

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  
«31» мая 2023 г. № 6

**Рабочая программа дисциплины**

Распространение и рассеяние акустических  
волн в случайно-неоднородных средах  
*(наименование дисциплины (модуля))*

Уровень высшего образования  
бакалавриат  
*(бакалавриат / магистратура / специалитет)*

Направление подготовки / специальность  
03.03.03 Радиофизика  
*(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)*

Направленность образовательной программы  
Фундаментальная радиофизика  
*(указывается профиль / магистерская программа / специализация)*

Форма обучения  
очная

---

*(очная / очно-заочная / заочная)*

Нижегород

2023 год

## 1. Место дисциплины в структуре ООП

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
2	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина <i>Б1.В.ДВ.03.02, распространение и рассеяние акустических волн в случайно-неоднородных средах</i> относится к части ООП направления подготовки <i>03.03.03 Радиофизика</i> , формируемой участниками образовательных отношений.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
ПК-1. Способен анализировать текущую научную и научно-техническую литературу в области физики и радиофизики.	ПК-1.1. Применяет основные методы анализа текущей научной и научно-технической литературы в области физики и радиофизики. ПК-1.2. Анализирует текущую научную и научно-техническую литературу в области физики и радиофизики.	Знать возможности применения теории однократного и многократного рассеяния волн в случайно-неоднородных средах  Уметь: использовать теорию однократного рассеяния для решения задач акустики  Владеть: навыками расчета характеристик акустических волн в случайно-неоднородных средах	Собеседование
ПК-2. Способен осваивать и применять новейшие методы проведения теоретических и	ПК-2.1. Обладает базовыми знаниями, необходимыми для освоения новейших методов проведения теоретических и	Знать: основные методы радиофизических измерений характеристик акустических волн в случайно-неоднородных средах	Собеседование, задания

экспериментальных исследований в области радиофизики.	экспериментальных исследований в области радиофизики. ПК-2.2. Осваивает и применяет новейшие методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики.		
---	---	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная форма обучения</b>
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>2 ЗЕТ</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>72</b>
<b>в том числе</b>	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b> - занятия лекционного типа - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>32</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>39</b>
<b>КСР</b>	<b>1</b>
<b>Промежуточная аттестация – зачет</b>	

#### 3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них	тдельная работа обучающе

		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
Статистические характеристики случайных полей и волн	9		4		4	5
Уравнения волн, распространяющихся в случайно-неоднородных средах	8		4		4	4
Рассеянное поле в Борновском приближении	16		8		8	8
Средняя интенсивность в приближении однократного рассеяния	18		8		8	10
Многократное рассеяние волн	8		4		4	4
Параболическое уравнение	6		2		2	4
Обзор методов расчета волн в средах с крупномасштабными неоднородностями	6		2		2	4
В т.ч. текущий контроль	1		1		1	
<b>Промежуточная аттестация – зачет</b>						

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.

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

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

#### Список контрольных вопросов:

1. Общий подход к формулировке задач о распространении случайных волн. Классификация таких задач.
2. Что означает полное статистическое описание случайного поля?
3. Каким условиям должны удовлетворять многомерные функции распределения случайных полей?
4. Корреляционная теория случайных полей.
5. Флуктационная часть случайного поля. Функция автокорреляции случайного поля.
6. Дисперсия случайного поля.
7. Функция автокорреляции комплексного случайного поля, зависящего только от координат.
8. Статистически однородное случайное поле (в широком смысле).
9. Локально однородное случайное поле.
10. Структурная функция. Инерционный интервал.
11. Свойства пространственной функции корреляции и коэффициента корреляции.
12. Статистически изотропный случайные поля. Примеры.
13. Статистически анизотропный случайные поля. Примеры.
14. Эффективный радиус корреляции изотропного случайного поля.
15. Функции когерентности волновых случайных полей.
16. Связь между функциями когерентности и корреляционными функциями.
17. Пространственные спектры однородных случайных полей. Их свойства.
18. Связь между пространственным спектром и автокорреляционной функцией. Соотношение неопределенности для пространственных случайных полей.
19. Обзор методов решения задач теории распространения и рассеяния волн.
20. Вывод уравнения для волн, распространяющихся в среде со слабыми флуктуациями параметров.
21. Рассеяние на крупномасштабных и мелкомасштабных неоднородностях.
22. Квазистатическое приближение.
23. Теория однократного рассеяния. Условия применения.
24. Расчет среднего поля в рамках Борновского приближения.
25. Расчет средней интенсивности в рамках Борновского приближения.
26. Теория многократного рассеяния. Ряд по кратности рассеяния.
27. Параболическое уравнение.
28. Какими волнами пренебрегают, используя приближение параболического уравнения?
29. Сравнение условий использования параболического уравнения и приближения однократного рассеяния.

#### 5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю),

включающий:

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

Индикаторы компетенции	ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ	
	не зачтено	зачтено
Полнота знаний	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе

	место грубые ошибки.	подготовки. Допущены некоторые погрешности
<b>Наличие умений</b>	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения.  Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с некоторыми погрешностями. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.
<b>Наличие навыков (владение опытом)</b>	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки.  Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами
<b>Мотивация (личностное отношение)</b>	Учебная активность и мотивация слабо выражены, готовность решать поставленные задачи качественно отсутствуют	Учебная активность и мотивация проявляются на среднем или высоком уровне, демонстрируется готовность выполнять поставленные задачи на среднем уровне качества и выше
<b>Характеристика сформированности компетенции</b>	Компетенция в полной мере не сформирована. Имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач. Требуется повторное обучение	Сформированность компетенции в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения стандартных профессиональных задач.
<b>Уровень сформированности компетенций</b>	Низкий	Минимально допустимый и выше

### Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
	<b>превосходно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
<b>зачтено</b>	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	<b>удовлетворительно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»

<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

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

### 5.2.1 Контрольные вопросы

Вопрос	Код компетенции (согласно РПД)
1. Особенности комплексного случайного поля.	ПК-1
2. Пространственная корреляционная функция и ее свойства.	ПК-1
3. Статистически однородные случайные поля.	ПК-1
4. Пространственные спектры.	ПК-1
5. Структурная функция.	ПК-1
6. Характеристики случайных волн.	ПК-1
7. Уравнения для волн в случайно-неоднородных средах	ПК-1
8. Квазистатическое приближение.	ПК-1
9. Стохастическое уравнение Гельмгольца.	ПК-1
10. Функция Грина в приближении Френеля.	ПК-1
11. Эффективный поперечник рассеяния.	ПК-1
12. Селективный характер рассеяния. Условие Вульфа-Брегга.	ПК-1
13. Радиофизические методы исследования обратного рассеяния волн.	ПК-2
14. Особенности рассеяния на крупномасштабных и мелкомасштабных неоднородностях.	ПК-2
15. Борновское разложение (разложение Рэлея)	ПК-2
16. Затухание среднего поля в среде с мелкомасштабными неоднородностями.	ПК-2
17. Основные методы расчета полей в средах с крупномасштабными неоднородностями.	ПК-2
18. Возможности второго приближения метода последовательных возмущений.	ПК-2
19. Радиофизические методы исследования рассеяния на дискретных неоднородностях.	ПК-2
20. Теория однократного рассеяния как первое приближение	ПК-2

метода малых возмущений.	
21. Условия применимости Борновского приближения.	ПК-2
22. Среднее волновое поле в Борновском приближении.	ПК-2
23. Средняя интенсивность в Борновском приближении.	ПК-2
24. Борновское приближение как приближение однократного рассеяния в разложении Неймана.	ПК-2

### 5.2.2. Типовые задания для оценки сформированности компетенции ПК-2

1. Нахождение статистических моментов акустического случайного поля.
2. Определить, какие из предложенных функций могут быть использованы в качестве плотностей вероятности и почему.
3. Определить, какие из предложенных функций могут быть использованы в качестве функций ковариации и почему.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. *Акустика в задачах*. Под ред. Гурбатов С.Н., Руденко О.В. М: Физматлит, 1996, 336 с. – 43 экз.

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Грязнова И.Ю., Лабутина М.С., Прончатов-Рубцов Н.Р. *Теория однократного рассеяния волн и ее приложение к задачам акустики природных сред: Учебное пособие*. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2016. – 80 с.  
[http://www.unn.ru/books/met\\_files/Scattering.pdf](http://www.unn.ru/books/met_files/Scattering.pdf)

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения:

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 – бакалавриат по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 7 августа 2020 г. N 912.

Автор (ы) Гурбатов С.Н.

Заведующий кафедрой Гурбатов С.Н.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета/института

от «25» мая 2023 года, протокол № 04/23.