

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

Распространение звука в океане: теория и приложения

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

03.04.03 - Радиофизика

Направленность образовательной программы

Акустика

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.04 Распространение звука в океане: теория и приложения 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 анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области акустики и радиофизики при решении задач своей профессиональной деятельности	<p>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</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>ПК-1.1:</p> <p>Знать основы фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимыми для решения научноисследовательских задач теории распространения звуковых волн в неоднородных средах.</p> <p>Уметь свободно ориентироваться в фундаментальных аспектах физики и радиофизики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач в области гидроакустики.</p> <p>Владеть базовыми навыками решения задач в области гидроакустики.</p> <p>ПК-1.2:</p> <p>Знать основы работы с большим объемом данных.</p> <p>Уметь систематизировать информацию.</p> <p>Владеть базовыми навыками анализа информации, полученной из разных источников.</p>	Собеседование	Экзамен: Контрольные вопросы Задачи
ПК-2: Способен выполнять теоретические и экспериментальные исследования и	ПК-2.1: Анализирует современное состояние исследований в области акустики и радиофизики, современные подходы к	<p>ПК-2.1:</p> <p>Знать современное состояние исследований в области акустики и радиофизики.</p> <p>Уметь использовать знания о</p>	Собеседование	Экзамен: Контрольные вопросы

разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области акустики и оформлять их результаты	описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов ПК-2.2: Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи ПК-2.3: Участвует в планировании, подготовке и проведении НИР ПК-2.4: Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области акустики и радиофизики	современном состоянии исследований в области акустики и радиофизики для овладения теоретическими основами распространения звука в океане. Владеть навыками расчетов практических задач на основе современных подходов к описанию и моделированию распространения звука в океане ПК-2.2: Знать приближенные методы решения задач в области распространения звуковых волн в неоднородных средах Уметь самостоятельно ставить задачи и выбирать методы их решения в области акустики Владеть аналитическими методами исследований в области акустики и радиофизики. ПК-2.3: Знать основы планирования НИР в области акустики. Уметь подготавливать техническое задание. Владеть навыками проведения НИР ПК-2.4: Знать основы анализа полученных данных. Уметь формулировать выводы по отдельным разделам тем в области акустики и радиофизики. Владеть навыками делать рекомендации на основе анализа полученных результатов		Задачи
ПК-3: Способен разрабатывать и подготавливать составные части документации, проектов планов и	ПК-3.1: Использует знание нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР, применяет заданные	ПК-3.1: Знать основы для составления заявок на конкурсное финансирование. Уметь формировать текст	Собеседование	Экзамен: Контрольные вопросы Задачи

программ проведения отдельных этапов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок	требования и правила при оформлении рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях ПК-3.2: Представляет результаты НИР академическому и бизнес-сообществу ПК-3.3: Участвует в составлении и подаче конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика	заявки на грант. Владеть навыками требованиями и правилами при оформлении рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях ПК-3.2: Знать способы представления результатов научных исследований. Уметь самостоятельно изложить полученные научные результаты на языке, понятном академическому или бизнес-сообществу. Владеть опытом наглядного представления результатов исследований в области акустики и радиофизики. ПК-3.3: Знать основы подачи заявок. Уметь самостоятельно сформулировать тематику исследования. Владеть минимальным опытом подачи заявок в области акустики и радиофизики.		
---	---	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	0
- КСР	2
самостоятельная работа	29
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/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Введение. Современные состояния в области задач акустики океана. Прямые и обратные задачи. Акустическая томография океана	9	4	0	4	5
Раздел 1. Распространение звука в условиях мелкого моря	26	14	0	14	12
Раздел 2. Распространение звука в подводном звуковом канале.	26	14	0	14	12
Аттестация	45				
КСР	2			2	
Итого	108	32	0	34	29

Содержание разделов и тем дисциплины

Введение. Современные состояния в области задач акустики океана. Прямые и обратные задачи. Акустическая томография океана.

Раздел 1. Распространение звука в условиях мелкого моря.

1.1. Особенности отражения волн от дна и поверхности. Формулы Френеля. Прохождение звука через границу вода-воздух.

1.2. Прохождение и отражение звуковых волн при наличии слоистых структур.

1.3. Особенности формирования поля при работе излучателя вблизи отражающей границы.

1.4. Лучевой метод расчета

1.5. Модовое представление поля в однородном изоскоростном волноводе

1.6. Интегральное представление поля в слое.

1.7. Распространение звуковых волн в двуслойной жидкости (волновод Пекериса).

Раздел 2. Распространение звука в подводном звуковом канале.

2.1. Модель глубокого моря. Канонический подводный звуковой канал.

2.2. Простейшая лучевая теория ПЗК. Коэффициент захвата энергии в ПЗК.

2.3. Выражение для поля точечного источника в ПЗК в виде суммы нормальных волн.

2.4. Интегральное представление поля в ПЗК

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.

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя разработку материала лекций, подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в пункте 5

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. Уравнение Гельмгольца. Плоские и сферические волны.
2. Коэффициенты отражения и прозрачности на границе двух жидких сред.
3. Отражение плоской звуковой волны от жидкого слоистого дна.
4. Звуковое поле точечного источника, расположенного вблизи свободной поверхности.

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

1. Поле точечного источника, расположенного вблизи дна.
2. Лучевое представление поля точечного источника в однородном изоскоростном слое.
3. Представление поля в слое в виде нормальных мод. Коэффициенты возбуждения. Затухающие и распространяющиеся моды. Концепция Бриллюэна.

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

1. Модель глубокого моря. Канонический подводный звуковой канал.
2. Простейшая лучевая теория ПЗК. Коэффициент захвата энергии в ПЗК.
3. Выражение для поля точечного источника в ПЗК в виде суммы нормальных волн.

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний, умений и опыта в объеме, соответствующем программе подготовки. Возможны негрубые ошибки.
не зачтено	Уровень знаний, умений и опыта ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.

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	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 отдельным и несущественными 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 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	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и 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 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 ПК-1

1. Уравнение Гельмгольца. Плоские и сферические волны.
2. Интенсивность звука, фактор фокусировки, каустики.
3. Геометроакустическое приближение: уравнение переноса и уравнение эйконала.
4. Коэффициенты отражения и прозрачности на границе двух жидких сред.
5. Звуковое поле точечного источника, расположенного вблизи свободной поверхности.

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

6. Поле точечного источника, расположенного вблизи дна.
7. Лучевое представление поля точечного источника в однородном изоскоростном слое.
8. Интегральное представление поля в слое.
9. Представление поля в слое в виде нормальных мод. Коэффициенты возбуждения. Затухающие и распространяющиеся моды. Концепция Бриллюэна.
10. Распространение звуковых волн в двуслойной жидкости (волновод Пекериса).

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

11. Модель глубокого моря. Канонический подводный звуковой канал.
12. Простейшая лучевая теория ПЗК. Коэффициент захвата энергии в ПЗК.
13. Выражение для поля точечного источника в ПЗК в виде суммы нормальных волн

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
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», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично» Выполнение контрольных экзаменационных заданий на 90% и выше
очень хорошо	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»
хорошо	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»
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»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-1

Плоская звуковая волна падает на границу раздела двух жидких сред. Рассчитать и построить графики функции коэффициента отражения (по давлению) V в зависимости от угла падения Q (или от угла скольжения C). Изобразить коэффициент отражения V на комплексной плоскости ($n = 1.5$; $m = 2$). ρ_1 и ρ_2 - плотности сред, c_1 и c_2 - скорости звука в средах

5.3.5 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-2

Точечный источник сферической монохроматической волны (длина волны λ) находится в однородном полупространстве на расстоянии z от абсолютно отражающей акустически жесткой поверхности с коэффициентом отражения $V = 1$. Получить выражение для диаграммы направленности $F = F(Q)$ такого излучателя (система излучатель + поверхность) во Фраунгоферовой зоне, считая $R, R_0, R_1 \gg z_1, R_0 \gg \lambda$. Построить $F = F(Q)$ при $z_1 = \lambda/2$.

5.3.6 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-3

В плоском изоскоростном слое с абсолютно отражающими границами находится источник монохроматической волны с длиной волны λ . Решив краевую задачу, получить выражения для собственных чисел и собственных функций волновода и записать решение для нормальных волн волновода. Качественно изобразить вертикальное распределение амплитуды давления $P = P(z)$ для мод первых номеров. Определить число распространяющихся мод, если $\lambda = 2,5$ м, $H = 10$ м

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
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», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично» Выполнение контрольных экзаменационных заданий на 90% и выше
очень хорошо	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»
хорошо	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»
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»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

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

Основная литература:

1. Ландау Лев Давидович. Теоретическая физика : учеб. пособие для студентов физ. специальностей ун-тов : в 10 т. Т. 6. Гидродинамика. - Изд. 4-е, стер. - М. : Наука, 1988. - 733, [3] с. : ил. - ISBN 5-02-013850-9 (в пер.) : 2.00., 205 экз.
2. Акустика в задачах : учеб. рук. для вузов / под ред. С. Н. Гурбатова, О. В. Руденко. - М. : Наука, 1996. - 336 с. - 12000.00., 43 экз.

Дополнительная литература:

1. Гурбатов Сергей Николаевич. Лекции по механике сплошных сред : учеб. пособие / С. Н. Гурбатов ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского, Радиофиз. фак. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2023. - 137 с. : рис. - ISBN 978-5-91326-797-9., 51 экз.
2. Сборник задач по механике сплошных сред: гидромеханика и акустика : учеб. пособие / ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во Нижегород. гос. ун-та, 2006. - 93 с. - В надзаг.: Национальный проект "Образование". Инновационная программа Нижегородского университета: Образовательно-научный центр "Информационно-телекоммуникационные системы: физические основы и математическое обеспечение". - ISBN 5-85746-918-X : 15.00., 193 экз.

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

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

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, специализированным оборудованием: Проектор, компьютер для показа презентаций Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду

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): Прончатов-Рубцов Николай Васильевич, кандидат физико-математических наук, доцент.

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

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