Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Муромский институт (филиал)

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования

«Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

(МИ ВлГУ)

Кафедра *РТ*

«УТВЕРЖДАЮ»
Заместитель директора по УР
_____Д.Е. Андрианов
19.05.2026

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Статистическая теория радиотехнических систем

Направление подготовки *11.03.01 Радиотехника*

Профиль подготовки *Интеллектуальные радиоэлектронные системы*

Семестр	Трудоемкость, час./зач. ед.	Лекции, час.	Практические занятия, час.	Лабораторные работы, час.	Консультация, час.	Контроль, час.	Всего (контактная работа), час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз., зач., зач. с оц.)
7	**144 / 4**	**24**	**16**		**4,4**	**0,35**	**44,75**	**72,6**	**Экз.(26,65)**
Итого	**144 / 4**	**24**	**16**		**4,4**	**0,35**	**44,75**	**72,6**	**26,65**

Муром, 2026 г.

1. Цель освоения дисциплины

Цель дисциплины: научить студентов:

1. понимать принципы статистического подхода к синтезу сложных информационных и радиотехнических систем;
2. пользоваться различными методами статистической радиотехники для анализа процессов и устройств;
3. владеть излагаемыми методами расчета основных параметров стохастических устройств;
4. владеть методологией синтеза и анализа качественных показателей оптимальных устройств обнаружения, различения и оценки параметров сигналов, входящих в состав радиолокационных и радионавигационных систем и комплексов, систем передачи информации

Основными задачами изучения дисциплины «Статистическая теория РТС» студентами являются

- изучение основных методов анализа и синтеза различных радиосистем;
- умение разрабатывать структуры оптимальных и квазиоптимальных устройств обработки и определять характеристики их эффективности, проводить моделирование радиосистем статистическими методами с использованием ЭВМ, пользоваться современной справочной и научно-технической литературой, базами данных;

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Изучение дисциплины "Статистическая теория радиотехнических систем" базируется дисциплинах: "Математика" и «Теория вероятностей и математическая статистика» и является базой изучаемых студентами дисциплин "Радиотехнические системы" и "Электромагнитная совместимость радиосистем".

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	
ПК-1 Способен разрабатывать математические модели радиоэлектронных устройств, подсистем радиоэлектронных систем и комплексов на основе компьютерного моделирования алгоритмов формирования, передачи, приема и обработки радиосигналов	ПК-1.1 Разрабатывает математические модели узлов, блоков радиотехнических устройств и систем	Знает статистические методы синтеза и анализа радиотехнических систем обработки информации (ПК-1.1)	Тесты для текущего контроля знаний. Тесты для промежуточной аттестации.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

4.1. Форма обучения: очная

Уровень базового образования: среднее общее.
Срок обучения 4г.

4.1.1. Структура дисциплины

№ п\п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником							Самостоятельная работа	Форма текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации(по семестрам)
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	КП / КР	Консультация	Контроль		
1	Статистическое описание событий и процессов	7	4	2							устный опрос, решение задач
2	Математические модели случайных процессов	7	2	2							устный опрос, решение задач
3	Статистическое описание сообщений сигналов и помех	7	2	2							устный опрос
4	Основы теории статистических решений	7	2	2							устный опрос
5	Основы теории обнаружения сигналов	7	4	2						3	устный опрос, решение задач
6	Основы теории различения сигналов	7	2	2						11	устный опрос
7	Основы теории оценок параметров сигналов	7	4	2							устный опрос, решение задач
8	Основы теории разрешения сигналов	7	2								устный опрос
9	Основы теории фильтрации сигналов и их параметров	7	2	2						58,6	устный опрос, решение задач
Всего за семестр		144	24	16				4,4	0,35	72,6	Экз.(26,65)
Итого		144	24	16				4,4	0,35	72,6	26,65

4.1.2. Содержание дисциплины
4.1.2.1. Перечень лекций

Семестр 7

Раздел 1. Статистическое описание событий и процессов

Лекция 1.

Роль математических методов в развитии статистической радиотехники. Краткая характеристика основных проблем, изучаемых в рамках статистической радиотехники и основные направления ее развития (статистическая радиофизика, статистическая теория связи). Направления изучения случайных явлений в радиотехнике. Понятие статистического анализа и синтеза (2 часа).

Лекция 2.

Статистическое описание событий и процессов. Описание случайных величин. Функции и плотности вероятностей. Моментные и корреляционные функции. Основные плотности распределения вероятностей, используемые в радиосистемах и их числовые характеристики. Безинерционные преобразования случайных величин. Многомерные случайные величины. Якобиан преобразования. Условные законы распределения случайных величин (2 часа).

Раздел 2. Математические модели случайных процессов

Лекция 3.

Математическое описание случайных процессов. Понятие случайных процессов. Стационарные случайные процессы. Классификация случайных процессов. Свойства корреляционной функции. Время корреляции. Свойства спектральной плотности. Ширина спектральной плотности. Эргодические процессы. Математические модели случайных процессов. Гауссовский случайный процесс и его статистические характеристики. Белый гауссовский шум. Дискретный гауссовский шум. Марковские случайные последовательности. Цепи Маркова. Марковские процессы.Математические модели случайных процессов. Гауссовский случайный процесс и его статистические характеристики. Белый гауссовский шум. Дискретный гауссовский шум. Марковские случайные последовательности. Цепи Маркова. Марковские процессы (2 часа).

Раздел 3. Статистическое описание сообщений сигналов и помех

Лекция 4.

Статистическое описание сообщений сигналов и помех. Виды и классификация сообщений. Узкополосные сигналы. Статистические модели сигналов. Статистические модели сообщений и помех (2 часа).

Раздел 4. Основы теории статистических решений

Лекция 5.

Основы теории статистических решений. Решения, функции потерь, риск. Критерии статистического синтеза. Оптимальные решения при наличии случайных неинформативных параметров сигнала (2 часа).

Раздел 5. Основы теории обнаружения сигналов

Лекция 6.

Основы теории обнаружения сигналов. Содержание и классификация задач обнаружения сигналов. Статистические критерии синтеза обнаружителей сигналов. Отношение правдоподобия для задач обнаружения сигналов на фоне аддитивного гауссовского шума. Алгоритмы и устройства оптимального обнаружения сигналов. Обнаружение детерминированного сигнала. Качественные характеристики обнаружения сигналов. Обнаружение сигнала со случайной начальной фазой (2 часа).

Лекция 7.

Обнаружение сигнала со случайными амплитудой и начальной фазой. Согласованные фильтры. Обнаружение пачки когерентных детерминированных импульсов, импульсы со случайными параметрами. Обнаружение пачки некогерентных импульсов. Обнаружение случайных сигналов. Обнаружение сигналов на фоне негауссовских помех (2 часа).

Раздел 6. Основы теории различения сигналов

Лекция 8.

Основы теории различения сигналов. Различение двух детерминированных сигналов. Качественные характеристики различения. Различение двух сигналов со случайными начальными фазами. Различение нескольких квазидетерминированных сигналов (2 часа).

Раздел 7. Основы теории оценок параметров сигналов

Лекция 9.

Основы теории оценки параметров сигналов. Содержание и классификация задач измерения параметров сигналов. Байесовские оценки случайных параметров сигналов. Критерий оценки неслучайных параметров сигналов (2 часа).

Лекция 10.

Неравенство Крамера-Рао. Эффективные оценки. Оценки при простой, линейной и квадратичной функциях потерь. Оценки по максимуму правдоподобия. Оценки по максимуму правдоподобия при наличии у сигнала неинформационных параметров (2 часа).

Раздел 8. Основы теории разрешения сигналов

Лекция 11.

Функция неопределенности. Разрешение смещенных по частоте и времени сигналов. Функция неопределенности как характеристика близости сигналов на плоскости время-частота. Отклик согласованного фильтра и функция неопределенности. Свойства функций неопределенности. Поверхность и тело неопределенности. Инвариантность объема тела, ограниченного функцией неопределенности (2 часа).

Раздел 9. Основы теории фильтрации сигналов и их параметров

Лекция 12.

Фильтрация параметров сигналов. Формулировка и классификация задач фильтраций: линейная и нелинейная фильтрация, дискретная и непрерывная фильтрация. Байесовский подход и общий метод решения задачи фильтрации. Рекуррентный алгоритм вычисления апостериорной плотности распределения вероятностей. Линейная фильтрация и уравнения фильтра Калмана. Оптимальная нелинейная фильтрация информационных процессов (2 часа).

4.1.2.2. Перечень практических занятий

Семестр 7

Раздел 1. Статистическое описание событий и процессов

Практическое занятие 1

Основные теоремы теории вероятностей (2 часа).

Раздел 2. Математические модели случайных процессов

Практическое занятие 2

Распределения вероятностей случайных величин (2 часа).

Раздел 3. Статистическое описание сообщений сигналов и помех

Практическое занятие 3

Числовые характеристики случайных величин (2 часа).

Раздел 4. Основы теории статистических решений

Практическое занятие 4

Случайные процессы и их характеристики (2 часа).

Раздел 5. Основы теории обнаружения сигналов

Практическое занятие 5

Корреляционные функции и их расчет (2 часа).

Раздел 6. Основы теории различения сигналов

Практическое занятие 6

спектральные плотности (2 часа).

Раздел 7. Основы теории оценок параметров сигналов

Практическое занятие 7

Воздействие случайных процессов на линейные системы (2 часа).

Раздел 9. Основы теории фильтрации сигналов и их параметров

Практическое занятие 8

Обнаружение сигналов (2 часа).

4.1.2.3. Перечень лабораторных работ

Не планируется.

4.1.2.4. Перечень тем и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Перечень тем, вынесенных на самостоятельное изучение:

1. Оптимальные решения при наличии случайных параметров сообщения.
2. Обнаружение временного сигнала со случайными начальной фазой, амплитудой, временем запаздывания и смещением частоты.
3. Обнаружение сигнала по дискретной выборке.
4. Обнаружение сигнала со случайными параметрами на фоне негауссовских помех.
5. Обнаружение пространственно-временного сигнала.
6. Оценка времени запаздывания детерминированного сигнала.
7. Потенциальная точность оценок параметров сигнала.
8. Оценка информативных параметров сигнала.
9. Оценка параметров сигнала, наблюдаемого на фоне коррелированного шума.
10. Рекуррентное уравнение для апостериорной плотности вероятности непрерывного процесса, при наличии случайных неинформативных параметров.
11. Рекуррентное уравнение для апостериорной плотности вероятности дискретного процесса, при наличии случайных неинформативных параметров.
12. Рекуррентное уравнение для апостериорной плотности вероятности непрерывного процесса, зависящего от случайных параметров.
13. Рекуррентное уравнение для апостериорной плотности вероятности дискретного процесса, зависящего от случайных параметров.
14. Некоторые обобщения алгоритмов оптимальной линейной фильтрации.
15. Использование теории оптимальной линейной фильтрации для синтеза сглаживающих фильтров следящего измерителя.
16. Примеры синтеза оптимальных линейных систем фильтрации.
17. Оптимальный фильтр Винера.
18. Оптимальная дискретная фильтрация дискретных процессов.
19. Примеры синтеза оптимальных линейных дискретных систем фильтрации.
20. Дискретный фильтр Винера.
21. Непрерывно-дискретная калмановско-винеровская фильтрация.
22. Дискретная калмановско-винеровская фильтрация.
23. Оптимальная интерполяция и экстраполяция.
24. Оптимальная линейная фильтрация при коррелированный шумах наблюдения.
25. Оптимальная непрерывно-дискретная и дискретная фильтрация с оптимальным накоплением.
26. Оптимальный нелинейный фильтр при случайных неинформативных параметрах сигнала.
27. Оптимальная фильтрация в присутствии узкополосных помех.
28. Оптимальная фильтрация при негауссовских помехах.
29. Алгоритмы скользящей адаптации.
30. Оптимальная фильтрация при приеме пространственно – временного сигнала на фоне внутренних шумов.
31. Оптимальная фильтрация при наличии пространственно-распределенных помех.

Для самостоятельной работы используются методические указания по освоению дисциплины и издания из списка приведенной ниже основной и дополнительной литературы.

4.1.2.5. Перечень тем контрольных работ, рефератов, ТР, РГР, РПР

Не планируется.

4.1.2.6. Примерный перечень тем курсовых работ (проектов)

Не планируется.

4.2 Форма обучения: заочная

Уровень базового образования: среднее профессиональное.
Срок обучения 3г 6м.

Семестр	Трудоемкость, час./ зач. ед.	Лекции, час.	Практические занятия, час.	Лабораторные работы, час.	Консультация, час.	Контроль,час.	Всего (контактная работа), час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз., зач., зач. с оц.)
6	**144 / 4**	**4**	**4**		**4**	**0,6**	**12,6**	**122,75**	**Экз.(8,65)**
Итого	**144 / 4**	**4**	**4**		**4**	**0,6**	**12,6**	**122,75**	**8,65**

4.2.1. Структура дисциплины

№ п\п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником							Самостоятельная работа	Форма текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации(по семестрам)
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	КП / КР	Консультация	Контроль		
1	Статистическое описание событий и процессов	6	2							9	устный опрос, решение задач
2	Математические модели случайных процессов	6		2						11	устный опрос, решение задач
3	Статистическое описание сообщений сигналов и помех	6								32	устный опрос
4	Основы теории статистических решений	6								18	устный опрос
5	Основы теории обнаружения сигналов	6	2							14	устный опрос, решение задач
6	Основы теории различения сигналов	6								18	устный опрос
7	Основы теории оценок параметров сигналов	6		2						10	устный опрос, решение задач
8	Основы теории разрешения сигналов	6								5	устный опрос

9	Основы теории фильтрации сигналов и их параметров	6								5,75	устный опрос, решение задач
Всего за семестр		144	4	4		+		4	0,6	122,75	Экз.(8,65)
Итого		144	4	4				4	0,6	122,75	8,65

4.2.2. Содержание дисциплины

4.2.2.1. Перечень лекций

Семестр 6

Раздел 1. Статистическое описание событий и процессов

Лекция 1.

Роль математических методов в развитии статистической радиотехники. Краткая характеристика основных проблем, изучаемых в рамках статистической радиотехники и основные направления ее развития (статистическая радиофизика, статистическая теория связи). Направления изучения случайных явлений в радиотехнике. Понятие статистического анализа и синтеза (2 часа).

Раздел 5. Основы теории обнаружения сигналов

Лекция 2.

Статистическое описание событий и процессов. Описание случайных величин. Функции и плотности вероятностей. Моментные и корреляционные функции. Основные плотности распределения вероятностей, используемые в радиосистемах и их числовые характеристики. Безинерционные преобразования случайных величин. Многомерные случайные величины. Якобиан преобразования. Условные законы распределения случайных величин (2 часа).

4.2.2.2. Перечень практических занятий

Семестр 6

Раздел 2. Математические модели случайных процессов

Практическое занятие 1.

Основные теоремы теории вероятностей (2 часа).

Раздел 7. Основы теории оценок параметров сигналов

Практическое занятие 2.

Числовые характеристики случайных величин (2 часа).

4.2.2.3. Перечень лабораторных работ

Не планируется.

4.2.2.4. Перечень тем и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Перечень тем, вынесенных на самостоятельное изучение:

1. Оптимальные решения при наличии случайных параметров сообщения.
2. Обнаружение временного сигнала со случайными начальной фазой, амплитудой, временем запаздывания и смещением частоты.
3. Обнаружение сигнала по дискретной выборке.
4. Обнаружение сигнала со случайными параметрами на фоне негауссовских помех.
5. Обнаружение пространственно-временного сигнала.
6. Оценка времени запаздывания детерминированного сигнала.
7. Потенциальная точность оценок параметров сигнала.
8. Оценка информативных параметров сигнала.
9. Оценка параметров сигнала, наблюдаемого на фоне коррелированного шума.
10. Корреляционные функции и их расчет.
11. спектральные плотности.

12. Воздействие случайных процессов на линейные системы.

13. Обнаружение сигналов.

14. Некоторые обобщения алгоритмов оптимальной линейной фильтрации.

15. Использование теории оптимальной линейной фильтрации для синтеза сглаживающих фильтров следящего измерителя.

16. Примеры синтеза оптимальных линейных систем фильтрации.

17. Оптимальный фильтр Винера.

18. Оптимальная дискретная фильтрация дискретных процессов.

19. Примеры синтеза оптимальных линейных дискретных систем фильтрации.

20. Дискретный фильтр Винера.

21. Непрерывно-дискретная калмановско-винеровская фильтрация.

22. Основы теории статистических решений. Решения, функции потерь, риск. Критерии статистического синтеза. Оптимальные решения при наличии случайных неинформативных параметров сигнала.

23. Основы теории обнаружения сигналов. Содержание и классификация задач обнаружения сигналов. Статистические критерии синтеза обнаружителей сигналов. Отношение правдоподобия для задач обнаружения сигналов на фоне аддитивного гауссовского шума. Алгоритмы и устройства оптимального обнаружения сигналов. Обнаружение детерминированного сигнала. Качественные характеристики обнаружения сигналов. Обнаружение сигнала со случайной начальной фазой.

24. Обнаружение сигнала со случайными амплитудой и начальной фазой. Согласованные фильтры. Обнаружение пачки когерентных детерминированных импульсов, импульсы со случайными параметрами. Обнаружение пачки некогерентных импульсов. Обнаружение случайных сигналов. Обнаружение сигналов на фоне негауссовских помех.

25. Основы теории различения сигналов. Различение двух детерминированных сигналов. Качественные характеристики различения. Различение двух сигналов со случайными начальными фазами. Различение нескольких квазидетерминированных сигналов.

26. Основы теории оценки параметров сигналов. Содержание и классификация задач измерения параметров сигналов. Байесовские оценки случайных параметров сигналов. Критерий оценки неслучайных параметров сигналов.

27. Неравенство Крамера-Рао. Эффективные оценки. Оценки при простой, линейной и квадратичной функциях потерь. Оценки по максимуму правдоподобия. Оценки по максимуму правдоподобия при наличии у сигнала неинформационных параметров.

28. Функция неопределенности. Разрешение смещенных по частоте и времени сигналов.

29. Функция неопределенности как характеристика близости сигналов на плоскости время-частота. Отклик согласованного фильтра и функция неопределенности. Свойства функций неопределенности. Поверхность и тело неопределенности. Инвариантность объема тела, ограниченного функцией неопределенности.

30. Оптимальная фильтрация при приеме пространственно – временного сигнала на фоне внутренних шумов.

31. Оптимальная фильтрация при наличии пространственно-распределенных помех.

Для самостоятельной работы используются методические указания по освоению дисциплины и издания из списка приведенной ниже основной и дополнительной литературы.

4.2.2.5. Перечень тем контрольных работ, рефератов, ТР, РГР, РПР

1. Основные теоремы теории вероятностей.
2. Распределения вероятностей случайных величин.
3. Числовые характеристики случайных величин.
4. Случайные процессы и их характеристики.
5. Корреляционные функции и их расчет.
6. Воздействие случайных процессов на линейные системы.

4.2.2.6. Примерный перечень тем курсовых работ (проектов)

Не планируется.

5. Образовательные технологии

В процессе изучения дисциплины Статистическая теория радиотехнических систем применяется контактная технология преподавания (за исключением самостоятельно изучаемых студентами вопросов). При проведении практических работ применяется имитационный или симуляционный подход. Шаги решения задач студентам демонстрируются при помощи мультимедийной техники. В дальнейшем студенты самостоятельно решают аналогичные задания.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Фонды оценочных материалов (средств) приведены в приложении.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

7.1. Основная учебно-методическая литература по дисциплине

1. Горячкин, О. В. Статистическая теория радиотехнических систем : учебное пособие / О. В. Горячкин. — Самара : Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. — 92 c. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/75408.html (дата обращения: 29.09.2020). - http://www.iprbookshop.ru/75408.html

2. Сидельников, Г. М. Статистическая теория радиотехнических систем : учебное пособие / Г. М. Сидельников, А. А. Макаров. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2015. — 194 c. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/54801.html (дата обращения: 29.09.2020). - http://www.iprbookshop.ru/54801.html

3. Спектор, А. А. Статистическая теория радиотехнических систем : учебное пособие / А. А. Спектор. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2013. — 82 c. — ISBN 978-5-7782-2180-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/45169.html (дата обращения: 29.09.2020). - http://www.iprbookshop.ru/45169.html

7.2. Дополнительная учебно-методическая литература по дисциплине

1. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. - М.: Сов радио - 1966, 1982 (дополненное и переработанное). - 16 экз.

2. Перов А.И. Статистическая теория радиотехнических систем. Учеб. пособие для вузов. – М.: Радиотехника, 2003, 400 с. - 10 экз.

3. Попов Д.И. Статистическая теория радиотехнических систем: учеб. пособие. – Рязань: Рязан. гос. радиотех. акад., 2005. – 76 с. - 20 экз.

4. Горяинов В.Т., Журавлев А.Г., Тихонов В.И. Примеры и задачи по статистической радиотехнике. - М.: Сов. радио, 1970. -1 е изд. 40 экз., 1980 - 2-е изд. - 5 экз.

7.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

В образовательном процессе используются информационные технологии, реализованные на основе информационно-образовательного портала института (www.mivlgu.ru/iop), и инфокоммуникационной сети института:

- предоставление учебно-методических материалов в электронном виде;

- взаимодействие участников образовательного процесса через локальную сеть института и Интернет;

- предоставление сведений о результатах учебной деятельности в электронном личном кабинете обучающегося.

Информационные справочные системы:

Информационно-справочная социальная сеть радиотехников и электроников www.umup.ru/

Радиотехнический сайт RADIOTRACT. Радиотехника и электроника для разработчиков и радиолюбителей http://radiotract.ru/link_sprav.html

Радиотехнические системы http://rateli.ru/

Программное обеспечение:

Не предусмотрено.

7.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

iprbookshop.ru
umup.ru
radiotract.ru
rateli.ru
mivlgu.ru/iop

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лаборатория приемо-передающих устройств и радиосистем

Стенды по исследованию радиопередающих устройств; стенды по исследованию радиоприемных устройств;; осциллограф HMO 1012 – 1 шт.; мультиметр HM 8112; мультиметр UT803; генератор HMF 2550; селективный вольтметр STV 401;; учебная система разделения каналов ЭЛБ-ИРК; учебная стойка УРПС (3 блока); учебная система ЭЛБ-ИТУ (8 блоков); учебная система ЭЛБ-ИРС (4 блока); рабочая станция HP Core 2 DUO, 3 GHz; 2 GB, DVD-RW/HP 19” 3 шт.; коммутатор 3 COM; проектор NEC; экран настенный.

9. Методические указания по освоению дисциплины

Для успешного освоения теоретического материала обучающийся: знакомится со списком рекомендуемой основной и дополнительной литературы; уточняет у преподавателя, каким дополнительным пособиям следует отдать предпочтение; ведет конспект лекций и прорабатывает лекционный материал, пользуясь как конспектом, так и учебными пособиями.

На практических занятиях пройденный теоретический материал подкрепляется решением задач по основным темам дисциплины. Занятия проводятся в компьютерном классе, используя специальное программное обеспечение. Каждой подгруппе обучающихся преподаватель выдает задачу, связанную с разработкой и программной реализацией алгоритмов обработки информации. В конце занятия обучающие демонстрируют полученные результаты преподавателю и при необходимости делают работу над ошибками.

Самостоятельная работа оказывает важное влияние на формирование личности будущего специалиста, она планируется обучающимся самостоятельно. Каждый обучающийся самостоятельно определяет режим своей работы и меру труда, затрачиваемого на овладение учебным содержанием дисциплины. Он выполняет внеаудиторную работу и изучение разделов, выносимых на самостоятельную работу, по личному индивидуальному плану, в зависимости от его подготовки, времени и других условий.

Форма заключительного контроля при промежуточной аттестации – экзамен. Для проведения промежуточной аттестации по дисциплине разработаны фонд оценочных средств и балльно-рейтинговая система оценки учебной деятельности студентов. Оценка по дисциплине выставляется в информационной системе и носит интегрированный характер, учитывающий результаты оценивания участия студентов в аудиторных занятиях, качества и

своевременности выполнения заданий в ходе изучения дисциплины и промежуточной аттестации.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению *11.03.01 Радиотехника* и профилю подготовки *Интеллектуальные радиоэлектронные системы*
Рабочую программу составил *к.т.н., доцент Жиганов С.Н.*_____

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры *РТ*

протокол № 16 от 06.05.2026 года.
Заведующий кафедрой *РТ* _____*Ромашов В.В.*
(Подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии факультета

протокол № 9 от 12.05.2026 года.
Председатель комиссии ФИТР _____ *Кутарова Е.И.*
(Подпись) (Ф.И.О.)

Приложение

Фонд оценочных материалов (средств) по дисциплине

Статистическая теория радиотехнических систем

1. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости по дисциплине

Вопросы для устного опроса:

1. Понятие статистического анализа и синтеза.
2. Описание случайных величин. Функции и плотности вероятностей. Моментные и корреляционные функции.
3. Основные плотности распределения вероятностей, используемые в радиосистемах и их числовые характеристики.
4. Безинерционные преобразования случайных величин. Многомерные случайные величины.
5. Якобиан преобразования. Условные законы распределения случайных величин.
6. Понятие случайных процессов. Стационарные случайные процессы. Классификация случайных процессов.
7. Свойства корреляционной функции. Время корреляции. Свойства спектральной плотности. Ширина спектральной плотности. Эргодические процессы.
8. Гауссовский случайный процесс и его статистические характеристики. Белый гауссовский шум. Дискретный гауссовский шум.
9. Решения, функции потерь, риск. Критерии статистического синтеза.
10. Содержание и классификация задач обнаружения сигналов. Статистические критерии синтеза обнаружителей сигналов.
11. Отношение правдоподобия для задач обнаружения сигналов на фоне аддитивного гауссовского шума.
12. Оптимальные решения при наличии случайных параметров сообщения.
13. Обнаружение детерминированного сигнала. Качественные характеристики обнаружения сигналов.
14. Обнаружение сигнала со случайной начальной фазой. Обнаружение сигнала со случайными амплитудой и начальной фазой. Согласованные фильтры.
15. Обнаружение временного сигнала со случайными начальной фазой, амплитудой, временем запаздывания и смещением частоты.
16. Обнаружение пачки когерентных детерминированных импульсов, импульсы со случайными параметрами. Обнаружение пачки некогерентных импульсов.
17. Обнаружение случайных сигналов. Обнаружение сигналов на фоне негауссовских помех.
18. Обнаружение сигнала по дискретной выборке.
19. Обнаружение сигнала со случайными параметрами на фоне негауссовских помех.
20. Обнаружение пространственно-временного сигнала.
21. Различение двух детерминированных сигналов. Качественные характеристики различения.
22. Различение двух сигналов со случайными начальными фазами. Различение нескольких квазидетерминированных сигналов.
23. Содержание и классификация задач измерения параметров сигналов. Байесовские оценки случайных параметров сигналов.
24. Неравенство Крамера-Рао. Эффективные оценки. Оценки при простой, линейной и квадратичной функциях потерь.
25. Оценки по максимуму правдоподобия.
26. Оценка времени запаздывания детерминированного сигнала.
27. Потенциальная точность оценок параметров сигнала.
28. Оценка информативных параметров сигнала.
29. Оценка параметров сигнала, наблюдаемого на фоне коррелированного шума.

30. Разрешение смещенных по частоте и времени сигналов. Функция неопределенности как характеристика близости сигналов на плоскости время-частота. Отклик согласованного фильтра и функция неопределенности.

31. Свойства функций неопределенности. Поверхность и тело неопределенности. Инвариантность объема тела, ограниченного функцией неопределенности.

32. Формулировка и классификация задач фильтраций: линейная и нелинейная фильтрация, дискретная и непрерывная фильтрация.

33. Рекуррентный алгоритм вычисления апостериорной плотности распределения вероятностей.

34. Рекуррентное уравнение для апостериорной плотности вероятности непрерывного процесса, при наличии случайных неинформативных параметров.

35. Рекуррентное уравнение для апостериорной плотности вероятности дискретного процесса, при наличии случайных неинформативных параметров.

36. Рекуррентное уравнение для апостериорной плотности вероятности непрерывного процесса, зависящего от случайных параметров.

37. Рекуррентное уравнение для апостериорной плотности вероятности дискретного процесса, зависящего от случайных параметров.

38. Линейная фильтрация и уравнения фильтра Калмана.

39. Некоторые обобщения алгоритмов оптимальной линейной фильтрации.

40. Использование теории оптимальной линейной фильтрации для синтеза сглаживающих фильтров следящего измерителя.

41. Примеры синтеза оптимальных линейных систем фильтрации.

42. Оптимальный фильтр Винера.

43. Оптимальная дискретная фильтрация дискретных процессов.

44. Примеры синтеза оптимальных линейных дискретных систем фильтрации.

45. Дискретный фильтр Винера.

46. Непрерывно-дискретная калмановско-винеровская фильтрация.

47. Дискретная калмановско-винеровская фильтрация.

48. Оптимальная интерполяция и экстраполяция.

49. Оптимальная линейная фильтрация при коррелированный шумах наблюдения.

50. Оптимальная непрерывно-дискретная и дискретная фильтрация с оптимальным накоплением.

51. Оптимальный нелинейный фильтр при случайных неинформативных параметрах сигнала.

52. Оптимальная фильтрация в присутствии узкополосных помех.

53. Оптимальная фильтрация при негауссовских помехах.

54. Алгоритмы скользящей адаптации.

55. Оптимальная фильтрация при приеме пространственно – временного сигнала на фоне внутренних шумов.

56. Оптимальная фильтрация при наличии пространственно-распределенных помех.

Задачи:

1. Искусственный спутник Земли (ИСЗ) движется по орбите, которая заключена между 60° северной и 60° южной широты. Полагая паление ИСЗ и любую точку поверхности Земли между указанными параллелями равновозможным, найти вероятность того, что спутник упадет выше 30 северной широты.

2. Проводится бомбометание по трем складам боеприпасов, причем сбрасывается одна бомба. Вероятность попадания в первый склад равна 0,01, во второй - 0,008, в третий - 0,025. При попадании в один из складов взрываются все три. Определить вероятность того, что склады будут взорваны.

3. На вход радиоприемного устройства поступают кодовые комбинации, состоящие из двух знаков: 1 (посылка) и 0 (пауза). Какова вероятность того, что в первой кодовой комбинации будет хотя бы один нуль, если появление нуля и единицы равновозможно?

4. Вероятность ухода частоты принимаемых колебаний за пределы полосы пропускания приемника из-за нестабильности частоты колебаний передатчика равна 0.1, а из-за нестабильности частоты колебаний гетеродина приемника - 0,2. Определить вероятность того, что частота принимаемых колебаний не выйдет за пределы полосы пропускания приемники.

5. При передаче текста 10% букв искажаются и принимаются неверно. Какова вероятность того, что все пять букв данного слова будут приняты правильно?

6. Связная самолетная радиостанция может работать в трех режимах по мощности: полной, половинной и при мощности, составляющей 25% полной мощности. Вероятности работы радиостанции в этих режимах соответственно равны 0,7; 0,1; 0,2. Вероятности отказа радиостанции при работе в этих режимах за время Т составляют соответственно 0,3; 0,2; 0,05. Определить вероятность того, что за Т часов работы радиостанция не выйдет из строя.

7. Вероятности того, что во время работы ЭЦВМ произойдет сбой в арифметическом устройстве, в оперативной памяти, в остальных блоках, относятся как 3:2:5. Вероятности обнаружения сбоя в арифметическом устройстве, в оперативной памяти и в остальных блоках соответственно равны 0,8; 0,9; 0,9. Найти вероятность того, что возникший в машине сбой будет обнаружен.

8. Два из трех независимо работающих элементов вычислительного устройства отказали. Вычислить вероятность того, что отказали первый и второй элементы, если вероятности отказа первого, второго и третьего элементов соответственно равны 0,2; 0,4; 0,3.

9. Самолет может выполнить задание на больших, средних и малых высотах, причем на больших высотах предполагается совершить 25% всех полетов, на средних - 10% и на малых — 65° Вероятности выхода самолета на заданный объект на больших, ере них и малых высотах соответственно равны 0,75; 0,9; 0,65. Самолет вышел на заданный объект. Определить вероятность того, что полет происходил на малой высоте.

10. Вероятности того, что при одном выстреле из орудия получаются недолет, попадание и перелет, равны 0,1; 0,7; 6.2. Для другого орудия вероятности этих событий равны соответственно 0,2; 0,6 и 0,2. Наугад выбранное орудие стреляет трижды. Отмечены: одно попадание, один недолет и один перелет. Найти вероятность того, что стреляло первое орудие.

11. Импульсно-кодовая комбинация образуется с помощью шести двоичных сигналов 0 или 1, которые случайным образом появляются на позициях кодовой комбинации независимо друг от друга. Появление сигналов 0 и 1 на каждой позиции равновозможно. Вычислить вероятность того, что в кодовой комбинации появится число нулей, меньшее двух.

12. Радиоэлектронный комплекс самолета-бомбардировщика включает в себя 10 объектов. Вероятность безотказной работы каждого объекта в течение времени Т равна 0,9. Объекты выходят из строя независимо один от другого. Вычислить вероятность того, что за время Т: а) откажет хотя бы один объект; б) откажут ровно два объекта; в) откажут не менее двух объектов.

13. На ограничитель поступает последовательность из восьми случайных по амплитуде независимых видеоимпульсов. Вероятность превышения порога ограничения каждым импульсом равна 0,25. Вычислить: а) вероятность того, что из 8 импульсов не менее 6 видеоимульсов превысит порог; б) наивероятнейшее число видеоимпульсов, превысивших порог.

14. Вероятность попадания в самолет при одном выстреле равна 0,01. По самолету производится 100 независимых выстрелов. Определить вероятность двух попаданий в самолет.

15. Вероятности разрегулировки датчика опорных частот, передатчика, приемника и антенно-фидерного тракта за время Т работы радиостанции соответственно равны 0,4; 0,2; 0,3; 0,3. Найти вероятность отказа радиостанции за время Т, если из-за разрегулировки одного блока радиостанция отказывает с вероятностью 0,3, из-за разрегулировки двух блоков - 0,5, трех блоков - 0,7, четырех - 0,9.

16. По линии связи передано четыре радиосигнала, имеющих различные амплитуды. Вероятности приема каждого из сигналов не зависят от приема остальных и соответственно равны 0,2; 0,3; 0,4; 0,5. Определить вероятность того, что: а) будет принято k сигналов (k = 0,

1, 2, 3, 4); б) будет установлена двухсторонняя радиосвязь, если вероятность этого события при приеме одного сигнала равна 0,2, при приеме двух сигналов - 0,6, а при приеме трех и четырех сигналов - единице.

17. Девяти радиостанциям разрешена работа на трех волнах: □1, □2 и □3. Выбор волны на каждой станции производится случайно. Найти вероятность того, что на каждой из волн будет работать точно 3 станции.

18. В партии из 25 кожаных курток 5 имеют скрытый дефект. Покупают 3 куртки. Найти закон распределения числа дефектных курток среди купленных. Построить многоугольник распределения.

19. Из партии в 20 изделий, среди которых имеется 6 бракованных, выбраны случайным образом 3 изделия для проверки их качества. Построить ряд распределения случайного числа X бракованных изделий среди отобранных.

20. В коробке 20 одинаковых катушек ниток, из них 4 катушки с белыми нитками. Наудачу вынимают 2 катушки. Найти закон распределения числа катушек с белыми нитками среди вынутых.

21. Баскетболист делает три штрафных броска. Вероятность попадания при каждом броске равна 0,7. Построить ряд распределения числа попаданий мяча в корзину.

22. Имеются три базы с независимым снабжением. Вероятность отсутствия на базе нужного товара равна 0,1. Предприниматель решил закупить некий товар. Составить закон распределения числа баз, на которых в данный момент этот товар отсутствует.

23. Бросают три игральных кубика, составить закон распределения числа выпавших «шестерок» на трех кубиках. Построить многоугольник распределения.

24. Устройство состоит из трех независимо работающих элементов. Вероятность отказа каждого элемента 0,15. Составить закон распределения отказавших элементов.

25. Вероятность того, что при составлении бухгалтерского баланса допущена ошибка, равна 0,3. Аудитору на заключение представлено 3 баланса предприятия. Составить закон распределения числа положительных заключений на проверяемые балансы.

26. Вероятность сбоя в работе АТС равна 0,1. Составить закон распределения числа сбоев, если в данный момент поступило 5 вызовов.

27. Имеется A различных ключа, из которых только один подходит к замку. Составить закон распределения числа опробованных ключей, если опробованный ключ в дальнейшем не участвует в испытаниях.

28. Случайная величина X - ошибка измерительного прибора распределена по нормальному закону с дисперсией 16 мВ2. Систематическая ошибка прибора отсутствует.

29. Вычислить вероятность того, что в пяти независимых измерениях ошибка X: а) превзойдет по модулю 6 мВ не более трех раз; б) хотя бы один раз окажется в интервале 0,5 мВ - 3,5 мВ.

30. Сообщение передается квантованными импульсами с шагом квантования □ = 1 В. Предполагая, что ошибка квантования равномерно распределена в пределах интервала квантования и имеет нулевое среднее значение, определить дисперсию □2 (мощность) шума квантования.

31. Время безотказной работы самолетного радиоэлектронного оборудования в полете является случайной величиной, распределенной по экспоненциальному закону. Определить вероятность безотказной работы оборудования в течение десятичасового полета, если среднее время безотказной работы по статистическим данным составляет 200 ч.

32. Случайная величина X распределена равномерно в интервале (a, b). Определить плотность вероятности случайной величины Y = X2 и построить ее график.

33. Случайная величина X распределена равномерно в интервале (a, b). Определить плотность вероятности случайной величины Y = X2 и построить ее график.

34. Бросают n игральных костей. Найти математическое ожидание числа таких бросаний, в каждом из которых выпадет ровно m шестерок, если общее число бросаний равно N.

35. Бросают n игральных костей. Найти математическое ожидание суммы числа очков, которые выпадут на всех гранях.

36. Отдел технического контроля проверяет изделия на стандартность. Вероятность того, что изделие стандартно, равна 0,9. В каждой партии содержится пять изделий. Найти математическое ожидание дискретной случайной величины X - числа партий, в каждой из которых окажется ровно четыре стандартных изделия - если проверке подлежит 50 партий.

37. Найти дисперсию дискретной случайной величины X - числа появлений события A в двух независимых испытаниях, если вероятности появления события в этих испытаниях одинаковы и известно, что M(X)=0,9.

38. Производятся независимые испытания с одинаковой вероятностью появления события A в каждом испытании. Найти вероятность появления события A, если дисперсия числа появлений события в трех независимых испытаниях равна 0,63.

39. Случайная величина X задана плотностью распределения w(x) = 2x в интервале (0, 1); вне этого интервала w(x) = 0. Найти математическое ожидание вели чины X.

40. Случайная величина X задана плотностью распределения w(x) = (1/2)x в интервале (0; 2); вне этого интервала = 0. Найти математическое ожидание величины X.

41. Случайная величина X, возможные значения которой неотрицательны, задана функцией распределения F(x) = 1 - e-□x (□>0). Найти математическое ожидание величины X.

42. Случайная величина X задана плотностью распределения w(x)=(l/2)sinx в интервале (0, □); вне этого интервала w(x)=0. Найти математическое ожидание функции Y = X2 (не находя предварительно плотности распределения Y).

43. Случайная величина X задана плотностью распределения w(x)= cosx в интервале (0, □/2); вне этого интервала w(x)=0. Найти математическое ожидание функции Y = X2 (не находя предварительно плотности распределения Y).

44. Случайная величина X задана плотностью распределения w(x)=xne-x/n! при x□0; w(x)=0 при x<0. Найти: а) математическое ожидание; б) дисперсию X.

45. Передаваемое сообщение представляет тонально-манипулированные сигналы АМ-ЧМ

S1(t)=Acos(w0t+□1cos□t+□1),

S2(t)=Acos(w0t+□2cos□t+□2),

□i - случайная начальная фаза с равномерным распределением на интервале [-□, □]. Сигналы наблюдаются на фоне белого гауссовского шума со спектральной плотностью N. Синтезировать оптимальный приемник сигналов.

46. На вход приемника РЛС поступает сигнал yk = Sk + nk, когда цель есть, и yk = nk когда цели нет. Шум имеет распределение Лапласа с параметром □, является стационарным с независимым значениями. Синтезировать оптимальный обнаружитель детерминированного сигнала Sk k = 1,2,…,т.

47. Передаваемое сообщение представляет тонально-манипулированные сигналы ЧМ - АМ

S1(t)=A(1 + mcos□1t)cos(w0t +□1),

S2(t)=A(1 + mcos□2t)cos(w0t+□2),

□i - случайная начальная фаза с равномерным распределением на интервале

[-□, □]. Сигналы наблюдаются на фоне белого гауссовского шума со спектральной плотностью N. Синтезировать оптимальный приемник сигналов.

48. Передаваемое сообщение представляет тонально-манипулированные сигналы ФМ - АМ

S1(t)=A(1 + mcos□t)cos(w0t +□1),

S2(t)=A(1 + mcos□t)cos(w0t+□2),

□i - случайная начальная фаза с равномерным распределением на интервале [-□, □]. Сигналы наблюдаются на фоне белого гауссовского шума со спектральной плотностью N. Синтезировать оптимальный приемник сигналов.

49. Синтезировать оптимальный приемник сигналов двухпозиционной частотной телеграфии при наблюдении их на фоне белого гауссовского шума плотностью N. Амплитуда сигнала равна A.

50. На квадратичный детектор y=4x2 воздействует стационарный нормальный шум с дисперсией N =9 и математическим ожиданием M=l. Определить плотность распределения вероятностей процесса на выходе детектора.

51. На линейный детектор y=a|x| воздействует стационарный нормальный шум с корреляционной функцией Ry(□)=□2exp(-□□2). Определить математическое ожидание процесса на выходе детектора и его корреляционную функцию.

52. Плотность распределения отклонения частоты кварцевого автогенератора от номинальной за счет старения кварца и воздействия изменения температуры является равномерным в диапазонах [-fs, + fs] и [-ft, + ft] соответственно. Полагая, что процессы старения и воздействия температуры являются стационарными и независимыми, найти плотность распределения вероятностей суммарной нестабильности частоты.

53. На вход квантователя на три уровня y=a при x>d, y = 0 при -e<x<d, y=-b при x<-e воздействует стационарный нормальный шум с дисперсией N=25 и математическим ожиданием M=0. Определить плотность распределения вероятностей процесса на выходе нелинейного устройства.

а так же https://www.mivlgu.ru/iop/course/view.php?id=32

Общее распределение баллов текущего контроля по видам учебных работ для студентов

Рейтинг-контроль 1	Устный опрос 2 вопроса 2 задачи	15
Рейтинг-контроль 2	Устный опрос 2 вопроса 2 задачи	15
Рейтинг-контроль 3	Устный опрос 2 вопроса 2 задачи	15
Посещение занятий студентом	Журнал	5
Дополнительные баллы (бонусы)	Активность работы	5
Выполнение семестрового плана самостоятельной работы	2-3 вопроса из перечня тем самостоятельной работы	5

2. Промежуточная аттестация по дисциплине

Перечень вопросов к экзамену / зачету / зачету с оценкой.
Перечень практических задач / заданий к экзамену / зачету / зачету с оценкой (при наличии)

ПК-1: Оценочные средства для промежуточной аттестации приведены в https://www.mivlgu.ru/iop/course/view.php?id=32

Методические материалы, характеризующие процедуры оценивания

Экзаменационный билет формируются из фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации, состоящий из двух теоретических вопросов и одной задачи.

Максимальная сумма баллов, набираемая студентом по дисциплине равна 100.

Оценка в баллах	Оценка по шкале	Обоснование	***Уровень сформированности компетенций***
Более	«Отлично»	Содержание курса освоено	***Высокий уровень***

80		полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному	
66-80	«Хорошо»	Содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками	***Продвинутый уровень***
50-65	«Удовлетворительно»	Содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки	***Пороговый уровень***
Менее 50	«Неудовлетворительно»	Содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки	***Компетенции не сформированы***

3. Задания в тестовой форме по дисциплине

Примеры заданий:
I: Вопрос 1.
S:Функциональными зависимостями описываются:
детерминированные

I: Вопрос 2.
S: У стационарного в широком смысле процесса от текущего времени не зависит:
-: корреляционная функция;
+: плотность распределения вероятностей;
-: числовые характеристики;
-: характеристическая функция.

Полный перечень тестовых заданий с указанием правильных ответов, размещен в банке вопросов на информационно-образовательном портале института по ссылке

https://www.mivlgu.ru/iop/question/edit.php?courseid=32&category=24953%2C558&qbshowtext=0&recurse=0&recurse=1&showhidden=0

Оценка рассчитывается как процент правильно выполненных тестовых заданий из их общего числа.