

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  
(факультет / институт / филиал)

---

УТВЕРЖДЕНО  
решением президиума  
Ученого совета ННГУ  
протокол от  
«30» ноября 2022 г. № 13

**Рабочая программа дисциплины**

Синтез оптимальных приемных устройств  
радиосигналов на фоне помех  
*(наименование дисциплины (модуля))*

---

Уровень высшего образования  
магистратура  
(бакалавриат / магистратура / специалитет)

---

Направление подготовки / специальность  
02.04.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии»  
*(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)*

---

Направленность образовательной программы  
Теория информации  
*(указывается профиль / магистерская программа / специализация)*

---

Форма обучения  
очная  
*(очная / очно-заочная / заочная)*

---

Нижегород

2023 год

## 1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина Б1.В.ДВ.03.02 «Синтез оптимальных приемных устройств радиосигналов на фоне помех» относится к части ООП направления подготовки 02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии, формируемой участниками образовательных отношений.

## 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	
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	ПК-1.1. Знает проблематику и методы научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области ФИИТ применительно к профессиональной деятельности.	<p><i>Знать</i> проблемы и методы научных исследований, опытно-конструкторских разработок в области информатики и информационных технологий (ФИИТ)</p> <p><i>Уметь</i> определять наиболее актуальные направления исследований в области профессиональной деятельности</p> <p><i>Владеть</i> навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых</p>	<i>Устные ответы на вопросы, контрольные задания собеседование</i>

		исследований	
	ПК-1.2. Имеет навыки выполнения научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области ФИИТ применительно к профессиональной деятельности.	<p><i>Знать</i> основные требования к составлению научно-технических отчетов и документации о выполнении научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области ФИИТ</p> <p><i>Уметь</i> самостоятельно составлять научно-технические отчеты и документацию о выполнении научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области ФИИТ</p> <p><i>Владеть</i> навыками составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов и обзоров, публикаций</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><i>Знать</i> основные способы представления и продвижения результатов в области опытно-конструкторских разработок, формировать их новые направления в области информатики и информационных технологий (ФИИТ)</p> <p><i>Уметь</i> Организовывать и выполнять, научные исследования и опытно-</p>	

		<p>конструкторские разработки в области ФИИТ применительно к профессиональной деятельности</p> <p><i>Владеть</i> навыками руководства научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области ФИИТ применительно к цифровой обработке сигналов</p>	
--	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

### **3. Структура и содержание дисциплины «Синтез оптимальных приемных устройств радиосигналов на фоне помех»**

#### **3.1 Трудоемкость дисциплины**

	<b>очная форма обучения</b>
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>3 ЗЕТ</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>108</b>
<b>в том числе</b>	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b> - занятия лекционного типа - занятия семинарского типа ( практические занятия / лабораторные работы)	<b>32</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>75</b>
<b>КСР</b>	<b>1</b>
<b>Промежуточная аттестация – зачет</b>	

### 3.2. Содержание дисциплины

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		Занятия лабораторного типа		Всего								
		Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная			Заочная	Очная			Очно-заочная	Заочная	
<p><b>1. Основные задачи оптимального приема</b>            Статистическая модель системы связи.            Формулировка задачи синтеза оптимального приемного устройства.            Критерии качества оценки сообщения.            Классификация задач, решаемых системами связи.</p>	8			2									2			9		
<p><b>2. Оптимальное обнаружение и различение сигналов</b>            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</p>	33			10									10			22		

построения оптимальных приемников. Оптимальное различение двух радиосигналов со случайными начальными фазами. Оптимальное некогерентное обнаружение радиосигналов. Оптимальное обнаружение случайного процесса.																	
<b>3.Оптимальная оценка параметров сигнала</b> 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.	33	10			10								10			22	
<b>4.Оптимальная оценка (фильтрация) процессов</b> Основные соотношения гауссовой теории оптимальной фильтрации. Линейные фильтры, минимизирующие среднеквадратичную ошибку фильтрации. Основные соотношения марковской теории оптимальной фильтрации. Оптимальные демодуляторы АМ и ФМ сигналов.	33			10									10			22	
В т.ч.текущий контроль	1															1	
<b>Промежуточная аттестация - зачет</b>																	

При чтении лекций используется активная форма, заключающаяся в разборе конкретных ситуаций, возникающих при анализе рассматриваемых физических явлений (анализ корректности постановки задачи, выявление физического смысла полученного результата).

Используются следующие интерактивные формы проведения занятий:

- Предоставление студентам адресов необходимых Интернет–ресурсов.
- Обмен со студентами адресами электронной почты для обеспечения оперативного взаимодействия.
- Отправка студентам электронных писем, содержащих необходимые образовательные ресурсы (материалы к лекциям, персональные задания к зачёту).
- Предоставление студентам возможности обсуждения проблем, возникающих при освоении дисциплины, с использованием сети Интернет.

Целью освоения дисциплины является изучение теории обнаружения и различения сигналов, оценки параметров сигналов и оценки процессов (фильтрации сигналов) в условиях помех на единой основе теории статистических решений.

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Используются виды самостоятельной работы студента: в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах (лабораториях), компьютерных классах, с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе проведения лекционных занятий и в конце курса при проведении экзамена по данной дисциплине. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, а также конспекты лекций.

- во время лекций формулируются проблемы, которые студенты должны решить самостоятельно. На последующих лекциях проводится открытое обсуждение полученных результатов и даётся правильное решение.
  - задания для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины выдаются студентам заранее. В случае необходимости проводятся индивидуальные консультации.
  - Контрольные вопросы и задания для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.
- Ведется еженедельный контроль посещаемости аудиторных занятий.

#### 5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине

включающий:

##### 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности 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	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	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

	обучающего от ответа			ошибок			
<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 отдельными 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 владения материалом. 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 недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми 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 оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
	<b>превосходно</b>	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
<b>зачтено</b>	<b>отлично</b>	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»
	<b>очень хорошо</b>	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»
	<b>хорошо</b>	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»
	<b>удовлетворительно</b>	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»
<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

## 5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

### 5.2.1 Контрольные вопросы (практические контрольные задания)

<i>Примеры практических контрольных заданий</i>	<i>Код компетенции (согласно РПД)</i>
1. Нарисуйте статистическую модель системы связи.	ПК-1
2. Сформулируйте задачу синтеза оптимального приемного устройства.	ПК-1
3. Каковы критерии качества оценки сообщения?	ПК-1
4. Какова классификация задач, решаемых системами связи?	ПК-1
5. Каковы общие соотношения для бинарной задачи различения?	ПК-1
6. Какова статистика пространства принимаемых колебаний?	ПК-1
7. Получите алгоритм оптимального различения двух детерминированных сигналов на фоне аддитивной нормальной помехи.	ПК-1
8. Каким образом возможно использование оптимальных линейных фильтров при построении оптимальных приемников?	ПК-1
9. Какова частотная характеристика оптимального фильтра (ОФ)?	ПК-1
10. Каково отношение сигнал/шум на выходе ОФ?	ПК-1
11. Приведите примеры синтеза ОФ для простых и сложных сигналов.	ПК-1
12. Что такое корреляционно-фильтровые варианты построения оптимальных приемников?	ПК-1
13. Получите алгоритм оптимального различения двух радиосигналов со случайными начальными фазами.	ПК-1
14. Получите алгоритм оптимального некогерентного обнаружения радиосигналов.	ПК-1
15. Получите алгоритм оптимального обнаружения случайного процесса.	ПК-1
16. Какова постановка задачи оптимальной оценки параметров сигнала?	ПК-1
17. Каковы практические критерии качества оценки параметров?	ПК-1
18. Получите алгоритм оптимальной оценки параметра детерминированного сигнала на фоне аддитивной нормальной помехи.	ПК-1
19. Получите алгоритм оптимальной оценки параметра радиосигнала со случайной начальной фазой на фоне аддитивной нормальной помехи.	ПК-1
20. Каковы алгоритмы оптимального измерения амплитуды, смещения частоты, запаздывания радиосигнала?	ПК-1
21. Каковы основные соотношения гауссовой теории оптимальной фильтрации?	ПК-1
22. Каковы характеристики линейных фильтров, минимизирующих среднеквадратичную ошибку фильтрации?	ПК-1
23. Каковы основные соотношения марковской теории оптимальной фильтрации?	ПК-1
24. Каковы оптимальные демодуляторы АМ и ФМ сигналов?	ПК-1

## 5.2.2. Типовые задания для оценки сформированности компетенций

<i>Примеры практических контрольных заданий</i>		<i>Код компетенции (согласно РПД)</i>
1. Примеры практических контрольных заданий компетенции (согласно РПД) Нарисуйте статистическую модель системы связи.	Код ПК-1	ПК-1
2. Примеры практических контрольных заданий компетенции (согласно РПД) Нарисуйте статистическую модель системы связи.	Код ПК-1	ПК-1

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

### а) основная литература:

1. Ван-Трис Г. Теория обнаружения, оценок и модуляции. Т.1, М., Сов. Радио, 1972.
2. Ван-Трис Г. Теория обнаружения, оценок и модуляции. Т.2, М., Сов. Радио, 1975.
3. Ван-Трис Г. Теория обнаружения, оценок и модуляции. Т.3, М., Сов. Радио, 1977.
4. Тихонов В.И. Оптимальный прием сигналов. М., Радио и связь, 1983.
5. Фалькович С.Е. Оценка параметров сигнала. М., Сов. Радио, 1970.
6. Сейдж Э., Мелс Д. Теория оценивания и ее применение в связи и управлении. М.,Связь, 1976.
7. Кривошеев В.И. Синтез оптимальных приемных устройств радиосигналов на фоне помех. Учебное пособие. Н.Новгород, ННГУ, 2009.
8. Тихонов В.И., Харисов В.Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. М., Радио и Связь ,1991.
9. Лезин Ю.С. Оптимальные фильтры и накопители импульсных сигналов. М., Сов. Радио, 1969.

### б) дополнительная литература:

1. Гуткин Л.С. Теория оптимальных методов радиоприема при флюктуационных помехах. М., Сов. Радио, 1972.
2. Миддлтон Д. Введение в статистическую теорию связи. Т.2, М., Сов. Радио,1962
3. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. Т.2, Радио и Связь, 1989.
4. Куликов Е.И., Трифонов А.П. Оценка параметров сигналов на фоне помех. М., Сов. Радио, 1978.
5. Ширман Я.Д., Манжос В.Н. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех. М., Радио и Связь,1981.
6. Тихонов В.И., Кульман Н.К. Нелинейная фильтрация и квазикогерентный прием сигналов. М., Сов. Радио,1975.
7. Ширман Я.Д., Голиков В.Н. Основы теории обнаружения радиолокационных сигналов и измерения их параметров. М., Сов. Радио, 1963.

## 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 ВО по направлению подготовки **02.04.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии»** (магистратура) (утвержден приказом ректора ННГУ 178-ОД от 13.04.2020)

Автор (ы): д.т.н., доцент Е.С. Фитасов

Рецензент (ы): преподаватель, А.А. Горбунов

Заведующий кафедрой: д.т.н., доцент Е.С. Фитасов

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от «14» ноября 2022 года, протокол № 08/22.