

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

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
цифровых технологий



/ Кургалин С.Д.

22.04.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.О.08 ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ГЛАВЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО  
МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**1. Код и наименование направления подготовки:**

02.04.01 Математика и компьютерные науки

**2. Профиль подготовки:**

компьютерное моделирование и искусственный интеллект

компьютерные науки и информационные технологии для цифровой экономики

**3. Квалификация выпускника:**

магистр

**4. Форма обучения:** очная

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**

кафедра цифровых технологий

**6. Составители программы:**

Семенов Михаил Евгеньевич, доктор физико-математических наук, профессор

**7. Рекомендована:**

НМС ФКН (протокол № 5 от 05.03.2024)

**8. Учебный год:** 2024-2025

**Семестр:** 2

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целями освоения учебной дисциплины являются: углубленное математическое изучение основных идей и подходов, лежащих в основе современных методов математического моделирования физических явлений и процессов.

Задачи учебной дисциплины:

- развитие навыков составления и исследования математических моделей;
- овладение математическим аппаратом, позволяющим решать актуальные проблемы прикладной математики;
- развитие умения применять полученные знания для решения задач профессиональной деятельности.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

обязательная часть блока Б1. Для успешного освоения дисциплины необходимо предварительное изучение следующих разделов математики: математический анализ, дифференциальные уравнения, теория вероятностей, уравнения в частных производных.

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

Код и название компетенции	Код и название индикатора компетенции	Знания, умения, навыки
ОПК-1 Способен находить, формулировать и решать актуальные и значимые проблемы прикладной и компьютерной математики	ОПК-1.1 Обладает фундаментальными знаниями и практическим опытом в формулировке и решении актуальных и значимых проблем прикладной и компьютерной математики	Знает основные идеи и подходы, лежащие в основе современных методов математического моделирования физических явлений и процессов.
ОПК-1 Способен находить, формулировать и решать актуальные и значимые проблемы прикладной и компьютерной математики	ОПК-1.2 Умеет использовать их в профессиональной деятельности	Умеет адекватно ставить задачи исследования сложных объектов на основе методов математического моделирования; осуществлять формализацию и алгоритмизацию функционирования исследуемой системы; выбирать класс модели и оптимизировать ее структуру в зависимости от поставленной задачи, свойств моделируемого объекта и условий проведения эксперимента.
ОПК-1 Способен находить, формулировать и решать актуальные и значимые проблемы прикладной и компьютерной математики	ОПК-1.3 Имеет навыки решения актуальных и значимых проблем прикладной и компьютерной математики	Владеет навыками выбора адекватных методов исследования моделей и принятия решений по результатам исследования моделей.
ОПК-2 Способен создавать и исследовать новые математические модели в	ОПК-2.1 Владеет навыками создания и исследования новых	Знает постановки классических задач и моделей в естественных науках.

естественных науках, совершенствовать и разрабатывать концепции, теории и методы	математических моделей в естественных науках	
ОПК-2 Способен создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках, совершенствовать и разрабатывать концепции, теории и методы	ОПК-2.2 Умеет использовать их в профессиональной деятельности	Умеет, используя полученные знания, формулировать новые математические модели.
ОПК-2 Способен создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках, совершенствовать и разрабатывать концепции, теории и методы	ОПК-2.3 Имеет практический опыт создания и исследования подобных математических моделей и разработки теорий и методов для их описания	Владеет навыками анализа получаемых моделей, навыками построения и реализации соответствующих алгоритмов.

## 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час: 3/108

Форма промежуточной аттестации: экзамен

## 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			2 сем.
Аудиторные занятия		32	32
в том числе:	лекции	16	16
	практические	16	16
	лабораторные		
Самостоятельная работа		40	40
Экзамен		36	36
Итого:		108	108

### 13.1 Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
1	Простейшие математические модели и основные понятия математического моделирования	<p>Фундаментальные законы природы. Применение аналогий при построение моделей. Иерархический подход.</p> <p>Примеры моделей, получаемых из фундаментальных законов природы (траектория всплытия подводной лодки; колебания колец Сатурна, движение шарика;</p>	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12012">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12012</a>

		<p>присоединенного к пружине). Вариационные принципы и математические модели.</p> <p>Пример иерархии моделей. Универсальность математических моделей.</p> <p>Некоторые модели простейших нелинейных объектов.</p>	
2	Получение моделей из фундаментальных законов природы, вариационных принципов и иерархии моделей	<p>Сохранение массы вещества. Сохранение энергии.</p> <p>Сохранение числа частиц. Совместное применение нескольких фундаментальных законов. Уравнения движения, вариационные принципы и законы сохранения в механике. Модели некоторых механических систем (маятник на свободном подвесе; малые колебания струны). Уравнение Больцмана и производные от него.</p>	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12012">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12012</a>
3	Модели некоторых трудноформализуемых объектов	<p>Универсальность математических моделей (случайный марковский процесс).</p> <p>Модели финансовых и экономических процессов (организация рекламной компании; макро модель равновесия рыночной экономики). Некоторые модели соперничества (взаимоотношения в системе «хищник-жертва»; боевые действия двух армий). Динамика распределения власти в иерархии.</p>	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12012">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12012</a>
4	Исследование математических моделей	<p>Применение методов подобия. Анализ размерностей и групповой анализ моделей.</p> <p>Самоподобные процессы. Принцип максимума и теоремы сравнения.</p> <p>Классификация режимов с обострением. Метод</p>	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12012">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=12012</a>

		осреднения. Локализованные структуры в нелинейных средах. Различные способы осреднения	
--	--	--	--

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

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Лекционные занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Всего
1	Простейшие математические модели и основные понятия математического моделирования	4	4		16	24
2	Получение моделей из фундаментальных законов природы, вариационных принципов и иерархии моделей	4	4		20	28
3	Модели некоторых трудноформализуемых объектов	4	4		20	28
4	Исследование математических моделей	4	4		20	28
		16	16	0	40	72

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

Освоение дисциплины складывается из аудиторной работы (учебной деятельности, выполняемой под руководством преподавателя) и внеаудиторной работы (учебной деятельности, реализуемой обучающимся самостоятельно).

Аудиторная работа состоит из работы на лекциях и выполнения практических заданий в объёме, предусмотренном учебным планом. Лекция представляет собой последовательное и систематическое изложение учебного материала, направленное на знакомство обучающихся с основными понятиями и теоретическими положениями изучаемой дисциплины.

Лекционные занятия формируют базу для практических занятий, на которых полученные теоретические знания применяются для решения конкретных практических задач. Обучающимся для успешного освоения дисциплины рекомендуется вести конспект лекций и практических занятий.

Самостоятельная работа предполагает углублённое изучение отдельных разделов дисциплины с использованием литературы, рекомендованной преподавателем, а также

конспектов лекций, конспектов практических занятий. В качестве плана для самостоятельной работы может быть использован раздел 13.1 настоящей рабочей программы, в котором зафиксированы разделы дисциплины и их содержание. В разделе 13.2 рабочей программы определяется количество часов, отводимое на самостоятельную работу по каждому разделу дисциплины. Больше количество часов на самостоятельную работу отводится на наиболее трудные разделы дисциплины. Для самостоятельного изучения отдельных разделов дисциплины используется перечень литературы и других ресурсов, перечисленных в пунктах 15 и 16 настоящей рабочей программы. Обязательным элементом самостоятельной работы является выполнение домашнего задания.

Успешность освоения дисциплины определяется систематичностью и глубиной аудиторной и внеаудиторной работы обучающегося.

При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения требуется выполнять все указания преподавателей, вовремя подключаться к онлайн-занятиям, ответственно подходить к заданиям для самостоятельной работы.

В рамках дисциплины предусмотрено проведение трёх текущих аттестаций за семестр. Результаты текущей успеваемости учитываются при выставлении оценки по промежуточной аттестации в соответствии с положением П ВГУ 2.1.04.16–2019 «Положение о текущей и промежуточной аттестации знаний, умений и навыков обучающихся на факультете компьютерных наук Воронежского государственного университета с использованием балльно-рейтинговой системы».

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом их индивидуальных психофизических особенностей и в соответствии с индивидуальной программой реабилитации. Для лиц с нарушением слуха при необходимости допускается присутствие на лекциях и практических занятиях ассистента, а также сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков. Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости время подготовки на зачете может быть увеличено. Для лиц с нарушением зрения допускается аудиальное предоставление информации (например, с использованием программ-синтезаторов речи), а также использование на лекциях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). На лекциях и практических занятиях при необходимости допускается присутствие ассистента. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам. При необходимости время подготовки на экзамене может быть увеличено. Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата при необходимости допускается присутствие ассистента на лекциях и практических занятиях. Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата проводится на общих основаниях, при необходимости процедура экзамена может быть реализована дистанционно.

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Горлач, Б. А. Математическое моделирование. Построение моделей и численная реализация / Б. А. Горлач, В. Г. Шахов. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 292 с. — ISBN 978-5-507-46275-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/305219">https://e.lanbook.com/book/305219</a>
2	Голубева, Н. В. Математическое моделирование систем и процессов : учебное пособие для вузов / Н. В. Голубева. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 192 с. — ISBN 978-5-8114-

	8721-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/179611">https://e.lanbook.com/book/179611</a>
3	Нагаева, И. А. Основы математического моделирования и численные методы : учебное пособие для вузов / И. А. Нагаева, И. А. Кузнецов. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 204 с. — ISBN 978-5-8114-9462-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/233252">https://e.lanbook.com/book/233252</a>

#### б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Дегтярев, В. Г. Математическое моделирование : учебное пособие / В. Г. Дегтярев. — Санкт-Петербург : ПГУПС, 2021. — 86 с. — ISBN 978-5-7641-1611-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/222530">https://e.lanbook.com/book/222530</a>
2	Семенов, А. Г. Математическое и компьютерное моделирование : учебное пособие / А. Г. Семенов, И. А. Печерских. — Кемерово : КемГУ, 2019. — 237 с. — ISBN 978-5-8353-2427-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/134311">https://e.lanbook.com/book/134311</a>

#### в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет):

№ п/п	Ресурс
1	ЗНБ ВГУ: <a href="https://lib.vsu.ru/">https://lib.vsu.ru/</a>
2	Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека online": <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a>
3	Электронно-библиотечная система "Лань": <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
4	Электронно-библиотечная система "Консультант студента": <a href="http://www.studmedlib.ru">http://www.studmedlib.ru</a>
5	Электронный университет ВГУ: <a href="https://edu.vsu.ru/">https://edu.vsu.ru/</a>

### 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Семенов, А. Г. Математическое и компьютерное моделирование : учебное пособие / А. Г. Семенов, И. А. Печерских. — Кемерово : КемГУ, 2019. — 237 с. — ISBN 978-5-8353-2427-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/134311">https://e.lanbook.com/book/134311</a>

### 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение)

При реализации дисциплины могут использоваться технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии на базе портала [edu.vsu.ru](http://edu.vsu.ru), а также другие доступные ресурсы сети Интернет.

### 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитория для лекционных занятий: мультимедиа-проектор, экран для проектора, компьютер с выходом в сеть «Интернет». Специализированная мебель (столы ученические, стулья, доска). Программное обеспечение: LibreOffice v.5-7, программа для просмотра файлов формата pdf, браузер.

Аудитория для практических занятий: специализированная мебель (столы ученические, стулья, доска).

### 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	Раздел 1	ОПК-1 ОПК-2	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3	Реферат
2	Раздел 2	ОПК-1 ОПК-2	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3	Реферат
3	Раздел 3	ОПК-1 ОПК-2	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3	Реферат
4	Раздел 4	ОПК-1 ОПК-2	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3	Реферат
Промежуточная аттестация форма контроля – экзамен				Список вопросов к экзамену

## 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: реферат.

#### Примерные темы рефератов

1. Траектория всплытия подводной лодки.
2. Колебания колец Сатурна.
3. Движение шарика, присоединенного к пружине.
4. Маятник на свободном подвесе.
5. Малые колебания струны.

Реферат представляется в письменной форме, а также в виде краткого сообщения с компьютерной презентацией. Реферат оценивается по шкале «зачтено» и «не зачтено». Оценка «зачтено» выставляется в случае представления реферата и презентации с демонстрацией основных полученных результатов. В противном случае выставляется оценка «не зачтено».

### 20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: перечень вопросов к экзамену.

#### Перечень вопросов к экзамену

1. Фундаментальные законы природы. Применение аналогий при построении моделей. Иерархический подход.
2. Некоторые модели соперничества (взаимоотношения в системе «хищник-жертва»; боевые действия двух армий).
3. Примеры моделей, получаемых из фундаментальных законов природы (траектория всплытия подводной лодки; колебания колец Сатурна, движение шарика; присоединенного к пружине).
4. Динамика распределения власти в иерархии.



5. Вариационные принципы и математические модели. Пример иерархии моделей. Универсальность математических моделей.
6. Применение методов подобия.
7. Сохранение массы вещества. Сохранение энергии.
8. Анализ размерностей и групповой анализ моделей.
9. Сохранение числа частиц. Совместное применение нескольких фундаментальных законов.
10. Самоподобные процессы.
11. Уравнения движения, вариационные принципы и законы сохранения в механике.
12. Принцип максимума и теоремы сравнения.
13. Модели некоторых механических систем (маятник на свободном подвесе; малые колебания струны).
14. Классификация режимов с обострением.
15. Уравнение Больцмана и производные от него.
16. Метод осреднения.
17. Универсальность математических моделей (случайный марковский процесс).
18. Локализованные структуры в нелинейных средах.
19. Модели финансовых и экономических процессов (организация рекламной компании; макромоделю равновесия рыночной экономики).
20. Различные способы осреднения.

Для оценивания результатов обучения на экзамене используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Дан полный, развёрнутый ответ на поставленный вопрос (вопросы), обучающийся свободно оперирует основными понятиями дисциплины, ориентируется в предметной области. Изложение материала не содержит ошибок, отличается последовательностью, грамотностью, логической стройностью.	Повышенный уровень	Отлично
Дан развёрнутый ответ на поставленный вопрос (вопросы), обучающийся свободно оперирует основными понятиями дисциплины, ориентируется в предметной области. Материал изложен в целом последовательно и грамотно, отсутствуют грубые ошибки, однако имеются отдельные неточности в определениях, вычислениях, доказательствах, изложениях положений теории.	Базовый уровень	Хорошо
Ответ на поставленный вопрос (вопросы) содержит изложение только базового теоретического материала, имеются ошибки в определениях, вычислениях, доказательствах, формулировках положений теории. Нарушена логическая последовательность в изложении материала.	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Ответ на поставленный вопрос (вопросы) отсутствует, либо содержит грубые ошибки в определениях, вычислениях, доказательствах, формулировках положений теории. Обучающийся не владеет основными понятиями дисциплины. Отсутствует логическая последовательность в изложении материала.	–	Неудовлетворительно