

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

Параметрические излучатели и приемники звука: основы теории и
применения

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.ДВ.04.01 Параметрические излучатели и приемники звука: основы теории и применения 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 научно-исследовательских задач теории нелинейных волн в неоднородных средах</p> <p>Уметь свободно ориентироваться в фундаментальных аспектах физики и радиофизики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач теории нелинейных волн в неоднородных средах.</p> <p>Владеть базовыми навыками решения задач теории нелинейных волн</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
ПК-2: Способен выполнять теоретические и экспериментальные исследования и	ПК-2.1: Анализирует современное состояние исследований в области акустики и радиофизики,	ПК-2.1: Знать современное состояние исследований в области теории нелинейных волн в	Собеседование	Экзамен: Контрольные вопросы

разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области акустики и радиофизики и оформлять их результаты	<p>современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов</p> <p>ПК-2.2: Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи</p> <p>ПК-2.3: Участвует в планировании, подготовке и проведении НИР</p> <p>ПК-2.4: Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области акустики и радиофизики</p>	<p>неоднородных средах</p> <p>Уметь понимать и анализировать современные проблемы и новейшие достижения в области современной гидроакустики</p> <p>Владеет современными подходами к описанию и моделированию различных физических явлений</p> <p>ПК-2.2:</p> <p>Знать приближенные методы решения задач в области распространения нелинейных звуковых волн в неоднородных средах</p> <p>Уметь самостоятельно ставить задачи и выбирать методы их решения в области нелинейной акустики</p> <p>Владеть аналитическими методами исследований в области нелинейной акустики.</p> <p>ПК-2.3:</p> <p>Знать основы планирования НИР в области акустики.</p> <p>Уметь подготавливать техническое задание.</p> <p>Владеть навыками проведения НИР</p> <p>ПК-2.4:</p> <p>Знать основы анализа полученных данных.</p> <p>Уметь формулировать выводы по отдельным разделам тем в области акустики и радиофизики.</p> <p>Владеть навыками делать рекомендации на основе анализа полученных результатов</p>		
ПК-3: Способен разрабатывать и подготавливать составные части документации, проектов планов и программ проведения	ПК-3.1: Использует знание нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР, применяет заданные требования и правила при оформлении рукописей к	<p>ПК-3.1:</p> <p>Знать основы для составления заявок на конкурсное финансирование.</p> <p>Уметь формировать текст заявки на грант.</p> <p>Владеть навыками</p>	Собеседование	Экзамен: Контрольные вопросы

отдельных этапов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок	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	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/ лабора торные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Тема 1 Методы расчета нелинейных взаимодействий в звуковых пучках	12	8		8	4
Тема 2 Метод параболического уравнения и основные результаты линейной теории дифракции	11	6		6	5
Тема 3 Параметрические излучатели звука с недифрагирующими пучками волн накачки	12	6		6	6
Тема 4 Различные режимы работы параметрических излучателей	14	6		6	8
Тема 5 Приемные параметрические антенны	12	6		6	6
Аттестация	45				
КСР	2			2	
Итого	108	32	0	34	29

Содержание разделов и тем дисциплины

Введение. Принцип работы параметрических излучателей и приемников.

Глава 1. Методы расчета нелинейных взаимодействий в звуковых пучках.

1.1. О малых параметрах, используемых при расчете волновых взаимодействий

1.2. Решение уравнений гидродинамики методом последовательных приближений

1.3. Расчет вторичного поля методом функций Грина. Формула Вестервельта

1.4. Метод медленно изменяющегося профиля и упрощенные уравнения нелинейной акустики

Глава 2. Метод параболического уравнения и основные результаты линейной теории дифракции

1.1. Дифракция круглых пучков с гауссовым распределением амплитуды на излучателе накачки

1.2. Расчет диаграмм направленности в параболическом приближении

1.3. Дифракция круглого пучка при равномерном распределении амплитуды на излучателе

1.4. Дифракция сфокусированных и дефокусированных гауссовых пучков

Глава 3. Параметрические излучатели звука с недифрагирующими пучками волн накачки

3.1. Общая схема расчета и решение для произвольных распределений амплитуд и фаз на преобразователе накачки

3.2. Форма диаграммы направленности для ВРЧ

Глава 4. Различные режимы работы параметрических излучателей

Глава 5. Приемные параметрические антенны

5.1. Неколлинеарное взаимодействие плоских акустических волн

5.2. Квазиоптическое приближение в задачах расчета характеристик нелинейных приемных антенн

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:

Принцип работы параметрических нелинейных акустических приемных и излучающих антенн

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

Малые параметры. Методы расчета характеристик акустических волн на коротких трассах распространения

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

Асимптотические методы расчета характеристик нелинейных акустических волн на больших трассах

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 отдельными 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 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 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. Нелинейность и дисперсия.
2. Нелинейные уравнения (уравнение Римана, уравнение Навье-Стокса, уравнение Заболотской-Хохлова-Кузнецова).
3. Принцип работы параметрических излучателей звука.
4. Принцип работы параметрических приемников звука.

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

1. Акустические числа Маха и Рейнольдса
2. Малые параметры в задачах нелинейной акустики.
3. Неколлинеарное взаимодействие плоских акустических волн в среде без дисперсии
4. Режим Вестервельта для ПИ.

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

1. Режим Берктея для ПИ.
2. Диаграмма направленности параметрического излучателя звука. Влияние на ширину диаграммы затухания и дифракции волн накачки.
3. КПД параметрического излучателя
4. Широкополосность параметрических нелинейных приборов

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»

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. 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.
3. Гурбатов Сергей Николаевич. Нелинейные случайные волны: акустическая и гравитационная турбулентность : учебное пособие. Ч. 2 / С. Н. Гурбатов, И. Ю. Демин, Н. В. Прончатов-Рубцов ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2021. - 130 с. - Текст :

электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=793868&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Нелинейные случайные волны в средах без дисперсии : учебное пособие. Ч. 1 / С. Н. Гурбатов, И. Ю. Демин, А. В. Клемина, Н. В. Прончатов-Рубцов ; НГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2016. - 97 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=823580&idb=0>.
2. Принцип взаимности и его применение в акустических измерениях. Практикум / Гурбатов С. Н., Грязнова И. Ю., Демин И. Ю., Клемина А. В., Курин В. В., Прончатов-Рубцов Н. В., Спивак А. Е. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2021. - 39 с. - Рекомендовано методической комиссией радиофизического факультета для студентов ННГУ, обучающихся по направлениям подготовки 03.03.03 «Радиофизика», 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии» и специальности 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем». - 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=783210&idb=0>.

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

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, специализированным оборудованием: 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.

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.