

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 Ученого совета ННГУ  
протокол № 13 от 30.11.2022 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Синтез оптимальных приемных устройств радиосигналов на фоне помех

Уровень высшего образования  
Магистратура

---

Направление подготовки / специальность  
02.04.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

---

Направленность образовательной программы  
Анализ качества информационных систем

---

Форма обучения  
очная

---

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.02 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
<i>УК-1: Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий</i>	<i>УК-1.1: Знает методы критического анализа проблемных ситуаций. УК-1.2: Умеет вырабатывать стратегию действий при возникновении критических ситуаций.</i>	<i>УК-1.1: Знать: виды проблемных ситуаций в области своей профессиональной деятельности; Уметь: анализировать проблемные ситуации в ходе проведения исследования; Владеть: методами решения проблемных ситуаций  УК-1.2: Знать: основные методы решения проблемных ситуаций в области своей профессиональной деятельности; Уметь: вырабатывать стратегию действий для решения проблемных ситуаций в ходе проведения исследования; Владеть: навыками решения проблемных ситуаций</i>	<i>Собеседование</i>	<i>Экзамен: Контрольные вопросы</i>
<i>ПК-1: Способен руководить научными исследованиями и опытно-конструкторскими разработками, в области информатики и информационных технологий</i>	<i>ПК-1.1: Знает проблематику и методы научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области ФИИТ применительно к профессиональной деятельности. ПК-1.2: Имеет навыки</i>	<i>ПК-1.1: Знать: проблемы и методы научных исследований, опытно-конструкторских разработок в области информатики и информационных технологий (ФИИТ); Уметь: определять наиболее</i>	<i>Собеседование</i>	<i>Экзамен: Контрольные вопросы</i>

<p>(ФИИТ), и формировать их новые направления в области профессиональной деятельности</p>	<p>выполнения научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области ФИИТ применительно к профессиональной деятельности.</p> <p>ПК-1.3: Имеет навыки руководства исследованиями и опытно-конструкторскими разработками в области ФИИТ применительно к профессиональной деятельности, и формирования их новых направлений.</p>	<p>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: основные требования к составлению научно-технических отчетов и документации о выполнении научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области ФИИТ;</p> <p>Уметь: самостоятельно составлять научно-технические отчеты и документацию о выполнении научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области ФИИТ;</p> <p>Владеть: навыками составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов и обзоров, публикаций</p> <p>ПК-1.3:</p> <p>Знать: основные способы представления и продвижения результатов в области опытно-конструкторских разработок, формировать их новые направления в области информатики и информационных технологий (ФИИТ);</p> <p>Уметь: организовывать и выполнять, научные исследования и опытно-конструкторские разработки в области ФИИТ применительно к профессиональной деятельности;</p> <p>Владеть: навыками</p>		
---	---	--	--	--

		руководства научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области ФИИТ применительно к синтезу оптимальных приемных устройств радиосигналов на фоне помех		
--	--	--	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>4</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>144</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>32</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>0</b>
- КСР	<b>2</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>65</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>45</b>
	<b>экзамен</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

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

Наименование и краткое содержание 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	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
1. Основные задачи оптимального приема Статистическая модель системы связи. Формулировка задачи синтеза оптимального приемного устройства. Критерии качества оценки сообщения. Классификация задач, решаемых системами связи.	13	2		2	11
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	28	10		10	18

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.	28	10		10	18
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.	28	10		10	18
Аттестация	45				
КСР	2			2	
Итого	144	32	0	34	65

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 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 - Собеседование) для оценки сформированности компетенции УК-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 - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-1

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.

Задание 5. Приведите временные и частотные характеристики согласованных фильтров и выходное отношение сигнал/шум для белого и коррелированного шумов.

Задание 6. Получите алгоритмы оптимального измерения амплитуды, смещения частоты, запаздывания радиосигнала.

Задание 7. Получите основные соотношения гауссовой теории оптимальной фильтрации.

Задание 8. Получите основные соотношения марковской теории оптимальной фильтрации.

Задание 9. Получите алгоритмы оптимальных демодуляторов АМ и ФМ сигналов.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
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», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «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»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на

Оценка	Критерии оценивания
	уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

## 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. 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 некоторыми	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

			недочетами				
--	--	--	------------	--	--	--	--

### 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

#### 5.3.1 Типовые задания, выносимые на промежуточную аттестацию:

#### Оценочное средство - Контрольные вопросы

#### Экзамен

#### Критерии оценивания (Контрольные вопросы - Экзамен)

Оценка	Критерии оценивания
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», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»

Оценка	Критерии оценивания
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «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»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

**Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции УК-1 (Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий)**

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
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

**Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ПК-1 (Способен руководить научными исследованиями и опытно-**

конструкторскими разработками, в области информатики и информационных технологий (ФИИТ), и формировать их новые направления в области профессиональной деятельности)

9.Оптимальное обнаружение нормального случайного процесса на фоне аддитивной нормальной помех
10.Общая постановка и решение задачи оптимальной оценки параметра детерминированного сигнала в условиях действия помех
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

## **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 ОС ННГУ по направлению 02.04.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

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 14.11.2022, протокол № 08/22.