

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

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

Рабочая программа дисциплины

**Современные методы исследования математических
моделей распределенных динамических систем**

7

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки

01.04.02 Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы

**Математическое моделирование динамики систем и процессов
управления**

Форма обучения

очная

Нижний Новгород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Современные методы исследования математических моделей распределенных динамических систем» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений. Код дисциплины Б1.В.02.

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
1	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина Б1.В.02, «Современные методы исследования математических моделей распределенных динамических систем» относится к части ООП направления подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, 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**	
ПК-4. Способен разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач	ПК-4.1. Знает методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач	<u>Знать:</u> новую информацию в предметной области	Собеседование
	ПК-4.2. Умеет применять методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и заданий	<u>Уметь</u> - применять базовые знания естественных наук, математики и информатики - применять углубленные знания по прикладной математике <u>Владеть</u> - математическим мышлением, математической культурой - способностью уточнить, переспросить, задать вопрос на тему предметной области - основными приемами проведения математических доказательств.	Собеседование
	ПК-4.3. Имеет навыки применения методов разработки и анализа концептуальных и	<u>Владеть</u> - навыками поиска информации в рамках предметной области в сети Интернет и других источниках. - навыками использования	Собеседование Задача

	теоретических моделей решаемых научных проблем и задач.	универсальных математических пакетов для выполнения расчетов; - навыками интерпретации результатов численного исследования	
ПК-5. Способен разрабатывать и применять математические методы, системное и прикладное программное обеспечение для решения задач научной деятельности	ПК-5.1. Знает типовые математические методы и методологии разработки системного и прикладного программного обеспечения для решения задач научной деятельности	<p><u>Знать:</u> - основные принципы и факты, понятия, аналитических и численных методов, изучаемых в дисциплине:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Что такое «L,A- пара» и представление Лэкса? • Что такое сохраняющийся оператор в квантовой механике? • Уравнение Шрёдингера. • Волна де Бройля, её физический смысл. • Потенциальная яма и спектр собственных значений оператора Шрёдингера. • Прохождение частицы через потенциальный барьер. Что такое коэффициенты отражения и прохождения? • Прямая задача рассеяния в квантовой механике. Данные рассеяния. • Что такое унитарно эквивалентные операторы? Их свойства. • Прямая задача рассеяния в случае уравнения КДВ. Продолжение данных рассеяния по времени. • Уравнение Гельфанда-Левитана-Марченко. Обратная задача для оператора Шрёдингера. • Интегральные уравнения с вырожденным ядром и построение «N- солитонных» решений (на примере уравнения КДВ). • Законы сохранения для уравнения КДВ. • Как унитарная эквивалентность операторов приводит к возникновению законов сохранения (на примере уравнения КДВ?). <p><u>Знать:</u> - терминологию предметной области</p>	Собеседование

	<p>ПК-5.2. Умеет применять типовые математические методы и методологии разработки системного и прикладного программного обеспечения для решения задач научной деятельности</p>	<p><u>Уметь</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - применять базовые знания естественных наук, математики и информатики - применять углубленные знания по прикладной математике <p><u>Знать</u> основные положения метода обратной задачи рассеяния.</p> <p><u>Владеть</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - математическим мышлением, математической культурой - способностью уточнить, переспросить, задать вопрос на тему предметной области - основными приемами проведения математических доказательств 	Задачи
	<p>ПК-5.3 Имеет навыки разработки системного и прикладного программного обеспечения для решения задач научной деятельности</p>	<p><u>Владеть</u> навыками решения математических задач и проблем из предметной области изучаемой дисциплины с использованием изложенных методов, аналогичные ранее изучены.</p> <p><u>Уметь</u> применять теоретические знания и практические навыки для решения типовых задач дисциплины</p>	Собеседование

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	Очная форма обучения
Общая трудоемкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	50
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа	0
- занятия лабораторного типа	16
- текущий контроль (КСР)	2
самостоятельная работа	22
Промежуточная аттестация – экзамен	36

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	В том числе	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы. Из них	ятельная работа обучаю

		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
Раздел 1. Уравнение КВД и представление Лэкса.	12	6		3	9	3
Раздел 2. Унитарная эквивалентность операторов.	9	4		2	6	3
Раздел 3. Понятие прямой задачи рассеяния в квантовой механике.	9	4		2	6	3
Раздел 4. Нахождение данных рассеяния в задаче КДВ	9	4		2	6	3
Раздел 5. Обратная задача рассеяния в квантовой механике.	9	4		2	6	3
Раздел 6. «N-солитонные» решения уравнения КДВ.	9	4		2	6	3
Раздел 7. Законы сохранения для уравнения КДВ.	13	6		3	9	4
Текущий контроль (КСР)	2				2	
Промежуточная аттестация – экзамен/	36					
Итого	108	32	0	16	50	22

Текущий контроль успеваемости реализуется в формах опросов на занятиях лабораторного типа.

На проведение практических занятий (лабораторных работ) в форме практической подготовки отводится 16 часов.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- знаний базовых структур данных и алгоритмов;
- знаний основных принципов, фактов, понятий, аналитических и численных методов, изучаемых в дисциплине;
- основных приемов проведения математических доказательств. (компетенция -**ПК-4**);
- умения применять теоретические знания и практические навыки для решения типовых задач дисциплины (компетенция -**ПК-5**).

Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме экзамена.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

В процессе изучения дисциплины при проведении занятий различных видов используются разные образовательные технологии. А именно, занятия проводятся в виде: лекций, научно-практических занятий в частично семинарской форме, групповых и индивидуальных консультаций по теории, внеаудиторной самостоятельной работы студентов. Используется:

работа с материалами, размещенными в Интернет. Занятия лекционного типа составляют около 33% от объема основных часов контактной работы со студентами по данной дисциплине. Научно-практические занятия в основной своей части проводятся в интерактивной форме.

При выполнении самостоятельной работы и при подготовке к промежуточной аттестации в форме экзамена студенты имеют доступ к методическим материалам курса Дерендяев Н.В., Калинин А.В., "Проекционный метод Фурье". Электронное учебно-методическое пособие. Рег. № 523.12.08, размещенных по ссылке <http://www.unn.ru/pages/e-library/methodmaterial/files/derk.pdf>, режим доступа – свободный.

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

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 незначительных 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.	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 незначительными 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 владения материалом. Невозможность	При решении стандартных задач не продемонстрированы	Имеется минимальный набор навыков для	Продemonстрированы базовые навыки при	Продemonстрированы базовые навыки при	Продemonстрированы навыки при решении	Продemonстрирован творческий подход к

	ть оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	ированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	решения стандартных задач с некоторыми недочетами.	решении стандартных задач с некоторыми недочетами	решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	нестандартных задач без ошибок и недочетов.	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 «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»

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

5.2.1 Контрольные вопросы на экзамене

Вопросы	Код формируемой компетенции
Представление Лэкса (на примере уравнения КдВ)	ПК-4
Что такое «L,A-пара» и представление Лэкса?.	ПК-4
Что такое сохраняющийся оператор в квантовой механике?	ПК-4
Уравнение Шрёдингера.	ПК-4
Волна де Бройля, её физический смысл.	ПК-4
Потенциальная яма и спектр собственных значений оператора Шрёдингера.	ПК-5
Прохождение частицы через потенциальный барьер. Что такое коэффициенты отражения и прохождения?	ПК-5
Прямая задача рассеяния в квантовой механике. Данные рассеяния.	ПК-5
Что такое унитарно эквивалентные операторы? Их свойства.	ПК-5
Прямая задача рассеяния в случае уравнения КДВ. Продолжение данных рассеяния по времени.	ПК-5

Уравнение Гельфанда-Левитана-Марченко. Обратная задача для оператора Шрёдингера.	ПК-4
Интегральные уравнения с вырожденным ядром и построение «N-солитонных» решений (на примере уравнения КДВ).	ПК-4
Интегральные уравнения с вырожденным ядром и построение «N-солитонных» решений (на примере уравнения КДВ).	ПК-4
Как унитарная эквивалентность операторов приводит к возникновению законов сохранения (на примере уравнения КДВ?).	ПК-4

5.2.2. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции ПК-4

1. Показать, что операторы \hat{L}, \hat{A} - пары для уравнения КдВ симметричны на множестве гладких функций координат, достаточно быстро убывающих на бесконечности.

5.2.3. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-5

1. Факел нагревает бесконечный стержень в точке $x = 0$. Распределение температуры $u(x, t)$ удовлетворяет уравнению теплопроводности $u_t = \chi u_{xx}$ (1), где χ - постоянная, и удовлетворяет начальному условию $u(x, 0) = 0$. В точке $x = 0$ задан поток тепла $\lambda u_x(+0, t) = -q$; $\lambda u_x(-0, t) = q, q > 0$ (2). Найти распределение температуры $u(x, t)$ при $x \in R^1, t > 0$.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Годунов С.К. Уравнения математической физики. М.- учеб. пособие для студентов физ.-мат. специальностей ун-тов. - М.: Наука, 1979. - 391 с. (61 экз)
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=259890&DB=1>

б) дополнительная литература

- 1) Дерендяев Н.В., Калинин А.В., "Проекционный метод Фурье". Электронное учебно-методическое пособие. Рег. № 523.12.08, размещенным по ссылке <http://www.unn.ru/pages/e-library/methodmaterial/files/derk.pdf>, режим доступа – свободный.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Научная электронная библиотека
<http://e-library/>
2. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов // <http://scholl-collection.edu.ru/>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: презентационное оборудование для проведения обсуждений и компьютерных демонстраций (лаборатории 218, и 220 кафедры ТУиДС, корп.2).

Рекомендованная литература.

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 ННГУ по направлению подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика»

Автор (ы), к.т.н, доцент_Стребуляев С.Н.

Рецензент (ы) _____

Заведующий кафедрой ДУМЧА_ д.ф.-м.н., Калинин А.В.

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