

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол от
«31» мая 2023 г. № 6

Рабочая программа дисциплины

Параметрические излучатели и приемники
звука: основы теории и применения

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

Магистратура

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

03.04.03 Радиофизика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Акустика

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

Очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина Б1.В.ДВ.04.01 " Параметрические излучатели и приемники звука: основы теории и применения " относится к части ООП направления подготовки 03.04.03 Радиофизика, 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	
<p>ПК-1:</p> <p><i>Способен анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области физики и радиофизики при решении задач своей профессиональной деятельности</i></p>	<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><i>Знать</i> основы фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач теории нелинейных волн в неоднородных средах</p> <p><i>Уметь</i> свободно ориентироваться в фундаментальных аспектах физики и радиофизики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач теории нелинейных волн в неоднородных средах.</p> <p><i>Владеть</i> базовыми навыками решения задач теории нелинейных волн</p>	<p><i>Собеседование, задача (практическое задание)</i></p>
<p>ПК-2:</p> <p><i>Способен выполнять теоретические и экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-конструкторских</i></p>	<p>ПК-2.1. Анализирует современное состояние исследований в области физики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов.</p>	<p><i>Знать</i> современное состояние исследований в области теории нелинейных волн в неоднородных средах</p> <p><i>Уметь</i> понимать и анализировать современные проблемы и новейшие достижения в области современной гидроакустики</p>	<p><i>Собеседование, задача (практическое задание)</i></p>

<i>работ в области физики и радиофизики и оформлять их результаты</i>	ПК-2.2. Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи.	Знать критерии выбора методов решения задач в области теории нелинейных волн в неоднородных средах. Уметь самостоятельно ставить задачи в области теории нелинейных волн в неоднородных средах и выбирать методы их решения. .	<i>Собеседовани е, задача (практическо е задание)</i>
ПК-3 <i>. Способен разрабатывать и подготавливать составные части документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок</i>	ПК-3.1. Использует знание нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР, применяет заданные требования и правила при оформлении рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях.	Владеть навыками использования современных литературных источников.	
	ПК-3.2. Представляет результаты НИР академическому и бизнес-сообществу.	Знать современные способы представления результатов научных исследований.	

3. Структура и содержание дисциплины «Параметрические излучатели и приемники звука: основы теории и применения»

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа): - занятия практического типа	32
самостоятельная работа	29
КСР	2
Промежуточная аттестация – экзамен	45

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	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	Занятия лабораторного типа	Всего	
Глава 1. Методы расчета нелинейных взаимодействий в звуковых пучках.	22	8			8	14
Глава 2. Метод параболического уравнения и основные результаты линейной теории дифракции	21	6			6	15
Глава 3. Параметрические излучатели звука с недифрагирующими пучками волн накачки	21	6			6	15
Глава 4. Различные режимы работы параметрических излучателей	21	6			6	15
Глава 5. Приемные параметрические антенны	21	6			6	15
В т.ч. текущий контроль	2	2			2	-
Промежуточная аттестация – экзамен						

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках групповых или индивидуальных консультаций.

Содержание разделов 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

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает следующие виды:

- разбор материала лекционных занятий,
- изучение дополнительных разделов дисциплины с использованием учебной литературы.

Примеры контрольных заданий:

1. Принцип работы параметрических излучателей звука.
2. Принцип работы параметрических приемников звука.
3. Акустические числа Маха и Рейнольдса
4. Малые параметры в задачах нелинейной акустики.
5. Уравнение Навье-Стокса. Применение метода последовательных приближений.
6. Неколлинеарное взаимодействие плоских акустических волн в среде без дисперсии
7. Расчет вторичного поля методом функций Грина
8. Режим Вестервельта для ПИ.
9. Режим Берктея для ПИ.
10. Диаграмма направленности параметрического излучателя звука. Влияние на ширину диаграммы затухания и дифракции волн накачки.
11. КПД параметрического излучателя
12. Широкополосность параметрических нелинейных приборов

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

включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности 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, без ошибок.	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.	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 отдельными 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 владения материалом. Невозможность оценить	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые	Имеется минимальный набор навыков для	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных	Продемонстрированы базовые навыки при решении	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандарт

	наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	навыки. Имели место грубые ошибки.	решения стандартных задач с некоторым и недочетами	задач с некоторыми недочетами	стандартных задач без ошибок и недочетов.	ошибок и недочетов.	ных задач
--	--	---	--	-------------------------------	---	---------------------	-----------

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
	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
зачтено	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»
	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»
не зачтено	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»

5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

5.2.1 Контрольные вопросы

Вопрос	Код компетенции (согласно РПД)
1. Нелинейность и дисперсия.	ПК-1
2. Нелинейные уравнения (уравнение Римана, уравнение Навье-Стокса, уравнение Заболотской-Хохлова-Кузнецова).	ПК-1
3. Принцип работы параметрических излучателей звука.	ПК-1
4. Принцип работы параметрических приемников звука.	ПК-1
5. Акустические числа Маха и Рейнольдса	ПК-2

6. Малые параметры в задачах нелинейной акустики.	ПК-2
7. Неколлинearное взаимодействие плоских акустических волн в среде без дисперсии	ПК-2
8. Режим Вестервельта для ПИ.	ПК-2
9. Режим Берктея для ПИ.	ПК-3
10. Диаграмма направленности параметрического излучателя звука. Влияние на ширину диаграммы затухания и дифракции волн накачки.	ПК-3
11. КПД параметрического излучателя	ПК-2
12. Широкополосность параметрических нелинейных приборов	ПК-3

5.2.2. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Расчет диаграммы направленности линейного излучателя с различным распределением амплитуды на его поверхности: равномерное распределение, гауссово распределение.
2. Расчет ширины диаграммы направленности параметрического излучателя при различных моделях затухания ВРЧ.

5.2.3. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-2

3. Расчет вторичного поля методом функций Грина
4. Применение метода последовательных приближений для упрощения уравнение Навье-Стокса.

5.2.4. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-3

5. Анализ современного развития параметрических излучателей и их применения.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика, т. 6. Гидродинамика. М: Физматлит – 736 с.
2. Акустика в задачах. Учеб. рук-во. / Под ред. С.Н.Гурбатова и О.В.Руденко. М.: Наука, 2009. - 336 с
3. Гурбатов С.Н. Зайцев В.Ю., Прончатов-Рубцов Н.В. «Неклассическая» структурно-обусловленная акустическая нелинейность: эксперименты и модели Нижний Новгород, ННГУ, Учебное пособие 2007, 223 с. <http://www.unn.ru/pages/e-library/aids/2007/20.pdf>
4. Гурбатов С.Н., Демин И.Ю., Клемина А.В., Прончатов-Рубцов Н.В. Нелинейные случайные волны в средах без дисперсии (часть 1) Учебное пособие. Фонд образовательных электронных ресурсов ННГУ, 2016. – 95 с. http://www.unn.ru/books/met_files/Nelinvoln_Gurb2016.pdf

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. Гурбатов С.Н., Руденко О.В., Саичев А.И. Волны и структуры в нелинейных средах без дисперсии. М.: Физматлит, 2008. - 495 с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Гурбатов С.Н., Грязнова И.Ю., Демин И.Ю., Курин В.В., Прончатов-Рубцов Н.В. Электронный задачник «Основы механики сплошных сред: гидромеханика и акустика» / Фонд образовательных электронных ресурсов ННГУ, 2012. – 95 с. http://www.unn.ru/books/met_files/Zadachnic_MSS.doc

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для обучения дисциплине имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории, компьютерным оборудованием.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 03.04.03 Радиофизика (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования РФ 07.08.2020 № 918).

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

Рецензент: д.ф.-м.н., профессор Матросов В.В.

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

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от «25» мая 2023 года, протокол № 04/23.