

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Институт информационных технологий, математики и механики

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол от «30» ноября 2022 г. № 13

Рабочая программа дисциплины

Нелинейные волновые процессы

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

Магистратура

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

01.04.01 Математика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Фундаментальная математика и приложения

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

Очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина относится к факультативным дисциплинам ФТД.02.

1. 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**	
ОПК-1 Способен формулировать и решать актуальные и значимые проблемы математики	ОПК-1.1. Знать основы фундаментальных дисциплин в области математических и (или) естественных наук	Знает математические модели деформируемых тел	<i>Собеседование</i>
	ОПК-1.2. Уметь выбирать методы решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний.	Умеет применять различные методы решения задач при исследовании нелинейных волновых процессов	<i>Контрольная работа</i>
	ОПК-1.3. Владеть навыками применения фундаментальных знаний в профессиональной деятельности	Владеет навыками применения математических методов при исследовании нелинейных волновых процессов	<i>Собеседование</i>
ПК-5. Способен составлять научные обзоры, рефераты и отчеты по тематике проводимых исследований, а также подготовить научную публикацию	ПК-5.1. Знать специфику научных обзоров.	Знает специализированные разделы теории вероятности и случайных процессов, необходимые при решении типовых задач нелинейных волновых процессов	<i>Собеседование</i>
	ПК-5.2. Уметь составлять научные обзоры, рефераты и отчеты по тематике проводимых исследований, а также подготовить научную публикацию.	Умеет составлять научные обзоры основных положений теории нелинейных волновых процессов необходимых для решения практических задач	<i>Контрольная работа</i>

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**	
	ПК-5.3. Владеть способностью по составлению научных обзоров, рефератов и отчетов по тематике проводимых исследований.	Владеет навыками применения основных положений теории нелинейных волновых процессов необходимых для решения практических задач	<i>Контрольная работа</i>

2. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	1 з.е.
Часов по учебному плану	36
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа	16
- занятия лабораторного типа	
- текущий контроль (КСРИФ)	1
самостоятельная работа	3
Промежуточная аттестация – зачет	

3.2. Содержание дисциплины

Очная форма обучения							
№	Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				СР ¹ , часы
			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				
			из них				
			ЗЛеТ ²	ЗСеТ ³	ЗЛаТ ⁴	Всего	
1.	Основные модели эволюции нелинейных волн	8	2	2		4	4
2.	Простые волны (волны Римана)	12	2	2		4	8
3.	Нелинейные волны в средах с диссипацией. Уравнение Бюргерса	17	4	4		8	9
4.	Солитоны	17	4	4		8	9
5.	Модулированные волны в нелинейных средах	17	4	4		8	9
	Текущий контроль (КСР)	1				1	
	ИТОГО	72	16	16	0	33	39
¹ Самостоятельная работа обучающегося. ² Занятия лекционного типа.							

Очная форма обучения						
№	Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы			СР ¹ , часы
			из них			
			ЗЛеТ ²	ЗСеТ ³	ЗЛаТ ⁴	Всего
³ Занятия семинарского типа.						
⁴ Занятия лабораторного типа.						

Краткое содержание разделов и тем дисциплины

1. Основные модели эволюции нелинейных волн. Нелинейные волны в среде без дисперсии и диссипации. Волны в нелинейной среде с диссипацией. Волны в нелинейных средах с дисперсией (дисперсия в области низких частот; дисперсия в области высоких частот; среда с дисперсией и диссипацией). Распространение волновых пакетов.
2. Простые волны (волны Римана). Уравнение простой волны и его решение методом характеристик. Спектр опрокидывающейся волны. Образование разрывов в простой волне.
3. Нелинейные волны в средах с диссипацией. Уравнение Бюргерса. Точные решения уравнения Бюргерса. Преобразование Коула-Хопфа. Стационарная ударная волна. Взаимодействие ударных волн.
4. Солитоны. Джон Скот Рассел и открытие солитона. Уравнение Кортевега-де Вриза (КдВ). Парадокс Ферми-Паста-Улама. Взаимодействие солитонов и работа Забуски и Крускала. Метод обратной задачи рассеяния для уравнения КдВ. Многосолитонные решения.
5. Модулированные волны в нелинейных средах. Нелинейное уравнение Шредингера (НУШ) и метод многих масштабов. Критерий Лайтхилла и модуляционная неустойчивость. Неустойчивость пространственно-однородного решения. Стационарные решения НУШ: «светлые» и «темные» солитоны. Трехволновое взаимодействие в квадратично-нелинейной среде.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа. Промежуточная аттестация проходит в традиционных формах (зачет).

3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

В рамках дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы (порядок их выполнения, форма контроля):

- повторение материала, пройденного на занятиях лекционного типа (в течение всего семестра, опрос на занятиях лекционного и семинарского типа),
- самостоятельное изучение отдельных вопросов программы (1 раз в семестр, опрос на занятиях семинарского типа),
- подготовка к занятиям семинарского типа, решение задач по списку, представленному преподавателем (в течение всего семестра, опрос на занятиях семинарского типа),
- подготовка к промежуточному контролю успеваемости (зачет).

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

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

Фонд оценочных средств включает: контрольные материалы для проведения текущего контроля в форме *задач (практических заданий), контрольных работ* и контрольные материалы для проведения промежуточной аттестации в форме вопросов и заданий к *зачёту*.

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Шкала оценивания сформированности компетенций		Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)		
		Знания	Умения	Навыки
плохо	не зачтено	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа
неудовлетворительно		Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
удовлетворительно	зачтено	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами
хорошо		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
очень хорошо		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
отлично		Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
превосходно		Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже

Оценка		Уровень подготовки
		«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»
незачтено	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»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

5.2.1. Контрольные вопросы

№	Вопрос	Код формируемой компетенции
1.	Зная закон дисперсии определить фазовую и групповую скорости волны.	ОПК-1
2.	Определить характер дисперсии (нормальная или аномальная).	ОПК-1
3.	Вывести формулу Рэлея, связывающую фазовую и групповую скорости.	ОПК-1
4.	Исследовать модуляционную устойчивость волны, пользуясь критерием Лайтхилла.	ОПК-1
5.	Описать эволюцию волны Римана, зная, что в начальный момент времени волна была: синусоидальной (а), куполообразной (б).	ПК-5
6.	Может ли в среде сформироваться солитон, если дисперсионный фактор преобладает над нелинейным (а), если нелинейный фактор преобладает над дисперсионным (б) (ответ обосновать)?	ПК-5
7.	Зная нелинейное уравнение Шредингера, проанализировать волны огибающих.	ПК-5
8.	Определить связь между амплитудной и фазовой модуляцией квазигармонической волны.	ПК-5

5.2.2. Типовые задания для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Зная закон дисперсии определить фазовую и групповую скорости волны.
2. Определить характер дисперсии (нормальная или аномальная).
3. Вывести формулу Рэлея, связывающую фазовую и групповую скорости.
4. Исследовать модуляционную устойчивость волны, пользуясь критерием Лайтхилла.

5.2.3. Типовые задания для оценки сформированности компетенции ПК-5

5. Описать эволюцию волны Римана, зная, что в начальный момент времени волна была: синусоидальной (а), куполообразной (б).
6. Может ли в среде сформироваться солитон, если дисперсионный фактор преобладает

над нелинейным (а), если нелинейный фактор преобладает над дисперсионным (б) (ответ обосновать)?

7. Зная нелинейное уравнение Шредингера, проанализировать волны огибающих.
8. Определить связь между амплитудной и фазовой модуляцией квазигармонической волны.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

№	а) основная литература:	К-во ¹
1.	Куликовский А.Г., Свешникова Е.И. Нелинейные волны в упругих средах. М.: Московский лицей. 1998. 412 с.	4 экз.
2.	Куликовский А.Г., Погорелов Н.В., Семенов А.Ю. Математические вопросы численного решения гиперболических систем уравнений. М.: Физматлит. 2012. 656 с.	4 экз.
3.	Багдоев А.Г., Ерофеев В.И., Шекоян А.В. Линейные и нелинейные волны в диспергирующих сплошных средах. М.: Физматлит. 2009. 320 с.	1 экз.
4.	Рыскин Н.М., Трубецков Д.И. Нелинейные волны. М.: Физматлит. 2000. 272 с.	4 экз.
5.	Герасимов С.И., Ерофеев В.И., Солдатов И.Н. Волновые процессы в сплошных средах. Саров: Изд-во РФЯЦ – ВНИИЭФ. 2012. 260 с.	1 экз.

№	б) дополнительная литература:	К-во ¹
1.	Порубов А.В. Локализация нелинейных волн деформации. М.: Физматлит. 2009. 208 с.	1 экз.
2.	Труэл Р., Элбаум Ч., Чик Б. Ультразвуковые методы в физике твердого тела. – М.: Мир, 1969. – 307 с.	1 экз.

№	в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины)	«Л» или «С» ²
1.	не требуются	

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий лекционного и семинарского типа, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: мультимедийная техника (компьютер, проектор, экран).

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 ОС ВО ННГУ - магистратура по направлению подготовки 01.04.01 Математика.

Автор(ы) _____ к.т.н., доцент
Леонтьева А.В.

Рецензент(ы) _____

¹ Указывается количество экземпляров в библиотеке ННГУ. Если издание доступно в электронном виде (указана ссылка), указывается буква «Э».

² Указывается буква «Л», если программное обеспечение – лицензионное, или «С» – в свободном доступе.

Заведующий кафедрой
теоретической, компьютерной и
экспериментальной механики

д.ф.-м.н., профессор
Игумнов Л.А.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики от 30 ноября 2022 года, протокол № 3.