

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

Синтез оптимальных приемных устройств радиосигналов на фоне помех

Уровень высшего образования
Магистратура

Направление подготовки / специальность
03.04.03 - Радиофизика

Направленность образовательной программы
Статистическая радиофизика

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.01.01 Синтез оптимальных приемных устройств радиосигналов на фоне помех 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 анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области физики и радиофизики при решении задач своей профессиональной деятельности	<p>ПК-1.1: Применяет принципы сбора и анализа информации, рассматривает и оценивает современные научные достижения, а также генерирует новые идеи при решении исследовательских и практических задач</p> <p>ПК-1.2: Работает с большим объемом данных, систематизирует и анализирует информацию, полученную из различных источников, в том числе с использованием современных информационных и коммуникационных технологий</p>	<p>ПК-1.1:</p> <p>Знать: методы критического анализа и оценки современных научных достижений в области своей профессиональной деятельности</p> <p>Уметь: определять наиболее актуальные направления исследований в области профессиональной деятельности</p> <p>Владеть: навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований</p> <p>ПК-1.2:</p> <p>Знать: современные информационные и коммуникационные технологии сбора и анализа большого объема данных</p> <p>Уметь: систематизировать и анализировать данные большого объема</p> <p>Владеть: навыками работы с большим объемом данных, полученных из различных источников</p>	Задания	Зачёт: Контрольные вопросы

<p>ПК-2: Способен выполнять теоретические и экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области физики и радиофизики и оформлять их результаты</p>	<p>ПК-2.1: Анализирует современное состояние исследований в области физики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов</p> <p>ПК-2.2: Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи</p> <p>ПК-2.3: Участвует в планировании, подготовке и проведении НИР</p> <p>ПК-2.4: Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики</p>	<p>ПК-2.1:</p> <p>Знать: современное состояние исследований, современные подходы к описанию различных явлений в области своей профессиональной деятельности</p> <p>Уметь: анализировать современное состояние исследований в области физики и радиофизики</p> <p>Владеть: навыками моделирования различных явлений в области физики и радиофизики</p> <p>ПК-2.2:</p> <p>Знать: современные подходы к моделированию различных явлений</p> <p>Уметь: выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования</p> <p>Владеть: навыками проведения моделирования или эксперимента для решения конкретной научно-исследовательской задачи</p> <p>ПК-2.3:</p> <p>Знать: основные принципы организации научного исследования</p> <p>Уметь: анализировать процесс выполнения научного исследования и, в случае необходимости, корректировать план исследования на определенных этапах</p> <p>Владеть: навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов</p> <p>ПК-2.4:</p> <p>Знать: современные подходы</p>	<p>Задания</p>	<p>Зачёт: Контрольные вопросы</p>
--	--	---	----------------	---------------------------------------

		<p>к оценке полученных результатов в области своей профессиональной деятельности</p> <p>Уметь: анализировать полученные данные, формулировать выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики</p> <p>Владеть: навыками оценки полученных результатов и формулировки выводов для выполненной научно-исследовательской задачи</p>		
<p>ПК-3: Способен разрабатывать и подготавливать составные части документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок</p>	<p>ПК-3.1: Использует знание нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР, применяет заданные требования и правила при оформлении рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях</p> <p>ПК-3.2: Представляет результаты НИР академическому и бизнес-сообществу</p> <p>ПК-3.3: Участвует в составлении и подаче конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика</p>	<p>ПК-3.1:</p> <p>Знать: основные требования к составлению научно-технических отчетов и документации</p> <p>Уметь: применять заданные требования и правила к оформлению рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях</p> <p>Владеть: навыками составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов и обзоров, публикаций</p> <p>ПК-3.2:</p> <p>Знать: основные способы представления и продвижения результатов НИР</p> <p>Уметь: структурировать презентационный материал, выделять основные результаты деятельности для их представления и расставлять акценты</p> <p>Владеть: навыками представления результатов НИР перед научным и академическим сообществом</p> <p>ПК-3.3:</p> <p>Знать: основные этапы подготовки НИР и составления проекта НИР</p> <p>Уметь: анализировать</p>	Задания	<p>Зачёт:</p> <p>Контрольные вопросы</p>

		проектную документацию на выполнение НИР Владеть: навыками составления части проектной документации для проведения НИР		
--	--	---	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	2
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	0
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	1
самостоятельная работа	39
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

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
1. Основные задачи оптимального приема Статистическая модель системы связи. Формулировка задачи синтеза оптимального приемного устройства. Критерии качества оценки сообщения. Классификация задач, решаемых системами связи.	11		2	2	9
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	20		10	10	10

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.	20		10	10	10
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.	20		10	10	10
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	0	32	33	39

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 - 4 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.

Самостоятельная работа обучающихся состоит в изучении рекомендованной литературы. Закрепление и контроль усвоения материала происходит в ходе семинарских занятий. Вопросы, которые должны быть проработаны в ходе самостоятельной работы

1. Корреляционно-фильтровые варианты построения оптимальных приемников.
2. Оптимальное обнаружение случайного процесса.
3. Оптимальное измерение амплитуды, смещения частоты, запаздывания радиосигнала.
4. Оптимальные демодуляторы АМ и ФМ сигналов.

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 - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

Задание 1. Нарисуйте статистическую модель системы связи.

Задание 2. Сформулируйте задачу синтеза оптимального приемного устройства.

Задание 3. Получите алгоритм оптимального различения двух детерминированных сигналов на фоне аддитивной нормальной помехи.

Задание 4. Получите алгоритм оптимального различения двух радиосигналов со случайными начальными фазами.

Задание 5. Получите алгоритм оптимального обнаружения случайного процесса.

Задание 6. Получите алгоритм оптимальной оценки параметра детерминированного сигнала на фоне аддитивной нормальной помехи.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-2:

Задание 1. Получите алгоритм оптимальной оценки параметра радиосигнала со случайной начальной фазой на фоне аддитивной нормальной помехи.

Задание 2. Приведите примеры применения оптимальных (согласованных) фильтров в структурах оптимальных приемников

Задание 3. Приведите примеры временного и спектрального методов синтеза согласованных фильтров для простых и сложных сигналов.

Задание 4. Приведите примеры корреляционно-фильтровых вариантов реализации оптимальных приемников.

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

Задание 1. Приведите временные и частотные характеристики согласованных фильтров и выходное отношение сигнал/шум для белого и коррелированного шумов.

Задание 2. Получите алгоритмы оптимального измерения амплитуды, смещения частоты, запаздывания радиосигнала.

Задание 3. Получите основные соотношения гауссовой теории оптимальной фильтрации.

Задание 4. Получите основные соотношения марковской теории оптимальной фильтрации.

Задание 5. Получите алгоритмы оптимальных демодуляторов АМ и ФМ сигналов.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	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	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»

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

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор 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	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий 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. Общая постановка и решение задачи оптимального различения двух детерминированных сигналов
2. Функционал плотности вероятности гауссова случайного процесса и его использование в задачах оптимального приема
3. Оптимальное различение двух детерминированных сигналов на фоне аддитивной нормальной помехи
4. Оптимальное обнаружение детерминированного сигнала на фоне аддитивной нормальной помехи
5. Оптимальные (согласованные) фильтры и их применение в структурах оптимальных приемников

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

6. Оптимальное различение двух радиосигналов со случайными начальными фазами на фоне аддитивной нормальной помехи
7. Оптимальное обнаружение радиосигнала со случайной начальной фазой на фоне аддитивной нормальной помехи
8. Оптимальное обнаружение радиосигнала со случайными амплитудой и начальной фазой на фоне аддитивной нормальной помехи
9. Оптимальное обнаружение нормального случайного процесса на фоне аддитивной нормальной помехи
10. Общая постановка и решение задачи оптимальной оценки параметра детерминированного сигнала в условиях действия помех

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

11. Оптимальная оценка параметра детерминированного сигнала на фоне аддитивной нормальной помехи
12. Оптимальная оценка параметра радиосигнала со случайной начальной фазой на фоне аддитивной нормальной помехи
13. Оптимальная оценка времени запаздывания и смещения частоты радиосигнала со случайной начальной фазой на фоне аддитивной нормальной помехи
14. Основные соотношения гауссовой теории оптимальной фильтрации. Оптимальный демодулятор

АМ сигнала

15. Линейные фильтры, минимизирующие среднеквадратичную ошибку

16. Основные соотношения марковской теории оптимальной фильтрации. Оптимальный демодулятор АМ сигнала и ФМ сигнала

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	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	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»

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

Основная литература:

1. Левин Борис Рувимович. Теоретические основы статистической радиотехники. Кн. 2. - М. : Советское радио, 1968. - 503 с. : черт. - 1.96., 52 экз.
2. 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.
3. Куликов Евгений Иванович. Оценка параметров сигналов на фоне помех. - М. : Советское радио, 1978. - 296 с. : ил. - 1.90., 12 экз.

Дополнительная литература:

1. Трифонов Андрей Павлович. Совместное различение сигналов и оценка их параметров на фоне помех. - М. : Радио и связь, 1986. - 266, [1] с. : граф. - (Статическая теория связи : СТС ; вып. 26). - 2.40., 1 экз.
2. Ширман Я. Д. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех. - М. : Радио и связь, 1981. - 416 с. : ил. - 1.60., 11 экз.
3. Тихонов Василий Иванович. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем : [учеб. пособие для радиотехн. специальностей вузов]. - М. : Радио и связь, 1991. - 608 с. : ил. - ISBN 5-256-00789-0 : 2.50., 5 экз.

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

Не используется.

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 03.04.03 - Радиофизика.

Автор(ы): Козлов Сергей Александрович.

Рецензент(ы): Горбунов Александр Александрович.

Заведующий кафедрой: Фитасов Евгений Сергеевич, доктор технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 18.12.2023, протокол № 9/23.