

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета
ННГУ протокол от «02»
декабря 2024 г. №10

Рабочая программа дисциплины
«Современные проблемы акустики океана»

Уровень высшего образования
Подготовка кадров высшей квалификации

Научная специальность
1.3.7. Акустика

Программа подготовки
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре
Акустика

Форма обучения
Очная

Нижний Новгород
2025 год

1. Место и цель дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Современные проблемы акустики океана» относится к числу элективных дисциплин образовательного компонента программы аспирантуры и изучается на 2 году обучения в 3 семестре.

Цели дисциплины:

- изучение и углубление физических основ теории распространения волн в неоднородных средах на примере распространения звуковых волн в океане;
- ознакомление с современными проблемами в области акустики океана, наглядная интерпретация современных принципов анализа явлений в океанической среде.

Освоение курса опирается на знания, умения, навыки и компетенции, сформированные на двух предшествующих уровнях образования в ходе изучения курсов «Общая акустика», «Акустика океана», «Распространение звука в океане: теория и приложения».

В процессе изучения дисциплины аспиранты должны приобрести знания по современным проблемам океанологии и по основным современным методам расчета полей гидроакустического типа в неоднородных средах. От аспирантов требуется умение делать оценки применительно к реальным физическим ситуациям.

Знания, полученные в ходе изучения дисциплины «Современные проблемы акустики океана», могут служить основой для дальнейшего освоения аспирантами курсов по специальности 1.3.7 «Акустика», а также необходимы для сдачи кандидатского экзамена по специальности «Акустика».

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Выпускник, освоивший программу, должен

Знать:

- современное состояние науки в области акустики океана;
- нормативные документы для составления заявок, грантов, проектов НИР;
- методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач с области акустики океана.

Уметь:

- самостоятельно формулировать новые научные задачи в области акустики океана и предполагаемые методы их решения, исходя из тенденций развития науки и этапов профессионального роста;
- самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования в области акустик океана.

Владеть:

- навыками самостоятельной постановки, критического переосмысления и решения новых задач в области акустики океана; навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов.

3. Структура и содержание дисциплины.

Объем дисциплины (модуля) составляет 2 з.е., всего - 72 часа, из которых 36 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа), 36 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

Таблица 1**Структура дисциплины**

Наименование раздела дисциплины	Всего, часов	В том числе					
		Контактная работа, часов					Самостоятельная работа обучающегося, часов
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего	
Элементы океанологии: основные физические характеристики океана, влияющие на формирование акустических поля	6	2				2	4
Современная лучевая теория распространения звука в океане	10	4				4	6
Особенности отражение звуковых волн от границ водного слоя - поверхности и дна океана.	12	4				6	6
Модели мелкого моря и особенности расчета полей в данных условиях	14	8				8	8
Распространения звука в глубоком море	12	8				8	6
Современные методы расчета звуковых полей в слоисто-неоднородных и переменных по трассе волноводах	14	8				8	6
Промежуточная аттестация: – зачет							
Итого	72	36				36	36

Таблица 2**Содержание дисциплины**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятия	Форма текущего контроля
1.	Элементы океанологии: основные физические характеристики океана, влияющие на формирование акустических поля	1.1. Стратификация океана. Типичные вертикальные профили скорости звука и солёности. 1.2. Затухание и рассеяние звука в море. Основные эмпирические формулы для коэффициентов затухания и рассеяния в различных частотных диапазонах. 1.3. Физические характеристики поверхности и дна океана. 1.4. Мелкомасштабные и крупномасштабные неоднородности океана, собственные и технические акустические шумы	Лекции, сам.раб.	Устный опрос по вопросам из пункта 5
2.	Современная лучевая теория распространения звука в океане	2.1. Рефракция лучей в слоистой среде. Трёхмерная рефракция. 2.2. Виды аппроксимаций скорости звука. 2.3. Каустики и зоны тени.	Лекции, сам.раб.	Групповые консультации, устный опрос по вопросам из пункта 5

		2.4. Приближение ВКБ для плоскостной среды.		
3.	Особенности отражения звуковых волн от границ водного слоя - поверхности и дна океана.	3.1. Формулы Френеля. 3.2. Методы расчета для коэффициентов отражения и прохождения от слоистого дна. 3.3. Поле точечного источника, расположенного вблизи импедансного дна. Метод стационарной фазы.	Лекции, сам.раб.	Групповые консультации, устный опрос по вопросам из пункта 5
4	Модели мелкого моря и особенности расчета полей в данных условиях	4.1. Различные методы расчета акустического поля в условиях мелкого моря. 4.2. Связь между различными представлениями поля в однородном волноводе. 4.5. Волновод Пекериса – как пример адекватной модели для описания основных эффектов в условиях мелкого моря.	Лекции, сам.раб.	Групповые консультации, устный опрос по вопросам из пункта 5
5.	Распространения звука в глубоком море	5.1. Канонический подводный звуковой канал – модель Манка. 5.2. Интегральное представление поля в ПЗК.	Лекции, сам.раб.	Групповые консультации, устный опрос по вопросам из пункта 5
6.	Современные методы расчета звуковых полей в слоисто-неоднородных и переменных по трассе волноводах	6.1. Адиабатическое приближение. Примеры использования лучевого инварианта. 6.2. Метод Барриджа-Вайнберга 6.3. Метод параболического уравнения.	Лекции, сам.раб.	Групповые консультации, устный опрос по вопросам из пункта 5

4. Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся

Используются виды самостоятельной работы аспиранта: 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, групповых консультаций 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.

5. Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине

5.1. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.

При выполнении всех работ учитываются следующие **основные критерии**:

- уровень теоретических знаний (подразумевается не только формальное воспроизведение информации, но и понимание предмета, которое подтверждается правильными ответами на дополнительные, уточняющие вопросы, заданные членами комиссии);
- умение использовать теоретические знания при анализе конкретных проблем, ситуаций;
- качество изложения материала, то есть обоснованность, четкость, логичность ответа, а также его полнота (то есть содержательность, не исключающая сжатости);
- способность устанавливать внутри- и межпредметные связи,

- оригинальность мышления, знакомство с дополнительной литературой и другие факторы.

Описание шкалы оценивания на промежуточной аттестации в форме зачета

Оценка	Уровень подготовленности, характеризующий оценкой
<i>Зачтено</i>	владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, умение самостоятельно обозначить проблемные ситуации в организации научных исследований, способность критически анализировать и сравнивать существующие подходы и методы к оценке результативности научной деятельности, свободное владение источниками, умение четко и ясно излагать результаты собственной работы, следовать нормам, принятым в научных дискуссиях.
<i>Не зачтено</i>	непонимание смысла ключевых проблем, недостаточное владение науковедческой терминологией, неумение самостоятельно обозначить проблемные ситуации, неспособность анализировать и сравнивать существующие концепции, подходы и методы, неумение ясно излагать результаты собственной работы, следовать нормам, принятым в научных дискуссиях.

5.2. Примеры типовых контрольных заданий или иных материалов, используемых для оценивания результатов обучения по дисциплине

Список типовых контрольных вопросов:

1. Плоские и сферические волны.
2. Траектория луча в плоскослоистой среде.
3. Интенсивность звука, фактор фокусировки, каустики.
4. Уравнение переноса и уравнение эйконала.
5. Приближение ВКБ.
6. Формулы Френеля.
7. Полное внутреннее отражение на границе.
8. Звуковое поле точечного источника, расположенного вблизи свободной поверхности.
9. Поле точечного источника, расположенного вблизи дна.
10. Интегральное представление поля в слое.
11. Представление поля в слое в виде нормальных мод. Коэффициенты возбуждения. Затухающие и распространяющиеся моды. Концепция Бриллюэна.
12. Канонический подводный звуковой канал.
13. Коэффициент захвата энергии в ПЗК.
14. Выражение для поля точечного источника в ПЗК в виде суммы нормальных волн.
15. Примеры использования лучевого инварианта.
16. Метод Барриджа-Вайнберга - горизонтальные лучи и вертикальные моды.
17. Метод параболического уравнения.

Список типовых контрольных заданий:

1. Получить уравнение Гельмгольца в однородном и неоднородном океане
2. Объяснить явление рефракции лучей в слоистой среде: вывести закон Снелля, определить радиус кривизны и кривизну луча.

3. Определить интенсивность звука, фактор фокусировки, каустики.
4. Ввести и определить область применимости геометроакустического приближения.
5. Алгоритм расчета акустического поля точечного источника в трехмерно-неоднородном океане.
6. Приближение ВКБ для плоскостной среды.
7. Дать определение для коэффициентов отражения и прозрачности на границе двух жидких сред.
8. Рассмотреть отражение плоской звуковой волны от жидкого слоистого дна.
9. Формирование звукового поля точечного источника, расположенного вблизи свободной поверхности.
10. Особенности формирования поля точечного источника, расположенного вблизи дна.
11. Лучевое представление поля точечного источника в однородном изоскоростном слое.
12. Рассмотреть представление поля в слое в виде нормальных мод.
13. Коэффициенты возбуждения. Затухающие и распространяющиеся моды.
14. Связь между различными представлениями поля в однородном волноводе.
15. Распространение звуковых волн в двуслойной жидкости (волновод Пекериса).
16. Модель глубокого моря. Канонический подводный звуковой канал – модель Манка.
17. Основы применения метода поперечных сечений для расчета поля в плавно-неоднородном волноводе
18. Основы применения метода Барриджа-Вайнберга.
19. Основы применения параболического уравнения.
20. Глобальное потепление, «климат» Мирового океана и проект глобального акустического мониторинга океана.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) основная литература:

1. Бреховских Л.М., Лысанов Ю.П. Теоретические основы акустики океана. М.: Наука, 2007. - 370 с.
2. Иванов В. А., Показеев К. В., Шрейдер А. А. Основы океанологии: Учебное пособие. М.: Лань, 2008. – 576 с.
3. Акустика в задачах. Учеб. рук-во. / Под ред. С.Н.Гурбатова и О.В.Руденко. М.: Наука, 2009. - 336 с.

б) дополнительная литература:

1. Зайцев В.Ю., Гурбатов С.Н., Прончатов-Рубцов Н.В. Нелинейные акустические явления в структурно-неоднородных средах: эксперименты и модели. Н.Новгород, Изд-во ИПФ РАН, 2009.
2. Бреховских Л.М., Гончаров В.В. Введение в механику сплошных сред (в приложении к теории волн). М.: Наука, 1982. - 335 с.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- помещения для проведения занятий: лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для хранения и профилактического обслуживания

оборудования и помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ;

- материально-техническое обеспечение, необходимое для реализации дисциплины, включая лабораторное оборудование;
- лицензионное программное обеспечение: *Windows, MicrosoftOffice*;
- обучающиеся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечиваются электронными и (или) печатными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

Рабочая программа учебной дисциплины составлена в соответствии с учебным планом, Положением о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) (Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 № 2122), Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) (Приказ Минобрнауки РФ от 20.10.2021 № 951).

Автор: доцент, к.ф.-м.н. Прончатов-Рубцов Н.В.

Рецензент: профессор, д.ф.-м.н. Гавриленко В.Г.

Заведующий кафедрой: профессор, д.ф.-м.н. Гурбатов С.Н.

Программа одобрена на заседании Методической комиссии радиофизического факультета от «28» ноября 2024 г., протокол 06/24.