

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

Спецлаборатории по статистической радиофизике

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.07 Специальные лаборатории по статистической радиофизике 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
УК-2: Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК-2.1: Понимает структуру жизненного цикла проекта УК-2.2: Организует жизненный цикл проекта в соответствии с его спецификой	УК-2.1: Знать: основные этапы научного исследования Уметь: анализировать структуру проекта Владеть: методами организации структуры научно-исследовательского проекта УК-2.2: Знать: основные принципы планирования научно-исследовательского проекта в соответствии со спецификой своей профессиональной деятельности Уметь: планировать и проектировать научно-исследовательскую работу Владеть: навыками проектирования и исполнения научно-исследовательского проекта	Задания Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы Отчет по лабораторным работам
ПК-1: Способен анализировать и обрабатывать	ПК-1.1: Применяет принципы сбора и анализа информации,	ПК-1.1: Знать: основные принципы	Задания Собеседование	Зачёт:

<p>научную информацию и результаты исследований в области физики и радиофизики при решении задач своей профессиональной деятельности</p>	<p>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>планирования научно-исследовательского проекта в соответствии со спецификой своей профессиональной деятельности</p> <p>Уметь: планировать и проектировать научно-исследовательскую работу</p> <p>Владеть: навыками проектирования и исполнения научно-исследовательского проекта</p> <p>ПК-1.2: 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>		<p>Контрольные вопросы</p> <p>Отчет по лабораторным работам</p>
<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</p>	<p>ПК-2.1: 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>Задания</p> <p>Собеседование</p>	<p>Зачёт:</p> <p>Контрольные вопросы</p> <p>Отчет по лабораторным работам</p>

	<p>полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики</p>	<p>ПК-2.2:</p> <p>Знать:</p> <p>современные подходы к моделированию различных явлений</p> <p>Уметь:</p> <p>выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования</p> <p>Владеть:</p> <p>навыками проведения моделирования или эксперимента для решения конкретной научно-исследовательской задачи</p> <p>ПК-2.3:</p> <p>Знать:</p> <p>основные принципы организации научного исследования</p> <p>Уметь:</p> <p>анализировать процесс выполнения научного исследования и, в случае необходимости, корректировать план исследования на определенных этапах</p> <p>Владеть:</p> <p>навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов</p> <p>ПК-2.4:</p> <p>Знать:</p> <p>современные подходы к оценке полученных результатов в области своей профессиональной деятельности</p> <p>Уметь:</p> <p>анализировать полученные</p>		
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

		<p>данные, формулировать выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики</p> <p>Владеть:</p> <p>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:</p> <p>основные требования к составлению научно-технических отчетов и документации</p> <p>Уметь:</p> <p>применять заданные требования и правила к оформлению рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях</p> <p>Владеть:</p> <p>навыками составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов и обзоров, публикаций</p> <p>ПК-3.2:</p> <p>Знать:</p> <p>основные способы представления и продвижения результатов НИР</p> <p>Уметь:</p> <p>структурировать презентационный материал, выделять основные результаты деятельности для их представления и расставлять акценты</p> <p>Владеть:</p> <p>навыками представления результатов НИР перед научным и академическим сообществом</p>	<p>Задания</p> <p>Собеседование</p>	<p>Зачёт:</p> <p>Контрольные вопросы</p> <p>Отчет по лабораторным работам</p>

		<p>ПК-3.3: Знать: основные этапы подготовки НИР и составления проекта НИР</p> <p>Уметь: анализировать проектную документацию на выполнение НИР</p> <p>Владеть: навыками составления части проектной документации для проведения НИР</p>		
--	--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

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/ лабора торные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о

Раздел 1. Изучение простых и сложных сигналов и особенностей их обработки в согласованном фильтре.	35		16	16	19
Раздел 2. Определение параметров сложных сигналов, которые обеспечивают максимальное отношение сигнал/шум и разрешающую способность	36		16	16	20
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	0	32	33	39

Содержание разделов и тем дисциплины

Раздел 1. Изучение простых и сложных сигналов и особенностей их обработки в согласованном фильтре:

- 1.1. Оптимальный фильтр. Важность теории информации.
- 1.2. Согласованный фильтр.
- 1.3. Простые и сложные сигналы.
- 1.4. ЛЧМ сигнал
- 1.5. Код Баркера.
- 1.6. Аналитические выражения для амплитудного, фазового энергетического спектра. Практическое получение амплитудного, фазового и энергетического спектров прямоугольного видеоимпульса, прямоугольного видеоимпульса с гармоническим заполнением, ЛЧМ импульса, кода Баркера.
- 1.7. Импульсная переходная характеристика согласованного фильтра, АЧХ и ФЧХ согласованного фильтра – экспериментальное получение для различных типов сигналов.
- 1.8. Сигнал на выходе согласованного фильтра

Раздел 2. Определение параметров сложных сигналов, которые обеспечивают максимальное отношение сигнал/шум и разрешающую способность:

- 2.1. Согласованная фильтрация ЛЧМ сигнала. Зависимость длительности выходного сигнала от длительности и девиации частоты входного сигнала и других параметров ЛЧМ сигнала.
- 2.2. Время корреляции на выходе и входе фильтра. Сигналоподобность шума на выходе фильтра.
- 2.3. Разрешение во времени простых и сложных сигналов при согласованной фильтрации.
- 2.4. Различение сигналов.

В рамках занятий организуются практикумы (семинары), 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 заданий и задач, организация семинаров по отдельным разделам дисциплины.

На проведение занятий в форме практической подготовки отводится 4 часа.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП:
- изучение, анализ научно-технической информации, обобщение отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования;
- аналитическое и численное исследование физических явлений и процессов радиофизическими методами;
- разработка новых комплексов программ по численному моделированию объектов различной

физической природы;

- планирование и проведение экспериментов с применением современных методов и измерительной аппаратуры (акустической, радиоэлектронной, оптоэлектронной);
 - формулировка новых задач, возникающих в ходе научных исследований;
 - совершенствование известных и разработка новых методов исследований;
 - анализ получаемых результатов и, при необходимости, корректировка направлений исследований;
 - подготовка и оформление научных статей;
 - составление отчетов и докладов о научно-исследовательской работе;
 - участие в научных конференциях, в том числе международных
 - руководство научной работой обучающихся
- компетенций – УК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-3.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий лекционного типа, групповых или индивидуальных консультаций.

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 - 32 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.

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.

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 УК-2:

1. Аддитивная смесь ЛЧМ сигнала с девиацией частоты $\Delta f_{\text{дев}}$ и белого шума пропускается через фильтр со средней частотой, совпадающей со средней частотой ЛЧМ сигнала и с прямоугольной полосой пропускания Πf , ширину которой можно изменять. Фазовая характеристика фильтра обратна по знаку фазовому спектру сигнала в полосе фильтра. Построить зависимость отношения сигнал/шум на выходе фильтра от отношения $\Delta f_{\text{дев}}/\Pi f$. За отправную точку в графике выбрать случай, когда фильтр согласован с сигналом ($\Delta f_{\text{дев}}/\Pi f = 1$). Каким кривыми описывается исследуемая зависимость при $\Delta f_{\text{дев}}/\Pi f > 1$ и $\Delta f_{\text{дев}}/\Pi f < 1$?
2. Во всех примерах рассматривались изменения спектральных характеристик при изменении временных зависимостей сигналов. Учитывая, что для функций, сопряженных по Фурье, справедливы следующие соотношения (см. Приложение):

$$g(t) \Rightarrow G(f) \quad , \text{ где при } a > 1 \text{ временная функция сужается, спектр расширяется и в } a \text{ раз убывает, а при } a < 1 - \text{наоборот, проверить выполнение этих соотношений.}$$

$$g(at) \Rightarrow \frac{1}{|a|} G\left(\frac{f}{a}\right)$$

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

1. Для ЛЧМ сигнала оценить диапазон изменения фазовых сдвигов у гармоник сигнала в пределах полосы амплитудного спектра. Нарисовать амплитудный спектр в приближенном виде (аппроксимируя прямоугольником) и посмотреть, какой в этих пределах фазовый спектр.
2. Для всех четырех видов сигнала оценить базу, используя формулу $B = T \cdot \Delta f$, где T эффективная длительность, Δf эффективная ширина полосы спектра сигнала. За оценку ширины следует принять половину расстояния между первыми нулями (ширины главного лепестка).

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

1. Для ЛЧМ сигнала оценить диапазон изменения фазовых сдвигов у гармоник сигнала в пределах полосы амплитудного спектра. Нарисовать амплитудный спектр в приближенном виде (аппроксимируя прямоугольником) и посмотреть, какой в этих пределах фазовый спектр.
2. Для всех четырех видов сигнала оценить базу, используя формулу $B = T \cdot \Delta f$, где T эффективная длительность, Δf эффективная ширина полосы спектра сигнала. За оценку ширины следует принять половину расстояния между первыми нулями (ширины главного лепестка).

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

1. Сравнить поведение амплитудных и фазовых спектров выходных сигналов в согласованном и несогласованных фильтрах.
2. Объяснить разницу в высоте максимума и длительности выходного сигнала в согласованном и несогласованных фильтрах.

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»

5.1.5 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции УК-2:

1. Получить оценку энергии импульса разными способами по экспериментальным данным. Сравнить результаты с теоретическими.
2. Пояснить, как изменяется фазовый спектр сигнала, в том диапазоне частот, где лежит основная энергия сигнала. Показать с помощью рисунка, как происходит сложение гармонических составляющих сигнала. Выделить на графиках амплитудного и энергетического спектров диапазон частот, в котором лежит основная энергия сигнала. Как изменяется фазовый спектр сигнала в этом диапазоне частот? Почему физический амплитудный спектр имеет смысл рассматривать только внутри этой полосы?
3. Для ЛЧМ сигнала сравнить протяженность корреляционной функции с длительностью сигнала. Во сколько раз она меньше длительности сигнала?
4. Чем определяется максимальное значение функции корреляции? Рассмотреть корреляционную функцию как сигнал и найти его базу.

5.1.6 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

1. Сравнить изменения спектрально-корреляционных характеристик при изменении длительности различных сигналов.
2. Как коэффициент передачи по амплитуде $|k(j\omega)|$ фильтра и фазовые сдвиги, вносимые фильтром в соответствующую гармонику, связаны с амплитудным и фазовым спектром сигнала?
3. Как объяснить разницу в высоте максимума и длительности выходного сигнала в согласованном и несогласованных фильтрах?
4. Сравнить поведение амплитудных и фазовых спектров выходных сигналов в согласованном и несогласованных фильтрах.

5.1.7 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-2:

1. Как связан выходной сигнал и его амплитудный и фазовый спектр с характеристиками выходного сигнала? Сравнить длительности входного и выходного сигналов.
2. Какой вид имеет импульсная переходная характеристика согласованного фильтра?
3. Какой фазовый спектр и база выходного сигнала?
4. Сравнить времена корреляции шума на выходе фильтра и на входе. Пояснить утверждение о том, что шум на выходе является сигналоподобным.

5.1.8 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

1. Почему отношение сигнал/шум не зависит от девиации и прямо пропорционально длительности входного импульса?
2. Качественно нарисовать график зависимости отношения сигнал/шум от длительности входного сигнала для прямоугольного видеоимпульса. Как изменится зависимость по сравнению с аналогичной, построенной для ЛЧМ сигнала? Сравнить поведение усредненных кривых и случайный разброс экспериментальных точек относительно усредненной кривой.
3. Каким параметром входных сигналов определяется разрешающая способность при согласованной обработке?
4. Проанализировать, как будет изменяться разрешающая способность при изменении длительности входных импульсов, например, $T_1=T_2=10; 20; 40$ мс, при неизменной девиации частоты

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

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 отдельными 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 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 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 УК-2

1. Классификация задач оптимальной обработки сигналов. Статистическая модель канала связи. Оптимальное обнаружение, различение, измерение параметров, фильтрация сигналов.
2. Оптимальное обнаружение сигналов при непрерывных наблюдениях. Функционал отношения правдоподобия. Случай обнаружения детерминированного сигнала на фоне белого гауссовского шума. Корреляционный приемник. Согласованный фильтр. Характеристики согласованного фильтра. Отношение сигнал/шум на выходе согласованного фильтра.
3. Анализ эффективности оптимального обнаружителя. Показатели качества обнаружителя – вероятности ложной тревоги, пропуска цели, полной вероятности ошибочных решений в случае аддитивного белого гауссовского шума. Обобщение результатов в случае коррелированных шумов. Кривые обнаружения в случае использования критерия Неймана-Пирсона.
4. Оптимальные оценки – в среднеквадратичном смысле (МСКО), медианная и оценка по критерию максимума апостериорной вероятности (МАВ). Структурные схемы реализации алгоритмов оценивания. Сравнение оценок МСКО и МАВ. Пример оценивания неизвестного постоянного случайного напряжения
5. Точность оценок МП. Дисперсия оптимальной оценки в первом приближении при большом отношении сигнал/шум.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Оптимальное обнаружение сигналов при дискретных наблюдениях. Двухальтернативная постановка задачи. Критерий идеального наблюдателя. Отношение правдоподобия. Структурная схема оптимального обнаружителя. Геометрическая интерпретация. Достаточная статистика. Другие критерии оптимальности.
2. Обнаружение детерминированных полезных сигналов на фоне гауссовских помех. Модель сигналов и наблюдений. Правило обнаружения в общем случае коррелированных отсчетов шума. Различные схемы реализации оптимального обнаружителя.
3. Оценки максимального правдоподобия (МП). Пример оценивания среднего значения и дисперсии по выборке независимых гауссовских шумов
4. Энергетические и неэнергетические параметры. Примеры: оценка амплитуды детерминированного радиосигнала, оценка начальной фазы радиоимпульса, оценка временного положения детерминированного сигнала. Различные схемы реализации оптимальных алгоритмов.

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

1. Оптимальные и согласованные линейные фильтры. Максимизация отношения сигнал/шум. Постановка и решение задачи максимизации отношения сигнал/шум линейными системами (детерминированный полезный сигнал на фоне шума с заданной спектральной плотностью мощности). Импульсная и частотная характеристика оптимального фильтра

2. Реализация оптимального фильтра с помощью выбеливающего фильтра и согласованного фильтра. Пример физически реализуемого «обеляющего» фильтра. Сравнение с задачей обнаружения сигналов на фоне шумов
3. Оптимальные оценки – в среднеквадратичном смысле (МСКО), медианная и оценка по критерию максимума апостериорной вероятности (МАВ). Структурные схемы реализации алгоритмов оценивания. Сравнение оценок МСКО и МАВ. Пример оценивания неизвестного постоянного случайного напряжения
4. Точность оценок МП. Дисперсия оптимальной оценки в первом приближении при большом отношении сигнал/шум.

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

1. Оптимальное обнаружение квазидетерминированных сигналов при непрерывных наблюдениях. Постановка и решение задачи в случае критерия идеального наблюдателя. Условное отношение правдоподобия. Схема реализации оптимального обнаружителя. Влияние априорной информации на качество обнаружения.
2. Обнаружение радиосигнала со случайной начальной фазой. Достаточная статистика и различные схемы реализации: корреляционный квадратурный оптимальный обнаружитель, согласованный фильтр с квадратурными сигналами и оптимальный некогерентный приемник (с линейным детектором огибающей узкополосного сигнала). Анализ характеристик некогерентного приемника-обнаружителя. Распределения Релея и Райса для огибающей узкополосного гауссовского радиосигнала. Геометрическая интерпретация.
3. Оптимальное обнаружение радиосигнала со случайной начальной фазой и случайной амплитудой. Модель федингующего радиосигнала. Отношение правдоподобия в случае сигнала с амплитудой, распределенной по Релею. Обобщение на случай произвольного априорного распределения амплитуды сигнала. Анализ эффективности оптимального обнаружителя. Сравнение различных схем обработки. Влияние априорной информации на качество обнаружения.
4. Оптимальное оценивание параметров сигналов. Постановка задачи. Байесовские оценки. Функции потерь - квадратичная, в виде модуля линейной функции, простая функция потерь.

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»

5.3.5 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции УК-2

Оформить отчет по итогам выполнения заданий.

5.3.6 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПК-1

Оформить отчет по итогам выполнения заданий.

5.3.7 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПК-2

Оформить отчет по итогам выполнения заданий.

5.3.8 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПК-3

Оформить отчет по итогам выполнения заданий.

Критерии оценивания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам)

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. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Радио и связь, 1989. - 656 с. - 8280.00., 6 экз.
2. Голдсмит Андреа. Беспроводные коммуникации / пер. с англ. Н. Л. Бирюкова, Н. Р. Триски ; под ред. В. А. Березовского. - М. : Техносфера, 2011. - 904 с. - (Мир радиоэлектроники / ред. совет: А. С. Якунин (пред.) [и др.]). - ISBN 978-5-94836-176-5 : 737.00., 3 экз.
3. Мобильная связь: вопросы теории и типовые задачи : учеб. пособие для студентов, обучающихся по специальностям 090106 "Информ. безопасность телекоммуникац. систем" и 010400 "Информ. технологии" / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2014. - 234 с. - ISBN 978-5-91326-255-4 : 220.32., 50 экз.

Дополнительная литература:

1. Кривошеев Валерий Иванович. Цифровая обработка сигналов : учеб. пособие / ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2006. - 207 с. - В надзаг.: Национальный проект "Образование". Инновационная образовательная программа Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского.... - ISBN 5-85746-926-0 : 100.00., 33 экз.
2. Тихонов Василий Иванович. Статистическая радиотехника. - М. : Советское радио, 1966. - 678 с. : ил. - 2.54., 3 экз.

3. Гоноровский И. С. Радиотехнические цепи и сигналы : учеб. для вузов. - 2-е изд., перераб. - М. : Советское радио, 1971. - 672 с. - 1.72., 14 экз.

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

1. Болховская О.В. Ключев А.В. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА ПО КУРСУ «СТАТИСТИЧЕСКАЯ РАДИОФИЗИКА» <http://www.unn.ru/pages/e-library/methodmaterial/2010/40.pdf> Электронное методическое пособие.

2. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы
http://www.rfwave.unn.ru/sites/default/files/bolkhovskaya_2015_detection_theory_basis.pdf

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): Болховская Олеся Викторовна, кандидат физико-математических наук, доцент.

Рецензент(ы): Грязнова Ирина Юрьевна, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Мальцев Александр Александрович, доктор физико-математических наук.

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