


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.05 Математические модели сетевых технических систем**

- 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 обучения:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** функционального анализа и операторных уравнений
- 6. Составители программы:** Завгородний Михаил Григорьевич, канд. физ-мат. наук, доцент
- 7. Рекомендована:** НМС математического факультета, протокол № 0500–06 от 25.05.2023
- 8. Учебный год:** 2023-2024 **Семестр(ы):** 2

**9.Цели и задачи учебной дисциплины:** Цель курса - дать студентам математический аппарат для построения и исследования математических моделей, описывающих процессы ряда сетевых технических систем. А именно, описывающих деформации и колебания разветвленных сеток струн (нитей) и сложно сочлененных систем стержней, распространения тепла вдоль стержневой системы, распределение давлений в гидравлической системе трубопроводов.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина входит часть, формируемую участниками образовательных отношений. Для изучения и освоения дисциплины нужны знания, приобретенные магистрами ранее при обучении в бакалавриате, а именно, нужны знания из курсов математического анализа, дифференциальных уравнений, функционального анализа, вариационного исчисления. Знания и умения, приобретенные студентами в результате изучения дисциплины, будут использоваться при выполнении дипломных работ, связанных с математическим моделированием.

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

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПКВ-3	Способен выбирать методы и описывать процесс исследования, формулировать выводы и оформлять результаты научно-исследовательских работ	ПКВ-3.2	Умеет осознанно выбирать подходящие методы решения исследовательских задач и представлять результаты научных исследований в различных форматах	Знать: основные методы построения математических моделей сетевых технических системах и методы решения полученных задач Уметь: описывать процессы в сетевых технических системах в виде краевых задач на графе Владеть: навыками решения краевых задач на графе
ПКВ-2	Способен проводить работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований в области математического и компьютерного моделирования различных процессов	ПКВ-2.2	Умеет обрабатывать, анализировать и обобщать полученную информацию с целью решения научных задач	Знать: область применения тех или методов построения математических моделей Уметь: адекватно интерпретировать параметры сетевых технических систем Владеть: навыками обработки полученной информации для построения адекватных математических моделей
		ПКВ-2.3	Имеет практический опыт исследований в конкретной области математического и компьютерного моделирования	Знать: методы формализации задач, возникающих при описании процессов в сетевых технических системах Уметь: правильно выбрать методы решения полученных задач Владеть: практическими навыками решения полученных задач
ПКВ-1	Способен проводить научно-исследовательские разработки в области математического моделирования физических и экономических процессов методами функционального	ПКВ-1.3	Имеет навыки выбора методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний и реализации программно соответствующих математических алгоритмов	Знать: задачи, возникающие при моделировании сетевых технических систем Уметь: на основе теоретических знаний составлять программно реализуемые математические алгоритмы полученных задач Владеть: навыками реализации составленных математических алгоритмов в виде программ

	анализа, а также реализовывать программно соответствующие математические алгоритмов			
--	---	--	--	--

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.**(в соответствии с учебным планом) — 2/72.

**Форма промежуточной аттестации**(зачет/экзамен) зачет.

### 13. Виды учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			8 семестр
Аудиторные занятия		28	28
в том числе:	лекции	14	14
	практические	-	-
	лабораторные	14	14
Самостоятельная работа		44	44
в том числе: курсовая работа (проект)		-	-
Форма промежуточной аттестации (зачет – __ час.)			зачет
Итого:		72	72

#### 13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1	Предмет и задачи курса. Потенциальная энергия	Структура курса. Находится функционал потенциальной энергии элемента системы и функционал потенциальной энергии всей системы.
2	Уравнение Эйлера на графе	Находится функционал, задающий работу, выполненную внешней силой. Исследуется на экстремум функционал равновесия. Уравнение Эйлера на графе. Краевые условия и условия согласования.
3	Разрешимость уравнения Эйлера на графе. Функция Коши	Построение решения и функции Коши уравнения Эйлера на графе. Существование и единственность решения задачи Коши и функции Коши для уравнения Эйлера на графе
4	Невырожденность краевой задачи для уравнения Эйлера на графе. Функция Грина	Краевая задача для уравнения Эйлера на графе и условия ее невырожденности. Характеристический определитель. Специальная фундаментальная система решений уравнения Эйлера на графе. Существование и единственность функции Грина невырожденной краевой задачи на графе. Свойства функции Грина. Построение решения и функции Грина краевой задачи на графе.

#### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№	Наименование раздела	Виды занятий (часов)
---	----------------------	----------------------

п/п	дисциплины	Лекции	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Предмет и задачи курса. Потенциальная энергия	2	2	6	10
2	Уравнение Эйлера на графе	2	2	10	14
3	Разрешимость уравнения Эйлера на графе. Функция Коши	4	4	12	20
4	Невырожденность краевой задачи для уравнения Эйлера на графе. Функция Грина	6	6	16	28
	Итого	14	14	44	72

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

В процессе преподавания дисциплины используются такие виды учебной работы, как лекции и лабораторные занятия, которые предполагают самостоятельную работу студентов по данной дисциплине. Обучающимся предлагается ряд индивидуальных заданий, которые необходимо выполнять в течение семестров для закрепления пройденного материала и успешного освоения дисциплины. Предусмотрены домашние задания и оформление отчетов выполнения лабораторных заданий, а также дополнительные задания для сильных студентов.

#### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

№ п/п	Источник
1	<i>Завгородний, М. Г. Краевые задачи для дифференциальных уравнений на графе : учебник / М.Г. Завгородний, С.П. Майорова ; Воронеж. гос. ун-т .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2015 .— 145, [1] с. : ил. — (Учебник Воронежского государственного университета) .— Библиогр.: с.141-142 .— ISBN 978-5-9273-2250-3.</i>
2	<i>Завгородний, М. Г. Приложения обыкновенных дифференциальных уравнений (сетевые модели механики) [Электронный ресурс] : [учебное пособие] / М.Г. Завгородний, С.П. Майорова ; Воронеж. гос. ун-т .— Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2015 .— Загл. с титул. экрана .— Свободный доступ из интранета ВГУ .— Текстовые файлы .— Windows 2000 ; Adobe Acrobat Reader .— &lt;URL:http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m15-32.pdf&gt;.</i>

#### 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
1	<i>Завгородний, М.Г. Приложения обыкновенных дифференциальных уравнений (прогиб струны) [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.Г. Завгородний, С.П. Майорова .— Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2013 .— Загл. с титул. экрана .— Свободный доступ из интранета ВГУ .— Текстовые файлы .— Windows 2000 ; Adobe Acrobat Reader .— &lt;URL:http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m13-235.pdf&gt;.</i>
2	<i>Покорный, Ю.В. Краткий курс математической теории оптимальных задач : [учебное пособие] / Ю.В. Покорный .— Воронеж : Центр.-Чернозем. кн. изд-во, 2007 .— 135, [4] с. — Библиогр.: с.137-139.</i>

## 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».

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

(при использовании лабораторного оборудования указывать полный перечень, при большом количестве оборудования можно вынести данный раздел в приложение к рабочей программе)

Лекционная аудитория (доска, мел, маркеры), компьютерный класс для проведения лабораторных работ, программное обеспечение (MATLAB Classroom (сублицензионный контракт 3010-07/01-19 от 09.01.19); Maxima (GNU General Public License (GPL); LibreOffice (GNU Lesser General Public License (LGPL)), мультимедийный проектор.

## 19. Фонд оценочных средств:

### 19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в форме лабораторных работ и контрольной работы.

**Промежуточная аттестация проводится в форме и включает в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практическое задание, позволяющее оценить степень сформированности умений и навыков.**

При оценивании используется следующая шкала:

5 баллов ставится, если обучающийся демонстрирует полное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, свободно оперирует приобретенными знаниями, умениями, применяет их при решении практических задач;

4 балла ставится, если обучающийся демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, но допускает незначительные ошибки, неточности, испытывает затруднения при решении практических задач;

3 балла ставится, если обучающийся демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускает значительные ошибки при решении практических задач;

2 балла ставится, если обучающийся демонстрирует явное несоответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям.

При сдаче зачета

оценка «зачтено» - 3-5 баллов

оценка «незачтено» - 0-2 балла

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом в области построения алгоритмов модулярной арифметики, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, применять теоретические знания для поставленных задач.</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
<i>У обучающегося сформированы знания, умения и навыки в области построения алгоритмов; он способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, применять теоретические знания для решения практических задач; но допускает отдельные несущественные пробелы в своих знаниях, допускает ошибки</i>	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>

<i>при выполнении практических задач.</i>		
<i>У обучающегося сформированы неполные знания, умения и навыки; он допускает отдельные существенные пробелы в своих знаниях, допускает существенные ошибки при выполнении практических задач.</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
<i>Сформированы лишь фрагментарные знания, умения и навыки или знания, умения и навыки отсутствуют</i>	–	<i>Неудовлетворительно</i>

**19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

## Пример КИМ № 1

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой функционального  
анализа и операторных уравнений

\_\_\_\_\_ Каменский М.И.  
*подпись, расшифровка подписи*

\_\_\_\_\_

Направление подготовки / специальность 02.04.01 Математика и компьютерные науки

Дисциплина Б1.В.ОД.7 Математические модели сетевых технических систем

Форма обучения очная

*очное, очно-заочное, заочное*

Вид контроля зачет

*экзамен, зачет*

Вид аттестации промежуточная

*текущая, промежуточная*

### Контрольно-измерительный материал № \_\_\_\_

1. Функционал потенциальной энергии системы связанных струн.

2. Существование и единственность функции Коши для уравнения Эйлера на графе.

Преподаватель \_\_\_\_\_  
*подпись расшифровка подписи*

### Пример контрольного задания (вариант задания)

#### Контрольная работа

по дисциплине «Математические модели сетевых технических систем»

Вариант № \_\_\_\_

Даны три растянутые нити (струны)  $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ , длина каждой из которых равна 4, а сила натяжения  $p(x) = \frac{2}{4+x}$ ,  $x \in \gamma_i$ ,  $i = \overline{1,3}$ . На каждую нить  $\gamma_i$  действует внешняя сила интенсивности  $f(x) = x-1$ ,  $x \in \gamma_i$ . Все три нити расположены вдоль графа-пучка и в их общем узле связаны. Составьте краевую задачу, описывающую деформацию системы

нитей, если несвязанный конец первой нити закреплен, а несвязанные концы остальных двух нитей свободны. Найдите решение полученной краевой задачи. Постройте график деформаций системы нитей.