

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

**Рабочая программа дисциплины**

Оценка параметров сигналов  
(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования  
магистратура

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность  
03.04.03 Радиофизика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность программы  
Информационные процессы и системы

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения  
очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород  
2023 год

## 1. Место и цели дисциплины в структуре ООП

Дисциплина Б1.В.ДВ.07.02 «Оценка параметров сигналов» относится к части ООП направления подготовки 03.04.03 Радиофизика, формируемой участниками образовательных отношений.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

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 анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области физики и радиофизики при решении задач своей профессиональной деятельности	ПК-1.1. Применяет принципы сбора и анализа информации, рассматривает и оценивает современные научные достижения, а также генерирует новые идеи при решении исследовательских и практических задач.	<b>Знать:</b> методы критического анализа и оценки современных научных достижений в области своей профессиональной деятельности <b>Уметь:</b> определять наиболее актуальные направления исследований в области профессиональной деятельности <b>Владеть:</b> навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований	Собеседование
	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.	<b>Знать:</b> современные информационные и коммуникационные технологии сбора и анализа большого объема данных <b>Уметь:</b> систематизировать и анализировать данные большого объема <b>Владеть:</b> навыками работы с большим объемом данных, полученных из различных источников	Собеседование
ПК-2: Способен выполнять теоретические и экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-	ПК-2.1. Анализирует современное состояние исследований в области физики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений	<b>Знать:</b> современное состояние исследований, современные подходы к описанию различных явлений в области своей профессиональной деятельности <b>Уметь:</b> анализировать современное состояние исследований в области физики и радиофизики <b>Владеть:</b> навыками моделирования различных явлений в области физики и радиофизики	Собеседование

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	
конструкторских работ в области физики и радиофизики и оформлять их результаты	и оценке полученных результатов.		
	ПК-2.2. Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи.	<b>Знать:</b> современные подходы к моделированию различных явлений <b>Уметь:</b> выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования <b>Владеть:</b> навыками проведения моделирования или эксперимента для решения конкретной научно-исследовательской задачи	Собеседование
	ПК-2.3. Участвует в планировании, подготовке и проведении НИР.	<b>Знать:</b> основные принципы организации научного исследования <b>Уметь:</b> анализировать процесс выполнения научного исследования и, в случае необходимости, корректировать план исследования на определенных этапах <b>Владеть:</b> навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов	Собеседование
	ПК-2.4. Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики.	<b>Знать:</b> современные подходы к оценке полученных результатов в области своей профессиональной деятельности <b>Уметь:</b> анализировать полученные данные, формулировать выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области физики и радиофизики <b>Владеть:</b> навыками оценки полученных результатов и формулировки выводов для выполненной научно-исследовательской задачи	Собеседование
ПК-3: Способен разрабатывать и подготавливать составные части документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок	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.	<b>Знать:</b> основные требования к составлению научно-технических отчетов и документации <b>Уметь:</b> применять заданные требования и правила к оформлению рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях <b>Владеть:</b> навыками составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов и обзоров, публикаций	Собеседование
	ПК-3.2. Представляет	<b>Знать:</b> основные способы представления и продвижения результатов НИР	Собеседование

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	
	результаты НИР академическому и бизнес-сообществу.	<b>Уметь:</b> структурировать презентационный материал, выделять основные результаты деятельности для их представления и расставлять акценты <b>Владеть:</b> навыками представления результатов НИР перед научным и академическим сообществом	
	ПК-3.3. Участвует в составлении и подаче конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика.	<b>Знать:</b> основные этапы подготовки НИР и составления проекта НИР <b>Уметь:</b> анализировать проектную документацию на выполнение НИР <b>Владеть:</b> навыками составления части проектной документации для проведения НИР	Собеседование

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1.Трудовоемкость дисциплины

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

### 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	очная	очная	очная	очная	очная
1. Общая теория оценки параметров	54	16			16	38
2. Оценка параметров пространственно-временных сигналов.	53	16			16	37
Аттестация	0					
КСР	1				1	
Итого	108	32	0	0	33	75

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 заданий и задач, организация семинаров по отдельным разделам дисциплины.

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 – ПК-1, ПК-2, ПК-3.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа, 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.

Промежуточная аттестация по дисциплине - зачет.

#### 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

	<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»

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

### 5.2.1. Контрольные вопросы

#### Вопросы к зачету

Вопрос	Код компетенции (согласно РПД)
1. <b>Структурные модели сигналов.</b> Модель детерминированного сигнала, наблюдаемого на фоне аддитивной помехи; модель случайного сигнала со структурированной матрицей корреляции.	ПК-1, ПК-2
2. <b>Метод наименьших квадратов.</b> Общий алгоритм оценок методом наименьших квадратов. Исключение параметров, входящих линейно в модель сигнала. Структура и свойства проектора. Частный случай оценок параметров одного сигнала; сведение метода наименьших квадратов к корреляционной обработке. Практические примеры использования метода наименьших квадратов.	ПК-1, ПК-2
3. <b>Дисперсии оценок в методе наименьших квадратов.</b> Точные выражения для матрицы ковариации оценок линейной регрессионной модели. Приближенные выражения для матрицы ковариации оценок, входящих в модель нелинейно, получаемые методом возмущений. Частные случаи независимых отсчетов помехи. Условия получения приемлемых по точности оценок.	ПК-1, ПК-2
4. <b>Статистические характеристики оценок.</b> Несмещенность, дисперсия, ковариация, состоятельность, асимптотическое поведение оценок при возрастании числа наблюдений, асимптотическая несмещенность. Примеры.	ПК-1, ПК-2
5. <b>Граница Крамера-Рао.</b> Общее выражение для границы в случае оценки векторного параметра. Физический смысл границы, ее использование для анализа потенциальных возможностей различных приемных систем.	ПК-1, ПК-2
6. <b>Байесовская стратегия нахождения оценок параметров.</b> Априорные и апостериорные плотности распределения вероятностей. Формула Байеса.	ПК-1, ПК-2
7. <b>Метод максимума правдоподобия.</b> Понятие функции правдоподобия. Формулировка метода. Свойство асимптотической эффективности.	ПК-1, ПК-2
8. <b>Логарифм функции правдоподобия гауссовых сигналов.</b> Явный вид логарифма функции правдоподобия, его модификации для детерминированного сигнала в присутствии аддитивной гауссовой помехи и случайных гауссовых сигналов.	ПК-1, ПК-2

Вопрос	Код компетенции (согласно РПД)
9. <b>Максимально правдоподобные оценки параметров детерминированных сигналов в присутствии аддитивной гауссовой помехи.</b> Общий вид процедуры оценивания, частный вид процедуры в случае одного сигнала. Выбеление помехи при использовании оптимального весового вектора.	ПК-1, ПК-2
10. <b>Граница Крамера-Рао для параметров детерминированного сигнала.</b> Общее выражение для матрицы Фишера. Примеры границ в случае оценки частоты и пеленга. Выигрыш при использовании адаптации к помехе.	ПК-1, ПК-2
11. <b>Совместная оценка матрицы корреляции помехи и параметров детерминированного сигнала.</b> Общий вид процедуры оценки. Частный случай оценки параметров для одного источника.	ПК-1, ПК-2
12. <b>Приближение большого числа отсчетов для стационарной помехи.</b> Представление обратной бесконечномерной теплоцевой матрицы через спектральную плотность мощности. Приближенное выражение для логарифма функции правдоподобия с использованием спектральной плотности мощности помехи. Оценка параметров в случае «окрашенной» помехи.	ПК-1, ПК-2
13. <b>Оценка параметров случайного гауссового сигнала.</b> Общие выражения для логарифма функции правдоподобия и границы Крамера-Рао для оценок параметров, характеризующих матрицу корреляции сигнала. Пример оценивания пеленга источника шума в присутствии помехи с некоррелированными отсчетами.	ПК-1, ПК-2

#### 5.2.2. Типовые вопросы для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Минимальная граница дисперсии оценок (граница Крамера-Рао).
2. вывод границы для скалярного параметра; общая формулировка.
3. Физическая интерпретация границы Крамера-Рао как максимально достижимой точности измерения совокупности параметров различными системами.
4. Байесовская стратегия оценок параметров сигналов; априорные и апостериорные плотности распределения вероятности.

#### 5.2.3. Типовые вопросы для оценки сформированности компетенции ПК-2

1. Примеры максимально правдоподобных оценок.
2. Логарифм функции правдоподобия для отсчетов детерминированного сигнала, наблюдаемого на фоне гауссовой помехи.
3. Максимально правдоподобные процедуры оценки параметров.
4. Физический смысл весового вектора, использующего обратную матрицу корреляции помехи.

#### 5.2.4. Типовые вопросы для оценки сформированности компетенции ПК-3

1. Одновременная оценка параметров детерминированного сигнала и матрицы корреляции помехи с «белым» временным спектром.
2. приведение процедуры оценки к алгоритмам обработки, включающим оптимальную временную фильтрацию в сочетании с пространственно-когерентной и пространственно-некогерентной обработкой.
3. Детектор Келли.
4. Анализ дисперсий оценок.

### 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Блейхут Р. Теория и практика кодов, контролирующих ошибки. М.: Мир, 1986.



2. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Вильямс, 2003.

б) дополнительная литература:

1. Прокис Джон Цифровая связь. М.: Радио и связь. 2000.

2. Мак-Вильямс Ф. Дж., Слоэн Н. Дж. А. Теория кодов, исправляющих ошибки, М.:Связь, 1979.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. <http://www.labview.ru>

2. <http://www.dsp-book.narod.ru>

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Помещение представляет собой учебную аудиторию для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенное оборудованием и техническими средствами обучения: компьютер, 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 - магистратура по направлению подготовки 03.04.03 Радиофизика (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования РФ 07.08.2020 № 918).

Автор: Родионов А.А.

Рецензент: Осипов Г.В.

Заведующий кафедрой: Мальцев А.А.

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