

**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

«14» декабря 2021 г. № 4

Рабочая программа дисциплины

Методы анализа и оптимизации
радиотехнических систем

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

Специалитет

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

11.05.02 - Специальные радиотехнические системы

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Прием, анализ и обработка сигналов системами специального назначения

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2022 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина Б1.В.04 «Методы анализа и оптимизации радиотехнических систем» относится к вариативной части ООП направления подготовки 11.05.02 Специальные радиотехнические системы.

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	
<p><i>ПК-1:</i></p> <p><i>Способен проводить сбор, анализ и систематизацию научно-технической информации, обобщать отечественный и зарубежный опыт в области радиоэлектроники</i></p>	<p><i>ПК-1.1: Анализирует достижения науки и техники в стране и за рубежом в области радиоэлектроники.</i></p> <p><i>ПК-1.2: Проводит сбор, анализ и систематизацию научно-технической информации.</i></p> <p><i>ПК-1.3: Проводит необходимые расчеты и технико-экономические обоснования принятых решений по разработке радиоэлектронных средств.</i></p>	<p><i>ПК-1.1: Знание достижений науки и техники в стране и за рубежом в области радиоэлектроники.</i></p> <p><i>ПК-1.2: Умение проводить сбор, анализ и систематизацию научно-технической информации.</i></p> <p><i>ПК-1.3: Умение проводить необходимые расчеты и технико-экономические обоснования принятых решений по разработке радиоэлектронных средств.</i></p>	<p><i>Собеседование, задача (практическое задание)</i></p>
<p><i>ПК-2:</i></p> <p><i>Способен проводить математическое и компьютерное моделирование, а также экспериментальные исследования объектов и процессов в целях анализа и оптимизации параметров радиоэлектронных средств и апробации перспективных технических решений</i></p>	<p><i>ПК-2.1: Понимает основы моделирования и компьютерного проектирования радиоэлектронных средств, стандартные пакеты прикладных программ, ориентированных на решение научных и проектных задач радиоэлектроники.</i></p> <p><i>ПК-2.2: Понимает математические модели процессов и явлений, лежащих в основе принципов действия радиоэлектронных средств</i></p> <p><i>ПК-2.3: Применяет компьютерные системы и пакеты прикладных программ для проектирования и моделирования радиоэлектронных средств.</i></p>	<p><i>ПК-2.1: Знание основ моделирования и компьютерного проектирования радиоэлектронных средств, стандартные пакеты прикладных программ, ориентированных на решение научных и проектных задач радиоэлектроники.</i></p> <p><i>ПК-2.2: Знание математических моделей процессов и явлений, лежащих в основе принципов действия радиоэлектронных средств</i></p> <p><i>ПК-2.3: Умение применять компьютерные системы и пакеты прикладных программ для</i></p>	<p><i>Собеседование, задача (практическое задание)</i></p>

	<p><i>ПК-2.4: Проводит экспериментальные исследования в целях анализа и оптимизации параметров радиоэлектронных средств и апробации перспективных технических решений</i></p>	<p><i>проектирования и моделирования радиоэлектронных средств.</i></p> <p><i>ПК-2.4: Навык экспериментальных исследований в целях анализа и оптимизации параметров радиоэлектронных средств и апробации перспективных технических решений</i></p>	
<p><i>ПК-3:</i></p> <p><i>Расчеты по проекту в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ</i></p>	<p><i>ПК-3.1: Понимает основы схемотехники</i></p> <p><i>ПК-3.2: Понимает принципы и средства построения физических и математических моделей объектов научных исследований</i></p> <p><i>ПК-3.3: Соблюдает стандарты в области разработки и постановки изделий на производство, общих технических требований, контроля качества продукции, ЕСКД, стандарты системы менеджмента качества</i></p> <p><i>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</i></p> <p><i>ПК-3.5: Осуществляет методологическое обоснование научного исследования</i></p>	<p><i>ПК-3.1: Знание основ схемотехники</i></p> <p><i>ПК-3.2: Знание принципов и средств построения физических и математических моделей объектов научных исследований</i></p> <p><i>ПК-3.3: Знание стандартов в области разработки и постановки изделий на производство, общих технических требований, контроля качества продукции, ЕСКД, стандарты системы менеджмента качества и умение их соблюдать</i></p> <p><i>ПК-3.4: Умение применять методы анализа и синтеза сетей связи, в т.ч. современные отечественные и зарубежные пакеты программ для решения схемотехнических, системных и сетевых задач</i></p> <p><i>ПК-3.5: Навык методологического обоснования научного исследования</i></p>	<p><i>Собеседование, задача (практическое задание)</i></p>
<p><i>ПК-5:</i></p> <p><i>Способен применять радиотехнические системы, в том числе зенитные ракетные комплексы средней дальности, состоящие на вооружении ЗРВ ВКС</i></p>	<p><i>ПК-5.1: Соблюдает организацию эксплуатации, учета и хранения ВВТ, порядок ведения технической документации</i></p> <p><i>ПК-5.2: Готовит аппаратуру ЗРК к боевому применению, оценивать ее техническое состояние и поддерживать в</i></p>	<p><i>ПК-5.1: Знание порядка организации эксплуатации, учета и хранения ВВТ, порядок ведения технической документации и умение его соблюдать</i></p> <p><i>ПК-5.2: Навык подготовки аппаратуры ЗРК к боевому применению, оценивать ее</i></p>	<p><i>Собеседование, задача (практическое задание)</i></p>

	<p><i>работоспособном состоянии</i></p> <p><i>ПК-5.3: Применяет навыки проведения технического обслуживания аппаратуры</i></p> <p><i>ПК-5.4: Действует в составе боевого расчета зрди</i></p> <p><i>ПК-5.5: Соблюдает порядок подготовки к стрельбе и стрельбу зрди в различных условиях обстановки</i></p> <p><i>ПК-5.6: Соблюдает порядок приема ВВТ и обеспечения мер безопасности при боевой работе и техническом обслуживании</i></p>	<p><i>техническое состояние и поддерживать в работоспособном состоянии</i></p> <p><i>ПК-5.3: Навыки проведения технического обслуживания аппаратуры</i></p> <p><i>ПК-5.4: Умение действовать в составе боевого расчета зрди</i></p> <p><i>ПК-5.5: Знание порядка подготовки к стрельбе и стрельбу зрди в различных условиях обстановки и умение его соблюдать</i></p> <p><i>ПК-5.6: Знание порядка приема ВВТ и обеспечения мер безопасности при боевой работе и техническом обслуживании и умение его соблюдать</i></p>	
--	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость	4 ЗЕТ
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 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,

		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	часы
	очная	очная	очная	очная	очная	очная
1. Основные задачи оптимального приема Статистическая модель системы связи. Формулировка задачи синтеза оптимального приемного устройства. Критерии качества оценки сообщения. Классификация задач, решаемых системами связи.	19	8	1		9	10
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.	20	8	2		10	10
Практические занятия по разделу 2.	6		3		3	3
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	8	2		10	10

Практические занятия по разделу 3.	6		3		3	3
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	8	2		10	10
Практические занятия по разделу 4.	6		3		3	3
Аттестация	45					
КСР	2				2	
Итого	144	32	16		50	49

Практические занятия (семинарские 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.

Практическая подготовка предусматривает: решение практических задач по отдельным разделам дисциплины, работ над ошибками в процессе семинарских занятий.

На проведение практических занятий (семинарских занятий /лабораторных работ) в форме практической подготовки отводится 16 ч.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП:
- Изучение процессов кодирования источника и полосовой модуляции/демодуляции в среде моделирования LabVIEW.
- Изучение рабочей характеристики оптимального обнаружителя радиолокационного сигнала с линейной частотной модуляцией при известной/случайной начальной фазе.
- Понимание алгоритмов оптимального обнаружения случайного процесса.
- Понимание алгоритмов оптимального измерения амплитуды, смещения частоты, запаздывания радиосигнала.
- Понимание алгоритмов построения оптимального демодулятора АМ и ФМ сигналов.
- Навык построения оптимальных приемников в корреляционно-фильтровых вариантах.
- компетенций: ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа (практических работ), групповых или индивидуальных консультаций.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся разрабатывается электронный курс (Методы анализа и оптимизации радиотехнических систем, <https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=5454>) в системе электронного обучения ННГУ - <https://e-learning.unn.ru>.

Кроме того, самостоятельная работа проводится обучающимися с помощью основной и дополнительной учебной литературы (п.6), а также специально разработанного ПО для аудиторных практических и самостоятельных работ.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), 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 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 незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	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 незначительными 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 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	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
---------------	--	---	---	---	---	---	---

Шкала оценки 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», 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»
не зачтено	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»

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

(согласно оценочным средствам п.2)

5.2.1. Контрольные вопросы

Вопросы	Код формируемой компетенции
1) Нарисуйте статистическую модель системы связи.	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5
2) Сформулируйте задачу синтеза оптимального приемного устройства.	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5

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

5.2.2. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенций ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5

Задача 1

Вывести формулу для средней ошибки различения пары детерминированных ортогональных сигналов на фоне белого шума. Привести примеры таких сигналов.

Задача 2

Вывести формулу для средней ошибки различения пары детерминированных противоположных сигналов на фоне белого шума. Привести примеры таких сигналов.

Задача 3

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

Задача 4

Вывести формулу для импульсной характеристики оптимального (согласованного) фильтра.

Задача 5

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

Задача 6

Вывести формулу для средней ошибки различения пары ортогональных сигналов со случайной начальной фазой на фоне белого шума. Привести примеры таких сигналов.

Задача 7

Вывести формулу для средней ошибки различения пары противоположных сигналов со случайной начальной фазой на фоне белого шума. Привести примеры таких сигналов.

Задача 8

Вывести выражения для оптимальной оценки амплитуды и СКО этой оценки детерминированного сигнала на фоне белого шума.

Задача 9

Вывести выражения для оптимальной оценки частоты и СКО этой оценки детерминированного сигнала на фоне белого шума.

Задача 10

Вывести выражения для оптимальной оценки амплитуды и СКО этой оценки сигнала со случайной начальной фазой на фоне белого шума.

Задача 11

Вывести выражения для оптимальной оценки частоты и СКО этой оценки сигнала со случайной начальной фазой на фоне белого шума.

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

а) основная литература:

1. Денисов, В.П. Радиотехнические системы [Электронный ресурс] / В.П. Денисов, Б.П. Дудко. — Электрон. дан. — Москва: ТУСУР, 2012. — 334 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4919>

2. Исследование процессов кодирования источника и полосовой модуляции/демодуляции в среде LabVIEW. Составители: Ивлев Д.Н., Панфилов С.В.: Методические указания к лабораторной работе. – Нижний Новгород: Издательство Нижегородского университета, 2005. – 36 с. http://www.rf.unn.ru/rus/chairs/k7/RF_NNSU/coding.pdf

б) дополнительная литература:

1. Куликов Е.И., Трифонов А.П. Оценка параметров сигналов на фоне помех. М., Сов. Радио, 1978. (12 экз.)

2. Ширман Я.Д., Манжос В.Н. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех. М., Радио и Связь, 1981 (13 экз.)

3. Кривошеев В.И. Синтез оптимальных приемных устройств радиосигналов на фоне помех: Учебное пособие. - Н.Новгород: Изд-во ННГУ, 2009.-128 с. (19 экз.)

4. Тихонов В.И., Харисов В.Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. -М.: Радио и Связь, 1991.-608с.<http://mexalib.com/view/16756>

- в) 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. Библиотечный сервис <https://e.lanbook.com>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: Лекционный зал, аудитории для практических занятий в группах, мультимедийный проектор.

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/ОС ННГУ по направлению 11.05.02 «Специальные радиотехнические системы», специальности (специализации) «Радиотехнические системы и комплексы специального назначения».

Автор(ы): Муякшин С.И.

Заведующий кафедрой: Фитасов Е.С.

Программа одобрена на заседании методической комиссии президиума ученого совета ННГУ от 14 декабря 2021, протокол № 4.