

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

Нелинейные случайные волны и турбулентность в средах без дисперсии

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.07.01 Нелинейные случайные волны и турбулентность в средах без дисперсии 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: Применяет принципы сбора и анализа информации, рассматривает и оценивает современные научные достижения, а также генерирует новые идеи при решении задач в области нелинейных случайных волн</p> <p>ПК-1.2: Работает с большим объемом данных, систематизирует и анализирует информацию в области нелинейных случайных волн, полученную из различных источников, в том числе с использованием современных информационных и коммуникационных технологий</p>	Опрос	Зачёт: Задания
ПК-2: Способен выполнять теоретические и экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области акустики и	<p>ПК-2.1: Анализирует современное состояние исследований в области акустики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов</p> <p>ПК-2.2: Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные,</p>	<p>ПК-2.1: Анализирует современное состояние исследований в области акустики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов в области нелинейных случайных волн</p>	Опрос	Зачёт: Задания

<p>радиофизики и оформлять их результаты</p>	<p>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</p>	<p>ПК-2.2: Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи в области нелинейных случайных волн ПК-2.3: Участвует в планировании, подготовке и проведении НИР на кафедре по тематике своей научной работы ПК-2.4: Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области акустики и радиофизики, в том числе в области нелинейных случайных волн</p>		
<p>ПК-3: Способен разрабатывать и подготавливать составные части документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок</p>	<p>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 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</p>	<p>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 по тематике своей научной работы ПК-3.2: Представляет результаты НИР академическому и бизнес-сообществу, участвует в научных конференциях по акустике ПК-3.3: Участвует в составлении и подаче конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика и Акустика</p>	<p>Опрос</p>	<p>Зачёт: Задания</p>

--	--	--	--	--

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	1
самостоятельная работа	75
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

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	
о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	
Базовые уравнения	14	4		4	10
Эволюция сложных детерминированных сигналов	16	6		6	10
Случайные Римановы волны	14	4		4	10
Качественная теория турбулентности	21	6		6	15
Асимптотический анализ акустической турбулентности	21	6		6	15
Трехмерная потенциальная турбулентность	21	6		6	15
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	32	0	33	75

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Базовые уравнения
 - 1.1. Уравнение Римана (уравнение простой волны)
 - 1.2. Одномерное и векторное уравнение Бюргерса.
 - 1.3. Основные сведения из теории случайных процессов.
2. Эволюция сложных детерминированных сигналов – периодическая автомодельность фрактальных сигналов.
3. Случайные Римановы волны.
 - 3.1. Лагранжево и Эйлерово статистическое описание случайных полей.
 - 3.2. Вероятностные распределения случайных Римановых волн.
 - 3.3. Спектры случайных Римановых волн.
4. Качественная теория турбулентности.
 - 4.1. Качественная теория одномерной турбулентности.
 - 4.2. Автомодельность акустической турбулентности.
5. Асимптотический анализ акустической турбулентности при бесконечных числах Рейнольдса
6. Трехмерная потенциальная турбулентность.
 - 6.1. Ячеистая структура трехмерной потенциальной турбулентности.
 - 6.2. Крупномасштабная структура Вселенной.

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.

<https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=783346&idb=0>

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 - Опрос) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

1. Уравнение Римана (уравнение простой волны), одномерное и векторное уравнение Бюргерса.
1. Связь асимптотических характеристик случайных процессов с особенностями их реализаций.
1. Эволюция сложных детерминированных сигналов.
1. Лагранжево и Эйлерово статистическое описание случайных полей.

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

1. Спектры случайных Римановых волн.
1. Вероятностные распределения случайных Римановых волн.
1. Решение уравнения Бюргерса при больших числах Рейнольдса.

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

1. Качественная теория одномерной турбулентности- законы роста внешнего масштаба и затухания энергии.
1. Автомодельность акустической турбулентности, сохранение крупномасштабных структур
1. Ячеистая структура трехмерной потенциальной турбулентности – локальная автомодельность

Критерии оценивания (оценочное средство - Опрос)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно»

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

	вследствие отказа обучающегося от ответа		негрубых ошибок	. Допущено несколько негрубых ошибок	. Допущено несколько несущественных ошибок	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 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 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. Базовые уравнения – уравнение Римана (уравнение простой волны), одномерное и векторное уравнение Бюргерса.
2. Основные сведения из теории случайных процессов. Связь асимптотических характеристик случайных процессов с особенностями их реализаций.
3. Эволюция сложных детерминированных сигналов – периодическая автомодельность фрактальных сигналов.
4. Лагранжево и Эйлерово статистическое описание случайных полей.
5. Вероятностные распределения случайных Римановых волн.

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

1. Спектры случайных Римановых волн.
2. Точное решение уравнения Бюргерса и решение уравнения Бюргерса при больших числах Рейнольдса.
3. Качественная теория одномерной турбулентности.
4. Автомодельность акустической турбулентности
5. Ячеистая структура трехмерной потенциальной турбулентности.
6. Модельное описание эволюции крупномасштабной структуры Вселенной. Приближение Зельдовича и модель слипания

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

1. Найти решение нелинейного уравнения 1-го порядка - уравнения Римана
2. Привести уравнение Бюргерса к безразмерному виду и ввести понятие акустического числа Рейнольдса.
3. Установить связь асимптотики спектра с особенностями их реализаций случайных процессов.
4. Уставить формулы связи Лагранжево и Эйлерово описание случайных полей.
5. Показать сохранение одноточечного вероятностного распределения статистически однородной Римановой волны.
6. Вывести выражение для спектра случайной Римановой волны с начальной гауссовой статистикой.
7. Вывести из точного решения уравнения Бюргерса решение уравнения при больших числах Рейнольдса.
8. Сделать качественную оценку законов роста внешнего масштаба и затухания энергии акустической турбулентности на основе асимптотического решения уравнения Бюргерса.
9. Исходя из гипотез об автомодельности акустической турбулентности и сохранения крупномасштабных структур найти законы роста внешнего масштаба и затухания энергии.
10. Показать на основе асимптотического решения векторного уравнения Бюргерса возникновение локальной автомодельности трехмерной потенциальной турбулентности.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно»

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

Основная литература:

1. Гурбатов С. Н. Нелинейные случайные волны: акустическая и гравитационная турбулентность (часть 2) : Учебное пособие. Ч. 2. Нелинейные случайные волны: акустическая и гравитационная турбулентность (часть 2) : Учебное пособие / Гурбатов С. Н., Демин И. Ю., Прончатов-Рубцов Н. В. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2021. - 130 с. - Рекомендовано Ученым Советом радиофизического факультета для аспирантов ННГУ, обучающихся по направлению 03.06.01 «Физика и астрономия» (направленности 01.04.06 «Акустика», 01.04.03 «Радиофизика») и магистрантов ННГУ, обучающихся по направлениям подготовки 03.04.03 «Радиофизика», 02.04.02 «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=783346&idb=0>.
2. 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>.

Дополнительная литература:

1. Гурбатов С. Н. Лекции по механике сплошных сред : учебное пособие / Гурбатов С. Н. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2023. - 137 с. - Рекомендовано Учёным советом радиофизического факультета для студентов ННГУ, обучающихся по направлениям подготовки 03.03.03 и 03.04.03 “Радиофизика”, 02.03.02 “Фундаментальная информатика и информационные технологии”, по специальности 10.05.02 “Информационная безопасность телекоммуникационных систем”. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-91326-797-9., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=867932&idb=0>.
2. Нелинейная акустика в задачах и примерах. / Руденко О.В., Гурбатов С.Н., Хедберг К.М. - Москва : Физматлит, 2007., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=636056&idb=0>.

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

<https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=783346&idb=0>

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: Проектор для демонстрации 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): Гурбатов Сергей Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор.

Рецензент(ы): Гавриленко Владимир Георгиевич, доктор физико-математических наук.

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