

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
функционального анализа и операторных уравнений



Каменский М.И.

подпись, расшифровка подписи

25.05.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.01 Алгоритмы расчета волновых процессов в сетях

- 1. Код и наименование направления подготовки:** 02.04.01 математика и компьютерные науки.
- 2. Профиль подготовки:** математическое и компьютерное моделирование
- 3. Квалификация выпускника:** магистр
- 4. Форма образования:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** функционального анализа и операторных уравнений
- 6. Исполнители программы:** Белоглазова Татьяна Владимировна, к.ф.-м.н., доцент, математический факультет, кафедра функционального анализа и операторных уравнений
- 7. Рекомендована:** НМС математического факультета, протокол № 0500–06 от 25.05.2023
- 8. Учебный год:** 2023-2024 **Семестр(ы):** первый

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целью курса является ознакомление студентов с методами исследования дифференциальных уравнений на пространственных сетях, моделирующих процессы, возникающие в непрерывных системах сетеподобной структуры.

Задачами курса являются:

- 1) изучение возможности построения решений волновых уравнений на произвольной пространственной сети в форме Даламбера;
- 2) изучение метода Фурье для обобщенных решений волнового уравнения на конечном графе;
- 3) изучение всех обобщенных решений волнового уравнения, их оценок, спектра оператора $-d^2/dx^2$ (включая оценки кратности собственных значений), квазипериодичности в случае конечного графа с соизмеримыми ребрами.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: дисциплина относится к профессиональному циклу и является специальной дисциплиной (общепрофессиональной) части данного цикла.

Основные дисциплины и их разделы, необходимые для усвоения курса «Алгоритмы расчета волновых процессов в сетях»:

- математический анализ (производная, дифференциал функции и их приложения, экстремум функции, неопределенный и определенный интегралы, частные производные, непрерывность, ряды Фурье);
- линейная алгебра (матрицы, определители);
- уравнения математической физики (волновое уравнение, метод Фурье);
- функциональный анализ (линейные ограниченные операторы в банаховом пространстве);

Дисциплина «Алгоритмы расчета волновых процессов в сетях» является необходимой для усвоения учебных курсов по уравнениям математической физики, уравнений в частных производных, дифференциальных уравнений, краевых задач.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПКВ-1.	Способен проводить научно-исследовательские разработки в области математического моделирования физических и экономических процессов методами функционального анализа, а также реализовывать программно соответствующие математические алгоритмы	ПКВ-1.2	Умеет использовать соответствующие базовые знания при проведении научно-исследовательских работ	знать: методы исследования дифференциальных уравнений на пространственных сетях, возникающие в непрерывных системах сетеподобной структуры уметь: применять методы исследования дифференциальных уравнений на пространственных сетях владеть: навыками моделирования процессов, возникающих в непрерывных системах сетеподобной структуры
		ПКВ-1.3	Имеет навыки выбора методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний и реализации программно соответ-	знать: основные исследования дифференциальных уравнений на пространственных сетях, моделирующих процессы, уметь: применять методы для исследования теоретических и практических задач владеть: навыками построения решений волновых уравнений на произвольной пространственной сети в форме Даламбера, метода Фурье.

			ствующих математических алгоритмов	
ПКВ-2	Способен проводить работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований в области математического и компьютерного моделирования различных процессов	ПКВ-2.3	Имеет практический опыт исследований в конкретной области математического и компьютерного моделирования	знать: основные методы исследования дифференциальных уравнений на пространственных сетях, моделирующих процессы, возникающие в непрерывных системах сетеподобной структуры, уметь: моделировать процессы, возникающие в непрерывных системах сетеподобной структуры системами дифференциальных уравнений на графах владеть: навыками моделирования практических задач системами дифференциальных уравнений

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 3/ 108.

Форма промежуточной аттестации зачет

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		№ 1	№ семестра	...
Аудиторные занятия	32	32		
в том числе:	лекции	16	16	
	практические	-	-	
	лабораторные	16	16	
Самостоятельная работа	76	76		
в том числе: курсовая работа (проект)	-	-		
Форма промежуточной аттестации (экзамен – __ час.)	Зачет, к.	Зачет, к.		
Итого:	108	108		

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1.1	Волновое уравнение на пространственной сети	Волновое уравнение на пучке, волновое уравнение на геометрическом графе, аналог формулы Даламбера на сети, единственность решения задачи Коши, непрерывная зависимость от начальных данных.	
1.2	Обобщенные решения волнового уравнения на конечном графе	Основные определения и понятия, свойства оператора $-\Delta_\Gamma$ и порождаемой им сильно непрерывной косинс-функцией (КОФ), метод Фурье для волнового уравнения, ограниченность решений волнового уравнения в пространстве $C_0(\Gamma)$ в случае графа с соизмеримыми ребрами, теорема	

		о спектре оператора $-\Delta_\Gamma$, квази-периодичность решений волнового уравнения, пример графа, на котором волновое уравнение имеет неперриодическое решение.	
2. Практические занятия			
2.1	Волновое уравнение на пространственной сети	Волновое уравнение на пучке, волновое уравнение на метрическом графе, аналог формулы Даламбера на сети, единственность решения задачи Коши	
2.2	Обобщенные решения волнового уравнения на конечном графе	метод Фурье для волнового уравнения, квази-периодичность решений волнового уравнения,	
3. Лабораторные работы			

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1.	Волновое уравнение на пространственной сети	8	8	-	38	54
2.	Обобщенные решения волнового уравнения на конечном графе	8	8	-	38	54
	Итого:	16	16	-	76	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Работа с текстом конспекта лекции, изучение рекомендованной литературы, систематическая подготовка к лабораторным занятиям, выполнение индивидуальных заданий и заданий предложенных в методичках.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Покорный Ю.В. Дифференциальные уравнения на геометрических графах / Ю.В. Покорный, О.М. Пенкин, В.Л., Прядиев. Боровских. К.П. Лазарев, С.А. Шабров -М. : Физматлит, 2004. – 272 с.
2.	Копытин А.В. Некоторые вопросы теории эволюционных задач на сетях /Кандидатская диссертация - Воронеж, 2002. -78 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3.	Иосида К. Функциональный анализ / М. : Мир, 1967. — 624 с.
4.	Баскаков А.Г. Гармонический анализ косинусной и экспоненциальной операторных функций / Математический сборник. , 1984 Т. 124(166).С. 68-95.
5.	Колмогоров А.Н. Элементы теории функций и функционального анализа / А.Н. Колмогоров, С.В. Фомин .— М.: Наука, 1976, 544 с.
6.	Пенкин О.М. . С. О краевой задаче на графе/ О.М. Пенкин, Ю.В. Покорный, Дифференц. уравнения. 1988. Т. 24, №4. С. 701-703.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	ИсточникП

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Покорный Ю.В. Дифференциальные уравнения на геометрических графах / Ю.В. Покорный, О.М. Пенкин, В.Л., Прядиев. Боровских. К.П. Лазарев, С.А. Шабров -М. : Физматлит, 2004. – 272 с.
2	Копытин А.В. Некоторые вопросы теории эволюционных задач на сетях /Кандидатская диссертация - Воронеж, 2002. -78 с.
3	Иосида К. Функциональный анализ / М. : Мир, 1967. — 624 с.
4	Баскаков А.Г. . Гармонический анализ косинусной и экспоненциальной операторных функций / Математический сборник. , 1984 Т. 124(166).С. 68-95.
5	Колмогоров А.Н. Элементы теории функций и функционального анализа / А.Н. Колмогоров, С.В. Фомин . — М.: Наука, 1976, 544 с.
6	Пенкин О.М. . С. О краевой задаче на графе/ О.М. Пенкин, Ю.В. Покорный, Дифференц. уравнения. 1988. Т. 24, №4. С. 701-703.

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

Дисциплина может реализовываться с применением дистанционных образовательных технологий, например, на платформе «Электронный университет ВГУ».

Перечень необходимого программного обеспечения: операционная система Windows, Microsoft Office, LibreOffice, браузер Mozilla Firefox, Opera или Internet Explorer, Maxima.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Для проведения лекционных и практических занятий используются аудитории, соответствующие действующим санитарно-техническим нормам и противопожарным правилам, мультимедийный проектор, доска (мел, маркеры).

Для проведения лабораторных занятий и самостоятельной работы используется класс с компьютерной техникой, оснащенный необходимым программным обеспечением, электронными учебными пособиями и законодательно - правовой и нормативной поисковой системой, имеющий выход в глобальную сеть.

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Волновое уравнение на пространственной сети	ПКВ-2	ПКВ-2.1 ПКВ-2.2 ПКВ-2.3	Домашнее задание, устный опрос, практические задания
2.	Обобщенные решения волнового уравнения на конечном графе	ПКВ-2	ПКВ-2.1 ПКВ-2.2 ПКВ-2.3	Домашнее задание, устный опрос, практические задания
Промежуточная аттестация форма контроля – зачёт				Перечень вопросов Практическое задание

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Домашнее задание, устный опрос, практические задания

1. Домашнее задание выполняется каждым студентом самостоятельно и обсуждается на следующем занятии.

2. Студенты овладевают навыками применения методов исследования дифференциальных уравнений на пространственных сетях, моделирующих процессы, возникающие в непрерывных системах сетеподобной структуры.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере использует фундаментальные знания в области математического анализа, дифференциальных уравнений, вариационного исчисления и других дисциплин, способен к определению общих форм и закономерностей отдельной данной предметной области умеет строго доказать утверждения, формулировать результаты, быстро видит следствия полученного результата	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Зачтено</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы	<i>Базовый уровень</i>	
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым двум-трем из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы, демонстрирует частичные знания.	<i>Пороговый уровень</i>	
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует четырем из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.	–	<i>Незачтено</i>

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Собеседование по билетам к зачету

Билеты к зачету формируются из заданий

Перечень заданий, вопросов к зачету и порядок формирования КИМ

Перечень вопросов к зачету:

1. Волновое уравнение на пучке.
2. Волновое уравнение на геометрическом графе.
3. Ааналог формулы Даламбера на сети.
4. Единственность решения задачи Коши.
5. Непрерывная зависимость от начальных данных.

6. Основные определения и понятия.
7. Свойства оператора $-\Delta_\Gamma$ и порождаемой им сильно непрерывной косинс-функцией (КОФ).
8. Метод Фурье для волнового уравнения.
9. Ограниченность решений волнового уравнения в пространстве $C_0(\Gamma)$ в случае графа с соизмеримыми ребрами.
10. Теорема о спектре оператора $-\Delta_\Gamma$.
11. Квази-периодичность решений волнового уравнения.

Пример контрольной работы

Вариант 1

1. Выписать схему метода Фурье для неоднородного уравнения колебания струны с жестко закрепленными концами.
2. Оценить скорость сходимости полученной схемы в зависимости от гладкости функции воздействия.

Примеры практических заданий

Оценить скорость сходимости полученной схемы в зависимости от гладкости функции воздействия.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практическое задание, позволяющее оценить степень сформированности умений и навыков. КИМ содержит два теоретических вопроса и одно практическое задание. По желанию обучающегося практическое задание может быть заменено на следующее задание, выполняемое в течение семестра: найти практическую задачу, сводящуюся к дифференциальным уравнениям и представить её компьютерную модель.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере использует фундаментальные знания в области математического анализа, дифференциальных уравнений, вариационного исчисления и других дисциплин, способен к определению общих форм и закономерностей отдельной данной предметной области умеет строго доказать утверждения, формулировать результаты, быстро видит следствия полученного результата	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Зачтено</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы	<i>Базовый уровень</i>	
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым двум-трем из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы, демонстрирует частичные знания.	<i>Пороговый уровень</i>	
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует	–	<i>Незачтено</i>

четырем из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.		
--	--	--