной и квадратурной амплитуд. Совместная плотность вероятности огибающей и начальной фазы. Двумерная плотность вероятности огибающей. Функция корреляции огибающей. Огибающая суммы гармонического сигнала и узкополосного нормального шума.
10	Преобразование характеристик случайного процесса в линейных и нелинейных цепях	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.
11	Основы теории обнаружения сигналов на фоне помех	Ошибки и критерии оптимального обнаружения. Метод статистических решений. Возможные решения при обнаружении сигнала. Простейший обнаружитель Неймана-Пирсона. Обнаружение сигнала со случайной начальной фазой.
12	Критерий принятия решения по максимуму апостериорной вероятности	Оценивание по максимуму апостериорной вероятности. Винеровский процесс. Принцип максимального правдоподобия. Дискретные алгоритмы фильтрации по критерию МАВ. Непрерывные алгоритмы фильтрации по критерию

		МАН.
13	Согласованный фильтр для обнаружения сигнала на фоне помех	Частотный коэффициент передачи и импульсная характеристика согласованного фильтра для обнаружения сигнала на фоне помех. Сигнал и помеха на выходе согласованного фильтра.
14	Оптимальный алгоритм приема при полностью известных сигналах	Оптимальный алгоритм приема при полностью известных сигналах. Когерентный прием. Структура коррелятора. Дискриминатор полярности.
15	Структура оптимального приемника сигналов	Структурная схема и схема простейшей цепи оптимального приемника для различения двух известных сигналов на фоне помех. Оптимальный приемник на основе согласованных фильтров.
16	Основы теории измерения параметров сигнала и разрешения сигналов по времени и частоте	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

Семестр № 6

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Определение числовых характеристик случайных величин и процессов. Исследование законов распределения случайных сигналов	2
2	Оценка помехоустойчивости для двоичной системы передачи.	2
3	Расчет характеристик преобразования случайных процессов в линейных цепях	2
4	Определение изменения характеристик случайного процесса при прохождении безынерционных нелинейных элементов	2
5	Расчет характеристик оптимального обнаружения полностью известных сигналов	2
6	Расчет характеристик оптимального обнаружения сигналов со случайными параметрами	2
7	Определение импульсных и спектральных характеристик оптимальных (согласованных) фильтров	2
8	Расчет характеристик точности измерения временного положения различных сигналов и их частоты	2

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 6

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Подготовка к зачёту	8
2	Подготовка к контрольным работам	10
3	Подготовка к практическим занятиям	16
4	Проработка разделов теоретического материала	16
5	Решение специальных задач	10

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 семестр 6 | 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 Семестр 6, 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	Студент затрудняется с ответом на теоретический вопрос, не ориентируется в

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%.	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.

[Сайт] – URL: <https://textarchive.ru/c-2674679-pall.html>

3. Перов А. И. Статистическая теория радиотехнических систем : учеб. пособие для вузов/ А. И. Перов. М.: Радиотехника, 2003. - 398 с.

[Сайт] – URL: <https://djvu.online/file/w4V0vQUW4nBIT>

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.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-8246.pdf>

5. Рытов. Введение в статистическую радиофизику : учебное пособие для физических специальностей вузов: в 2 ч. Ч. 2 : Случайные поля, 1978. - 463.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-8344.pdf>

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 "Изучение принципов временного разделения каналов"
4. установка по курсу "Теория электрической связи"
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 полузакрытый
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 Ippon 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