

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

Методы решения статистических задач акустики

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

02.04.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

Направленность образовательной программы

Автоматизация научных исследований

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.05.03 Методы решения статистических задач акустики 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-1: Способен руководить научными исследованиями и опытно-конструкторскими разработками, в области информатики и информационных технологий (ФИИТ), и формировать их новые направления в области профессиональной деятельности	ПК-1.1: Знает проблематику и методы научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области ФИИТ применительно к профессиональной деятельности ПК-1.2: Имеет навыки выполнения научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области ФИИТ применительно к профессиональной деятельности ПК-1.3: Имеет навыки руководства исследованиями и опытно-конструкторскими разработками в области ФИИТ применительно к профессиональной деятельности, и формирования их новых направлений	ПК-1.1: Знает проблематику и методы научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области ФИИТ применительно к методам решения статистических задач акустики ПК-1.2: Имеет навыки выполнения научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области ФИИТ применительно к методам решения статистических задач акустики ПК-1.3: Имеет навыки работы в коллективе исследователей в области ФИИТ применительно к статистическим задачам акустики и нахождения новых методов их решений	Собеседование	Экзамен: Задания

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	4

Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	0
- КСР	2
самостоятельная работа	65
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 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
Статистические характеристики случайных полей и волн	14	4		4	10
Параболическое уравнение для волн, распространяющихся в случайно-неоднородных средах	14	4		4	10
Метод плавных возмущений Рытова	23	8		8	15
Метод геометрической оптики	14	4		4	10
Сравнение условий использования различных методов	14	4		4	10
Уравнения для статистических моментов случайных полей в марковском приближении	18	8		8	10
Аттестация	45				
КСР	2			2	
Итого	144	32	0	34	65

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Статистические характеристики случайных полей и волн

1.1 Функции распределения

1.2. Многоточечные функции распределения

1.3. Пространственные корреляционные функции

1.4. Пространственные спектры

1.5. Структурные функции

1.6. Функции когерентности для волновых полей

- 1.7. Расчет эффективных радиусов корреляции
2. Параболическое уравнение для волн, распространяющихся в случайно-неоднородных средах
 - 2.1. Приближение квазистатики. Основные уравнения
 - 2.2. Качественный вывод параболического уравнения
 - 2.3. Строгий вывод параболического уравнения
 - 2.4. Оценки параметров задачи для использования ПУ
3. Метод плавных возмущений Рытова
 - 3.1. Комплексная фаза. Метод последовательных приближений
 - 3.2. Условия применимости первого приближения МПВ
 - 3.3. Расчет для Фурье-трансформант по поперечным координатам
 - 3.4. Расчет статистических характеристик фазы с помощью МПВ
 - 3.5. Расчет статистических характеристик уровня с помощью МПВ
4. Метод геометрической оптики
 - 4.1. Условия использования метода ГО
 - 4.2. Уравнения ГО
- 5 Сравнение условий использования различных методов
 - 5.1. Сравнение ПУ и теории однократного рассеяния
 - 5.2. Сравнение МПВ и ГО
6. Уравнения для статистических моментов случайных полей в марковском приближении
 - 6.1. Уравнения для статистических моментов
 - 6.2. Расчет для функции когерентности второго порядка
 - 6.3. Расчет для функции когерентности четвертого порядка

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 - 4 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.

http://www.unn.ru/books/met_files/Scattering.pdf

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 - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

1. Вывод уравнений для волн, распространяющихся в случайно-неоднородных средах
2. Квазистатика. Приближение и следствия.
3. Стохастическое уравнение Гельмгольца.

4. Теория однократного рассеяние. Условия применимости.
5. Теория многократного рассеяния. Борновское (Рэлеевское) разложение.
6. Вывод параболического уравнения. Условия применимости.
7. Закон сохранения энергии и его следствия в приближении параболического уравнения.
8. Основные методы расчета акустических полей в средах с крупномасштабными неоднородностями.
9. Метод плавных возмущений Рытова (МПВ). Условия применимости.
10. Спектр флуктуаций уровня в приближении метода плавных возмущений.
11. Спектр флуктуаций фазы в приближении метода плавных возмущений.
12. Закон сохранения энергии и его статистические следствия в приближении параболического уравнения.
13. Выразить дисперсию флуктуаций уровня, рассчитанную методом плавных возмущений, как функцию волнового параметра.
14. Расчет статистических характеристик волн для двухмасштабных турбулентных пульсаций среды.
15. Метод геометрической оптики (МГО). Разложение Дебая.
16. Сравнение особенностей МПВ и МГО.
17. Уравнения для эйконала и уровня в методе ГО.
18. Уравнения для углов отклонения волны и интенсивности в методе ГО.
19. Методы II группы. Приближение марковского процесса.
20. Уравнение для среднего поля и его решение.
21. Уравнения для поперечной корреляционной функции и второго статистического момента в марковском приближении.

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Удовлетворительное знание предмета
не зачтено	Неудовлетворительное знание предмета

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	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

	знаний вследствие отказа обучающегося от ответа		много негрубых ошибок	подготовки . Допущено несколько негрубых ошибок	подготовки . Допущено несколько несущественных ошибок	подготовк и. Ошибок нет.	
<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 - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Выразить пространственную спектральную плотность для изотропного случайного поля при условии, что известна функция пространственной корреляции поля.
2. Выразить пространственную корреляционную функцию для изотропного случайного поля при условии, что известен пространственный спектр поля.
3. Рассчитать пространственный спектр для однородного изотропного поля с гауссовой функцией пространственной корреляции.
4. Рассчитать пространственный спектр для однородного изотропного поля с экспоненциальной функцией пространственной корреляции.
5. Найти зависимость вектора рассеяния от угла рассеяния.
6. Доказать, каким пространственным периодом неоднородностей обусловлено обратное рассеяния.
7. Доказать, каким пространственным периодом неоднородностей обусловлено рассеяние вперед.
8. На какой угол будет рассеиваться волна относительно первоначального направления распространения, если характерный пространственный масштаб неоднородностей среды порядка длины волны?
9. Используя эффективный поперечник рассеяния, показать, при каких условиях можно пренебречь волнами, рассеянными назад.
10. Используя эффективный поперечник рассеяния, показать, при каких условиях можно применять Борновское приближение.
11. Для гауссовой корреляционной функции флуктуаций среды получить условие использования приближения параболического уравнения.
12. Для гауссовой корреляционной функции флуктуаций среды получить условие использования приближения однократного рассеяния.
13. Показать, что интенсивность статистически однородной в поперечной плоскости волны сохраняется.
14. Найти дисперсию флуктуаций уровня методом плавных возмущений Рытова в случае гауссовой корреляционной функции неоднородностей среды.
15. Найти дисперсию флуктуаций фазы методом плавных возмущений Рытова в случае гауссовой корреляционной функции неоднородностей среды.
16. Получить выражения для дисперсии флуктуаций уровня в зоне геометрической оптики.
17. Получить выражения для дисперсии флуктуаций уровня в зоне дифракции Фраунгофера.
18. Рассчитать статистические характеристики волн для двухмасштабных турбулентных пульсаций среды.
19. Вычислить среднее поле в марковском приближении.
20. Получить зависимость интенсивности среднего поля от длины трассы в случайно-неоднородной среде.
21. Рассчитать интенсивность среднего поля для случая падающей плоской волны.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Высокий уровень подготовки, безупречное владение теоретическим материалом, студент демонстрирует творческий подход к решению нестандартных ситуаций. Студент дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета, подтверждая теоретический материал практическими примерами из практики. Студент активно работал на практических занятиях. 100 %-ное выполнение контрольных экзаменационных заданий
отлично	Высокий уровень подготовки с незначительными ошибками. Студент дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета, подтверждает теоретический материал практическими примерами из практики. Студент активно работал на практических занятиях. Выполнение контрольных экзаменационных заданий на 90% и выше
очень хорошо	Хорошая подготовка. Студент дает ответ на все теоретические вопросы билета, но имеются неточности в определениях понятий, процессов и т.п. Студент активно работал на практических занятиях. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 80 до 90%.
хорошо	В целом хорошая подготовка с заметными ошибками или недочетами. Студент дает полный ответ на все теоретические вопросы билета, но имеются неточности в определениях понятий, процессов и т.п. Допускаются ошибки при ответах на дополнительные и уточняющие вопросы экзаменатора. Студент работал на практических занятиях. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 70 до 80%.
удовлетворительно	Минимально достаточный уровень подготовки. Студент показывает минимальный уровень теоретических знаний, делает существенные ошибки при характеристике нормативно-правовой базы валютного регулирования, но при ответах на наводящие вопросы, может правильно сориентироваться и в общих чертах дать правильный ответ. Студент посещал практические занятия. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 50 до 70%.
неудовлетворительно	Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора. Студент пропустил большую часть практических занятий. Выполнение контрольных экзаменационных заданий до 50%.
плохо	Подготовка абсолютно недостаточная. Студент не отвечает на поставленные вопросы. Студент отсутствовал на большинстве лекций и практических занятий. Выполнение контрольных экзаменационных заданий менее 20 %.

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

Основная литература:

1. Грязнова И. Ю. Теория однократного рассеяния волн и ее приложение к задачам акустики природных сред : учебное пособие / Грязнова И. Ю., Лабутина М. С., Прончатов-Рубцов Н. Р. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2016. - 80 с. - Рекомендовано Ученым Советом радиофизического факультета для студентов ННГУ, обучающихся по направлениям подготовки 03.03.03 «Радиофизика» и 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Физика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=730270&idb=0>.
2. Ахманов Сергей Александрович. Введение в статистическую радиофизику и оптику : [учеб. пособие для физ. специальностей вузов]. - М. : Наука, 1981. - 640 с. : ил. - 1.70., 21 экз.
3. Рытов Сергей Михайлович. Введение в статистическую радиофизику : [учеб. пособие для физ. специальностей вузов]. Ч. 2. Случайные поля / под общ. ред. С. М. Рытова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 1978. - 463 с. : ил. - 1.30., 137 экз.

Дополнительная литература:

1. Рытов Сергей Михайлович. Введение в статистическую радиофизику : учеб. для вузов. Ч. 1. Случайные процессы. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М. : Наука, 1976. - 494 с. : рис. - 1.25., 125 экз.
2. Кравцов Юрий Александрович. Геометрическая оптика неоднородных сред. - М. : Наука, 1980. - 304 с. : ил. - 3.30., 2 экз.
3. Акустика океана / [авт. кн.: Н. С. Агеева и др.]; [под ред. Л. М. Бреховских] ; АН СССР, Акуст. ин-т. - М. : Наука, 1974. - 694 с. : ил., карт. - 4.68., 4 экз.
4. Тихонов Василий Иванович. Марковские процессы. - М. : Советское радио, 1977. - 488 с. - 1.90., 4 экз.
5. Фаддеев Михаил Андреевич. Геометрическая оптика : учеб. пособие по решению задач / М. А. Фаддеев, О. В. Лебедева. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2021. - 111 с. - ISBN 978-5-91326-637-8 : 583.02., 2 экз.

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

http://www.unn.ru/books/met_files/Scattering.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 ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 02.04.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

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

Рецензент(ы): Болховская Олеся Викторовна, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Гурбатов Сергей Николаевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 18.12.2023, протокол № 09/23.