

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования_
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Методы анализа и оптимизации радиотехнических систем

Уровень высшего образования

Специалитет

Направление подготовки / специальность

11.05.02 - Специальные радиотехнические системы

Направленность образовательной программы

Прием, анализ и обработка сигналов системами специального назначения

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.04 Методы анализа и оптимизации радиотехнических систем относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1: Способен проводить сбор, анализ и систематизацию научно-технической информации, обобщать отечественный и зарубежный опыт в области радиоэлектроники	<p>ПК-1.1: Анализирует достижения науки и техники в стране и за рубежом в области радиоэлектроники</p> <p>ПК-1.2: Проводит сбор, анализ и систематизацию научно-технической информации</p> <p>ПК-1.3: Проводит необходимые расчеты и технико-экономические обоснования принятых решений по разработке радиоэлектронных средств</p>	<p>ПК-1.1: Знает достижения науки и техники в стране и за рубежом в области радиоэлектроники.</p> <p>ПК-1.2: Умеет проводить сбор, анализ и систематизацию научно-технической информации.</p> <p>ПК-1.3: Умеет проводить необходимые расчеты и технико-экономические обоснования принятых решений по разработке радиоэлектронных средств</p>	Допуск к лабораторной работе	Экзамен: Контрольные вопросы
ПК-2: Способен проводить математическое и компьютерное моделирование, а также экспериментальные исследования объектов и процессов в целях анализа и оптимизации параметров радиоэлектронных средств и апробации перспективных	<p>ПК-2.1: Понимает основы моделирования и компьютерного проектирования радиоэлектронных средств, стандартные пакеты прикладных программ, ориентированных на решение научных и проектных задач радиоэлектроники</p> <p>ПК-2.2: Понимает математические модели процессов и явлений, лежащих в основе принципов действия</p>	<p>ПК-2.1: Знает основы моделирования и компьютерного проектирования радиоэлектронных средств, стандартные пакеты прикладных программ, ориентированных на решение научных и проектных задач радиоэлектроники.</p> <p>ПК-2.2: Знает математические модели процессов и явлений, лежащих в основе принципов</p>	Допуск к лабораторной работе	Экзамен: Контрольные вопросы

технических решений	<p>радиоэлектронных средств</p> <p>ПК-2.3: Применяет компьютерные системы и пакеты прикладных программ для проектирования и моделирования радиоэлектронных средств</p> <p>ПК-2.4: Проводит экспериментальные исследования в целях анализа и оптимизации параметров радиоэлектронных средств и апробации перспективных технических решений</p>	<p>действия радиоэлектронных средств</p> <p>ПК-2.3: Владеет компьютерными системами и пакетами прикладных программ для проектирования и моделирования радиоэлектронных средств.</p> <p>ПК-2.4: Умеет проводить экспериментальные исследования в целях анализа и оптимизации параметров радиоэлектронных средств и апробации перспективных технических решений</p>		
<p>ПК-3: Расчеты по проекту в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ</p>	<p>ПК-3.1: Понимает основы схемотехники</p> <p>ПК-3.2: Понимает принципы и средства построения физических и математических моделей объектов научных исследований</p> <p>ПК-3.3: Соблюдает стандарты в области разработки и постановки изделий на производство, общих технических требований, контроля качества продукции, ЕСКД, стандарты системы менеджмента качества</p> <p>ПК-3.4: Применяет методы анализа и синтеза сетей связи, в т.ч. современные отечественные и зарубежные пакеты программ для решения схемотехнических, системных и сетевых задач</p> <p>ПК-3.5: Осуществляет методологическое обоснование научного исследования</p>	<p>ПК-3.1: Знает основы схемотехники.</p> <p>ПК-3.2: Знает принципы и средства построения физических и математических моделей объектов научных исследований.</p> <p>ПК-3.3: Знает стандарты в области разработки и постановки изделий на производство, общих технических требований, контроля качества продукции, ЕСКД, стандарты системы менеджмента качества</p> <p>ПК-3.4: Владеет методами анализа и синтеза сетей связи, в т.ч. современные отечественные и зарубежные пакеты программ для решения схемотехнических, системных и сетевых задач.</p> <p>ПК-3.5: Умеет осуществлять</p>	<p>Допуск к лабораторной работе</p> <p>Задачи</p>	<p>Экзамен:</p> <p>Контрольные вопросы</p>

		методологическое обоснование научного исследования.		
--	--	---	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	2
самостоятельная работа	49
Промежуточная аттестация	45 Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Тема 1. Основные задачи оптимального приема. Статистическая модель системы связи. Формулировка задачи синтеза оптимального приемного устройства. Критерии качества оценки сообщения. Классификация задач, решаемых системами связи.	12	4		4	8
Тема 2. Оптимальное обнаружение и различение сигналов. Общие соотношения для бинарной задачи различения. Статистика пространства принимаемых колебаний. Оптимальное различение двух детерминированных сигналов на фоне аддитивной нормальной помехи. Использование оптимальных линейных фильтров при построении оптимальных приемников. Частотная характеристика оптимального фильтра (ОФ). Отношение сигнал/шум на выходе ОФ. Примеры синтеза ОФ для простых и сложных сигналов. Корреляционно-фильтровые варианты построения оптимальных приемников. Оптимальное различение двух радиосигналов со случайными начальными фазами. Оптимальное некогерентное обнаружение радиосигналов. Оптимальное обнаружение случайного процесса	34	10	8	18	16

Тема 3. Оптимальная оценка параметров сигнала. Постановка задачи и практические критерии качества. Оценка параметра детерминированного сигнала на фоне аддитивной нормальной помехи. Оценка параметра радиосигнала со случайной начальной фазой на фоне аддитивной нормальной помехи. Оптимальное измерение амплитуды, смещения частоты, запаздывания радиосигнала.	34	10	8	18	16
Тема 4. Оптимальная оценка (фильтрация) процессов. Основные соотношения гауссовой теории оптимальной фильтрации. Линейные фильтры, минимизирующие среднеквадратичную ошибку фильтрации. Основные соотношения марковской теории оптимальной фильтрации. Оптимальные демодуляторы АМ и ФМ сигналов.	17	8		8	9
Аттестация	45				
КСР	2			2	
Итого	144	32	16	50	49

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Основные задачи оптимального приема. Статистическая модель системы связи. Формулировка задачи синтеза оптимального приемного устройства. Критерии качества оценки сообщения. Классификация задач, решаемых системами связи.
2. Оптимальное обнаружение и различение сигналов. Общие соотношения для бинарной задачи различения. Статистика пространства принимаемых колебаний. Оптимальное различение двух детерминированных сигналов на фоне аддитивной нормальной помехи. Использование оптимальных линейных фильтров при построении оптимальных приемников. Частотная характеристика оптимального фильтра (ОФ). Отношение сигнал/шум на выходе ОФ. Примеры синтеза ОФ для простых и сложных сигналов. Корреляционно-фильтровые варианты построения оптимальных приемников. Оптимальное различение двух радиосигналов со случайными начальными фазами. Оптимальное некогерентное обнаружение радиосигналов. Оптимальное обнаружение случайного процесса.
3. Оптимальная оценка параметров сигнала. Постановка задачи и практические критерии качества. Оценка параметра детерминированного сигнала на фоне аддитивной нормальной помехи. Оценка параметра радиосигнала со случайной начальной фазой на фоне аддитивной нормальной помехи. Оптимальное измерение амплитуды, смещения частоты, запаздывания радиосигнала.
4. Оптимальная оценка (фильтрация) процессов. Основные соотношения гауссовой теории оптимальной фильтрации. Линейные фильтры, минимизирующие среднеквадратичную ошибку фильтрации. Основные соотношения марковской теории оптимальной фильтрации. Оптимальные демодуляторы АМ и ФМ сигналов.

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 16 ч.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

Электронные курсы, созданные в системе электронного обучения ННГУ:

Методы анализа и оптимизации радиотехнических систем, <https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=5454>.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Допуск к лабораторной работе) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

1. Сравнить блок-схемы оптимальных обнаружителей с коррелятором и согласованным фильтром

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Допуск к лабораторной работе) для оценки сформированности компетенции ПК-2:

1. Вывести формулу для средней ошибки различения пары детерминированных ортогональных сигналов на фоне белого шума. Привести примеры таких сигналов.
2. Вывести формулу для средней ошибки различения пары детерминированных противоположных сигналов на фоне белого шума. Привести примеры таких сигналов.
3. Вывести формулу для импульсной характеристики оптимального (согласованного) фильтра.
4. Вывести формулу для средней ошибки различения пары ортогональных сигналов со случайной начальной фазой на фоне белого шума. Привести примеры таких сигналов.
5. Вывести формулу для средней ошибки различения пары противоположных сигналов со случайной начальной фазой на фоне белого шума. Привести примеры таких сигналов/
6. Вывести выражения для оптимальной оценки амплитуды и СКО этой оценки детерминированного сигнала на фоне белого шума.
7. Вывести выражения для оптимальной оценки частоты и СКО этой оценки детерминированного сигнала на фоне белого шума.
8. Вывести выражения для оптимальной оценки амплитуды и СКО этой оценки сигнала со случайной начальной фазой на фоне белого шума.
9. Вывести выражения для оптимальной оценки частоты и СКО этой оценки сигнала со случайной начальной фазой на фоне белого шума.

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Допуск к лабораторной работе) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

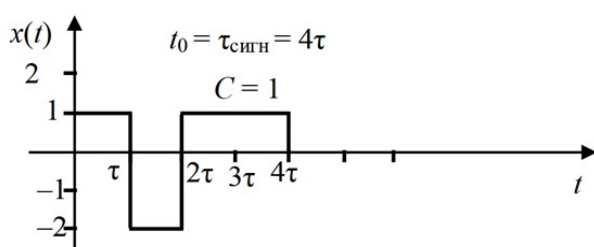
1. Получить в параметрической форме рабочую характеристику оптимального обнаружителя детерминированного сигнала. Построить графики.

Критерии оценивания (оценочное средство - Допуск к лабораторной работе)

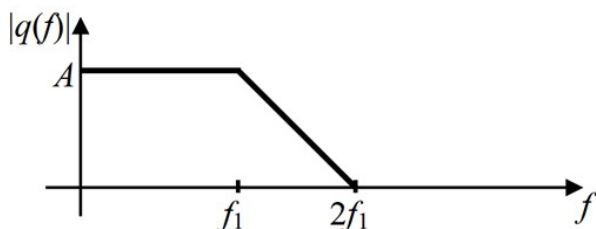
Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Знание основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы. Студент справляется с выполнением заданий, предусмотренных программой, также с допустившими погрешностями в ответе.
не зачтено	Имеются пробелы в знаниях основного учебного материала, допускаются принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Ответы студента носят несистематизированный, отрывочный, поверхностный характер. Студент не понимает существа излагаемых им вопросов, что свидетельствует о том, что студент не может дальше продолжать обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

Задача 1. Какова импульсная характеристика СФ для сигнала имеющего вид:



Задача 2. Какова АЧХ фильтра, согласованного с сигналом, АЧС которого имеет следующий вид:



Задача 3. В РЛС используется одиночный прямоугольный радиоимпульс без внутриимпульсной модуляции фазы с $t_{\text{и}} = 1,0$ мкс. Синтезировать схему СФ, изобразить АЧХ и пояснить процесс фильтрации сигнала в фильтре. Определить ширину полосы пропускания СФ, отношение сигнал/шум и длительность сигнала на его выходе, если спектральная плотность мощности шума устройства обработки $N_0 = 10^{-20}$ Вт/Гц, мощность импульса $2,5 \cdot 10^{-14}$ Вт.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Знание основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы. Студент справляется с выполнением заданий, предусмотренных программой, также с

Оценка	Критерии оценивания
	допустившими погрешностями в ответе.
не зачтено	Имеются пробелы в знаниях основного учебного материала, допускаются принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Ответы студента носят несистематизированный, отрывочный, поверхностный характер. Студент не понимает существа излагаемых им вопросов, что свидетельствует о том, что студент не может дальше продолжать обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков.	При решении стандартных задач не	Имеется минимальный набор	Продemonстрированы базовые	Продemonстрированы базовые	Продemonстрированы навыки	Продemonстрирован творческий

	Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	подход к решению нестандартных задач
--	--	--	--	---	---	--	--------------------------------------

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Нарисуйте статистическую модель системы связи.
2. Сформулируйте задачу синтеза оптимального приемного устройства.
3. Каковы критерии качества оценки сообщения?
4. Какова классификация задач, решаемых системами связи?
5. Каковы общие соотношения для бинарной задачи различения?
6. Какова статистика пространства принимаемых колебаний?

7. Каким образом возможно использование оптимальных линейных фильтров при построении оптимальных приемников?
8. Что такое корреляционно-фильтровые варианты построения оптимальных приемников?
9. Какова постановка задачи оптимальной оценки параметров сигнала?
10. Каковы практические критерии качества оценки параметров?
11. Каковы алгоритмы оптимального измерения амплитуды, смещения частоты, запаздывания радиосигнала?
12. Каковы основные соотношения гауссовой теории оптимальной фильтрации?
13. Каковы характеристики линейных фильтров, минимизирующих среднеквадратичную ошибку фильтрации?
14. Каковы основные соотношения марковской теории оптимальной фильтрации?
15. Каковы оптимальные демодуляторы АМ и ФМ сигналов?

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2

1. Получите алгоритм оптимального различения двух детерминированных сигналов на фоне аддитивной нормальной помехи.
2. Получите алгоритм оптимального различения двух радиосигналов со случайными начальными фазами.
3. Получите алгоритм оптимального некогерентного обнаружения радиосигналов.
4. Получите алгоритм оптимального обнаружения случайного процесса.
5. Получите алгоритм оптимальной оценки параметра детерминированного сигнала на фоне аддитивной нормальной помехи.
6. Получите алгоритм оптимальной оценки параметра радиосигнала со случайной начальной фазой на фоне аддитивной нормальной помехи.

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-3

1. Какова частотная характеристика оптимального фильтра (ОФ)?
2. Каково отношение сигнал/шум на выходе ОФ?
3. Приведите примеры синтеза ОФ для простых и сложных сигналов.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все теоретические вопросы билета, подтверждая теоретический материал практическими примерами. Студент активно работал на практических занятиях. 100 %-ное выполнение контрольных экзаменационных заданий.
отлично	Высокий уровень подготовки с незначительными ошибками. Студент дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета,

Оценка	Критерии оценивания
	подтверждает теоретический материал практическими примерами. Студент активно работал на практических занятиях. Выполнение контрольных экзаменационных заданий на 90% и выше
очень хорошо	Хорошая подготовка. Студент дает ответ на все теоретические вопросы билета при наличии неточностей. Студент активно работал на практических занятиях. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 80 до 90%.
хорошо	В целом хорошая подготовка с заметными ошибками или недочетами. Студент дает полный ответ на все теоретические вопросы билета при наличии неточностей. Допускаются ошибки при ответах на дополнительные и уточняющие вопросы экзаменатора. Студент работал на практических занятиях. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 70 до 80%.
удовлетворительно	Минимально достаточный уровень подготовки. Студент показывает минимальный уровень теоретических знаний, делает существенные ошибки, но при ответах на наводящие вопросы, может правильно сориентироваться и в общих чертах дать правильный ответ. Студент посещал практические занятия. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 50 до 70%.
неудовлетворительно	Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора. Выполнение контрольных экзаменационных заданий до 50%.
плохо	Подготовка абсолютно недостаточная. Студент не отвечает на поставленные вопросы. Выполнение контрольных экзаменационных заданий менее 20 %.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Кривошеев Валерий Иванович. Синтез оптимальных приемных устройств радиосигналов на фоне помех : учеб. пособие : для студентов ННГУ, обучающихся по специальностям 010801 "Радиофизика и электроника", 090106 "Информационная безопасность телекоммуникационных систем" / ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во Нижегород. гос. ун-та, 2009. - 128 с. - ISBN 978-5-91326-087-1 : 157.33., 16 экз.
2. Кривошеев Валерий Иванович. Синтез оптимальных приемных устройств радиосигналов на фоне помех : учеб. пособие / ГГУ им. Н. И. Лобачевского. - Горький, 1986. - 77 с. - б/ц., 4 экз.
3. Тихонов Василий Иванович. Оптимальный прием сигналов. - М. : Радио и связь, 1983. - 320 с. : ил. - 1.90., 1 экз.
4. Муякшин Сергей Иванович. Исследование рабочих характеристик оптимального обнаружителя сложных радиолокационных сигналов : практикум / С. И. Муякшин ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2019. - 16 с. - Текст : электронный., <https://e->

Дополнительная литература:

1. Гуткин Лев Соломонович. Теория оптимальных методов радиопрема при флуктуационных помехах. - Изд. 2-е, доп. и перераб. - М. : Советское радио, 1972. - 447 с. : черт. - 2.00., 3 экз.
2. Левин Борис Рувимович. Теоретические основы статистической радиотехники. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Радио и связь, 1989. - 656 с. - 8280.00., 6 экз.
3. Куликов Евгений Иванович. Оценка параметров сигналов на фоне помех. - М. : Советское радио, 1978. - 296 с. : ил. - 1.90., 12 экз.
4. Ширман Я. Д. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех. - М. : Радио и связь, 1981. - 416 с. : ил. - 1.60., 11 экз.
5. Ширман Я. Д. Основы теории обнаружения радиолокационных сигналов и измерения их параметров. - М. : Советское радио, 1963. - 278 с. : черт. - 0.68., 2 экз.
6. Тихонов Василий Иванович. Нелинейная фильтрация и квазикогерентный прием сигналов. - М. : Советское радио, 1975. - 704 с. : черт. - 2.71., 1 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. Лицензионные пакеты LabVIEW 8.5, LabVIEW 2010 (2011)
2. Специальные программы, разработанные в графической среде программирования LabVIEW, моделирующие работу оптимальных приемников
3. Тихонов В.И., Харисов В.Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем: Учеб. пособие для вузов. - М.: Радио и Связь , 2004.-608 с.
<https://studizba.com/files/teoreticheskie-osnovy-radiolokacii-tor/book/224313-tihonov-v.i.-harisov-v.n..html>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 11.05.02 - Специальные радиотехнические системы.

Автор(ы): Козлов Сергей Александрович.

Заведующий кафедрой: Фитасов Евгений Сергеевич, доктор технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 16.01.2024 г., протокол № №1.