

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 № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Спецпрактикум по радиотехническим системам передачи информации

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

Направленность образовательной программы
Информационные системы и технологии

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.01.04 Спецпрактикум по радиотехническим системам передачи информации 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-5: Способен использовать современные инструментальные и вычислительные средства информационных технологий	<p>ПК-5.1: Знает базовое оборудование и принципы его работы в информационных системах различных частотных диапазонов</p> <p>ПК-5.2: Знает основные принципы автоматизации и компьютеризации процессов сбора и обработки физической информации</p> <p>ПК-5.3: Умеет измерять основные физические величины, указывая погрешности измерений</p> <p>ПК-5.4: Умеет обрабатывать полученные в ходе эксперимента данные с использованием современных информационных технологий; проводить численные расчеты физических величин при обработке экспериментальных результатов</p> <p>ПК-5.5: Имеет практические навыки работы с измерительными приборами - осциллографическими, оптическими, спектральными, устройствами ввода/вывода данных</p>	<p>ПК-5.1: Знает базовое оборудование и принципы его работы в информационных системах различных частотных диапазонов</p> <p>ПК-5.2: Знает основные принципы автоматизации и компьютеризации процессов сбора и обработки физической информации</p> <p>ПК-5.3: Умеет измерять основные физические величины, указывая погрешности измерений</p> <p>ПК-5.4: Умеет обрабатывать полученные в ходе эксперимента данные с использованием современных информационных технологий; проводить численные расчеты физических величин при обработке экспериментальных результатов</p> <p>ПК-5.5: Владеет практическими</p>	Допуск к лабораторной работе	Зачёт: Отчет по лабораторным работам

	<p>ПК-5.6: Имеет практические навыки эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования</p> <p>ПК-5.7: Имеет практические навыки работы с вычислительной техникой на уровне применения в экспериментальных исследованиях</p>	<p>навыками работы с измерительными приборами - осциллографическими, оптическими, спектральными, устройствами ввода/вывода данных</p> <p>ПК-5.6: Владеет практическими навыками эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования</p> <p>ПК-5.7: Владеет практическими навыками работы с вычислительной техникой на уровне применения в экспериментальных исследованиях</p>		
--	--	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	7
Часов по учебному плану	252
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	0
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	92
- КСР	3
самостоятельная работа	157
Промежуточная аттестация	0
	Зачёт, Зачёт с оценкой

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			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			
		Занятия	Занятия	Всего	

		лекционного типа	семинарского типа (практические занятия/ лабора- торные работы), часы		
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
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.	40	0	16	16	24
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	40	0	16	16	24
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.	41	0	16	16	25
Тема 4. Кодирование источника	64	0	22	22	42
Тема 5. Полосовая модуляция и демодуляция	64	0	22	22	42
Аттестация	0				
КСР	3			3	
Итого	252	0	92	95	157

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. Кодирование источника.
5. Полосовая модуляция и демодуляция

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 - 92 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>.

Иные учебно-методические материалы:

1. 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.
2. Ивлев Дмитрий Николаевич. Цифровые каналы передачи данных : учебно-методическое пособие / Д. Н. Ивлев ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2013. - 53 с. - Текст : электронный.

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-5:

1. Каковы критерии качества оценки сообщения?
2. Какова классификация задач, решаемых системами связи?
3. Каковы общие соотношения для бинарной задачи различения?
4. Какова статистика пространства принимаемых колебаний?
5. Каким образом возможно использование оптимальных линейных фильтров при построении оптимальных приемников?
6. Что такое корреляционно-фильтровые варианты построения оптимальных приемников?

7. Какова постановка задачи оптимальной оценки параметров сигнала?
8. Каковы практические критерии качества оценки параметров?
9. Каковы алгоритмы оптимального измерения амплитуды, смещения частоты, запаздывания радиосигнала?
10. Каковы основные соотношения гауссовой теории оптимальной фильтрации?
11. Каковы характеристики линейных фильтров, минимизирующих среднеквадратичную ошибку фильтрации?
12. Каковы основные соотношения марковской теории оптимальной фильтрации?
13. Каковы оптимальные демодуляторы АМ и ФМ сигналов?
14. В чем заключается кодирование источника? Процессы **Дискретизации и квантования**. Что такое шаг квантования, шум квантования, мощность шума квантования, константа С? Чем отличаются две проходные хар-ки на рис.7 пособия [2], что означают X и Y?
15. В чем суть импульсно-кодовой модуляции (**ИКМ**). Связь разрядности АЦП и количества уровней квантования. Объяснить работу АЦП по рис.10 пособия [2]. Изобразить вид осциллограммы ИКМ-сигнала, соответствующего рис.10 пособия [2] (последовательность РСМ).
16. **Неравномерное квантование**, зачем оно нужно, как реализуется на практике, какие преимущества. Изобразить проходную хар-ку, реализуемую устройством на рис.11 пособия [2].. Оптимальная функция сжатия. Почему на практике используется линейный переход (рис.12 пособия [2]). При каком значении параметра А осуществляется равномерное квантование (рис.14 пособия [2].)
17. Дифференциальная импульсно-кодовая модуляция (**ДИКМ**). Для чего ее применяют и как работает? Что передается в канал связи (вместо реального значения амплитуды сигнала в момент выборки)? Каким образом вычисляется коэффициент предсказания? Что такое выигрыш предсказания?
18. **Дельта-модуляция**. Что общего с ДИКМ и в чем отличие, какие преимущества? Какие возникают компромиссы при выборе шага квантования, за счет чего достигаются? Объяснить, в каких точках схемы рис.17 пособия [2]. наблюдаются осциллограммы рис.18 пособия [2] (три графика).

Критерии оценивания (оценочное средство - Допуск к лабораторной работе)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Минимально достаточный уровень подготовки присутствует. 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.
не зачтено	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%

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	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 - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПК-5

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 радиосигнала со случайной начальной фазой на фоне аддитивной нормальной помехи.
6. Изобразите график ошибки квантования $e(x)$, рассматривая его как шум, вносимый устройством квантования в выходной сигнал $y(t)$. Как будет себя вести ошибка $e(x)$, если входной сигнал $x(t)$ превышает динамический диапазон устройства квантования.
7. Исходя из полученных практических графиков определите константу C в формуле $NSR = -6.02b + C$.
8. Как устраняется разрыв в начале координат для логарифмической функции. Работает ли функция сжатия в окрестности начала координат?

Критерии оценивания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Минимально достаточный уровень подготовки присутствует. 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.
не зачтено	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%

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. Тихонов Василий Иванович. Оптимальный прием сигналов. - М. : Радио и связь, 1983. - 320 с. : ил. - 1.90., 1 экз.
3. 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-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=795810&idb=0>.
4. Прокис Джон Дж. Цифровая связь = Digital Communications : пер. с англ. под ред. Д. Д. Кловского. - М. : Радио и связь, 2000. - 800 с. : ил. - ISBN 5-256-01434-X, 007-051726 : 190.00., 3 экз.
5. Ивлев Дмитрий Николаевич. Цифровые каналы передачи данных : учебно-методическое пособие / Д. Н. Ивлев ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2013. - 53 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=850764&idb=0>.

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 ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор(ы): Козлов Сергей Александрович.

Заведующий кафедрой: Фитасов Евгений Сергеевич, доктор технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 28.11.2024, протокол № 06/24.