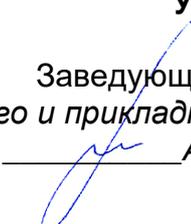


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
математического и прикладного анализа

  
А. И. Шашкин

21.05.2024г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ДВ.02.02 Математическое моделирование биологических и биотехнологических объектов**

*Код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом*

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

02.04.03 Математическое обеспечение и администрирование информационных систем

**2. Профиль подготовки/специализация:** Управление проектированием и разработкой информационных систем

**3. Квалификация выпускника:** магистр

**4. Форма обучения:** очная

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** *математического и прикладного анализа*

**6. Составители программы:** Арзамасцев А.А., д.техн.н., профессор

**7. Рекомендована:** НМС факультета 15 мая 2024 года, протокол №9

---

*отметки о продлении вносятся вручную)*

**8. Учебный год:** 2025-2026

**Семестр(ы):** 4

**9. Цели и задачи учебной дисциплины**

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- получение теоретических и практических знаний в области математического моделирования различных объектов и математического моделирования биологических и биотехнологических объектов и систем;

- формирование управленческого мышления, способствующего в дальнейшем организовывать командную работу в коллективе по разработке и внедрению систем математического моделирования и оптимизации различных объектов и в частности биологических и биотехнологических объектов и их систем;

Задачи учебной дисциплины:

- изучение теоретических и практических основ математического и компьютерного моделирования;
- изучение особенностей использования различных математических аппаратов и методов разработки математических моделей, специализированного программного обеспечения и формирование навыков работы с ним;
- получение навыков работы над проектами максимально приближенными к реальным; получение навыков работы над проектами в команде;
- изучение авторских разработок в области математического моделирования биологических и биотехнологических объектов.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Блок 1. Дисциплины (модули). Часть, формируемая участниками образовательных отношений, Дисциплины (модули) по выбору 2 (ДВ.2). Для освоения дисциплины обучающийся должен владеть знаниями, умениями и навыками, сформированными в процессе изучения следующих дисциплин: Численные методы; Методы оптимизации и нелинейное программирование. Программирование и научные вычисления на языке Python;

## 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
ПК-3	Способен обрабатывать, интерпретировать и оформлять результаты проведенных исследований в выбранной области науки	ПК-3.1	Обрабатывает полученные данные с использованием современных методов анализа информации	Знать: основные понятия, положения, законы и методы системы искусственного интеллекта на основе нейронных сетей Уметь: приводить научные положения и факты для обоснования сущности проблемы, определять возможности применения теоретических положений и методов дисциплины для постановки и решения конкретных прикладных задач; Владеть: - навыками оформления результатов проведенных исследований в области системы искусственного интеллекта на основе нейронных сетей - навыками анализа и интерпретации полученных результатов
		ПК-3.2	Критически анализирует полученные	Знать: методы оценки качества и адекватности математических методов,

			результаты и интерпретирует в контексте выбранной области профессиональной и/или научной сферы	связанных с искусственным интеллектом на основе нейронных сетей Уметь: анализировать полученные результаты и интерпретировать их в контексте искусственного интеллекта на основе нейронных сетей. Владеть: навыками формирования планов проведения научно-исследовательских работ и разработки методов для оценки качества и адекватности математических моделей.
		ПК-3.3	Составляет отчет по результатам НИР и НИОКР в выбранной области науки	Знать: методы оценки качества и адекватности математических методов, связанных с искусственным интеллектом на основе нейронных сетей Уметь: формировать отчеты по результатам НИР и НИОКР в области, связанной с математическим моделированием биологических и биотехнологических объектов. Владеть: навыками формирования отчетов по результатам НИР и НИОКР в областях, использующих математическое моделирование биологических и биотехнологических объектов.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 3/108.

Форма промежуточной аттестации: зачет

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость	
		По семестрам

	Всего	№ 4
Аудиторные занятия	36	36
в том числе:	лекции	24
	практические	-
	лабораторные	12
Самостоятельная работа	72	72
в том числе: курсовая работа (проект)		
Форма промежуточной аттестации (зачет)	-	-
Итого:	108	108

### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Основные понятия систем математического и компьютерного моделирования	Введение. Что такое математическая модель и компьютерная модели? История вопроса. Представление объекта для целей моделирования. Структурная и параметрическая идентификация математической модели. Основные принципы математического моделирования. Области использования математического моделирования.	Реализация раздела с помощью онлайн-курса <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738</a>
1.2	Классификация математических моделей и их свойства	Классификация математических моделей. ММ динамики и статики. Примеры. ММ детерминированные и стохастические. Их свойства. ММ с распределенными и сосредоточенными параметрами. ММ дискретные и непрерывные. ММ стационарные, нестационарные и квазистационарные. Свойства данных классов математических моделей. Базовые принципы разработки математических моделей. Процесс разработки математической модели. Основные этапы технологии. Их характеристики.	Реализация раздела с помощью онлайн-курса <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738</a>
1.3	Математические аппараты и методы, используемые в математическом моделировании. Теоретический и комбинированный подходы.	Системы нелинейных алгебраических уравнений. Обыкновенные дифференциальные уравнения и их системы. Дифференциальные уравнения в частных производных, краевые условия. Аппарат теории вероятности. Клеточные автоматы и мультиагентный подход. Искусственные нейронные сети. Нечеткая логика.	Реализация раздела с помощью онлайн-курса <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738</a>
1.4	Математические аппараты и методы, используемые в математическом моделировании. Эмпирический подход.	Регрессионный и корреляционный анализ. Планируемый эксперимент. Искусственные нейронные сети. Основные численные методы и методы нелинейного программирования, используемые в математическом моделировании объектов.	Реализация раздела с помощью онлайн-курса <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738</a>
1.5	Особенности биологических и биотехнологических объектов и систем, как объектов моделирования	Особенности биологических и биотехнологических объектов и систем, как объектов моделирования: Несмотря на разнообразие живых систем, все они обладают специфическими чертами, которые необходимо учитывать при построении моделей: все биологические объекты являются сложными и	Реализация раздела с помощью онлайн-курса <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738</a>

		<p>многокомпонентными (поэтому их моделировать можно на уровне популяции и на уровне индивидов); каждый элемент этих систем имеет индивидуальные особенности; это самовоспроизводящиеся объекты; биологические объекты – это открытые системы; биологические объекты имеют сложную многоуровневую структуру; биологические объекты имеют сложную пространственную структуру.</p>	
1.6	<p>Математическое моделирование процесса аутостабилизации температуры биологическими объектами. Модели с сосредоточенными параметрами</p>	<p>Авторская лекция. Основные понятия. Характеристика объекта и основные процессы. Система допущений. Математическая модель, численный метод ее компьютерной реализации. Параметрическая идентификация математической модели на основе эмпирических данных. Анализ математической модели и объяснение основных феноменов. Развитие математической модели.</p>	<p>Реализация раздела с помощью онлайн-курса  <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738</a></p>
1.7	<p>Математическое моделирование процесса аутостабилизации температуры биологическими объектами. Модели с распределенными параметрами</p>	<p>Авторская лекция. Характеристика объекта и основные процессы. Система допущений. Математическая модель, разностная схема и численный метод ее компьютерной реализации. Анализ математической модели и объяснение основных феноменов. Возможности использования результатов моделирования.</p>	<p>Реализация раздела с помощью онлайн-курса  <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738</a></p>
1.8	<p>Математическая модель информационной системы биологических объектов и ее анализ</p>	<p>Авторская лекция. Основные элементы информационной системы биологических объектов. Вопрос об оптимальном числе "букв" в алфавите информационной системы. Модель информационной системы и ее приложения к биологическим объектам</p>	<p>Реализация раздела с помощью онлайн-курса  <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738</a></p>
1.9	<p>Математическое моделирование и исследование биотехнологического процесса для его оптимального проектирования</p>	<p>Авторская лекция. Общая постановка задачи оптимального проектирования и оптимизации биотехнологического процесса средствами математического моделирования. Основные понятия. Характеристика объекта и основные процессы. Система допущений. Математическая модель, численный метод ее компьютерной реализации. Параметрическая идентификация математической модели на основе эмпирических данных. Анализ математической модели и решение задачи оптимального проектирования.</p>	<p>Реализация раздела с помощью онлайн-курса  <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738</a></p>
1.10	<p>Математическое моделирование и оптимизация биотехнологического процесса</p>	<p>Авторская лекция. Общая постановка задачи оптимизации биотехнологического процесса средствами математического моделирования. Характеристика объекта и основные процессы. Система допущений. Математическая модель, предназначенная для оптимизации, численный метод ее компьютерной реализации. Параметрическая идентификация математической модели на основе эмпирических данных. Анализ математической модели и решение задачи оптимизации процесса.</p>	<p>Реализация раздела с помощью онлайн-курса  <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738</a></p>
1.11	<p>Моделирование морфологических особенностей биологических объектов, растущих на плоскости</p>	<p>Авторская лекция. Трудности моделирования морфологических особенностей биологических объектов. Элементы фрактальной геометрии. Элементы клеточных автоматов. Математические модели биологических объектов, растущих на плоскости. Численный анализ моделей, возможности их использования для решения</p>	<p>Реализация раздела с помощью онлайн-курса  <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738</a></p>

		реальных задач. Моделирование популяционной динамики и морфологии средствами клеточных автоматов.	
1.12	Перспективы использования математического моделирования биологических и биотехнологических объектов и их систем	Перспективы использования математического моделирования биологических и биотехнологических объектов и их систем. Современные вызовы к моделированию биологических объектов. Развитие математического и программного обеспечения.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738</a>
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	Не предусмотрено		
2.2			
<b>3. Лабораторные занятия</b>			
3.1	Структурная идентификация математической модели биологического объекта с использованием методов корреляционного анализа		Реализация раздела с помощью онлайн-курса <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738</a>
3.2	Параметрическая идентификация линейной математической модели биологического объекта на основе эмпирических данных		Реализация раздела с помощью онлайн-курса <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738</a>
3.3	Параметрическая идентификация нелинейной математической модели биологического объекта на основе эмпирических данных		Реализация раздела с помощью онлайн-курса <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738</a>
3.4	Разработка генератора случайных чисел для имитационного моделирования		Реализация раздела с помощью онлайн-курса <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738</a>
3.5	Проверка адекватности стохастической модели на основе критерия согласия Пирсона $\chi^2$		Реализация раздела с помощью онлайн-курса <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738</a>
3.6	Разработка стохастической математической модели биологического объекта		Реализация раздела с помощью онлайн-курса <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738</a>
3.7	Разработка математической модели динамики		Реализация раздела с помощью онлайн-курса

	биологического объекта		<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738</a>
3.8	Параметрическая идентификация математической модели динамики биологического объекта		Реализация раздела с помощью онлайн-курса <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=14738</a>

\* заполняется, если отдельные разделы дисциплины изучаются с помощью онлайн-курса. В колонке Примечание необходимо указать название онлайн-курса или ЭУМК. В других случаях в ячейки ставятся прочерки.

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

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Основные понятия систем математического и компьютерного моделирования	2	-	-	6	8
2	Классификация математических моделей и их свойства	2	-	-	6	8
3	Математические аппараты и методы, используемые в математическом моделировании. Теоретический и комбинированный подходы.	2	-	6	6	14
4	Математические аппараты и методы, используемые в математическом моделировании. Эмпирический подход.	2	-	6	6	14
5	Особенности биологических и биотехнологических объектов и систем, как объектов моделирования	2	-	-	6	8
6	Математическое моделирование процесса аутостабилизации температуры биологическими объектами. Модели с сосредоточенными параметрами	2	-	-	6	8
7	Математическое моделирование процесса аутостабилизации температуры биологическими объектами. Модели с распределенными параметрами	2	-	-	6	8

8	Математическая модель информационной системы биологических объектов и ее анализ	2	-	-	6	8
9	Математическое моделирование и исследование биотехнологического процесса для его оптимального проектирования	2	-	-	6	8
10	Математическое моделирование и оптимизация биотехнологического процесса	2	-	-	6	8
11	Моделирование морфологических особенностей биологических объектов, растущих на плоскости	2	-	-	6	8
12	Перспективы использования математического моделирования биологических и биотехнологических объектов и их систем	2	-	-	6	8
	Итого:	24		12	72	108

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

Освоение дисциплины «Системы искусственного интеллекта на основе нейронных сетей» включает лекционные и лабораторные занятия, самостоятельную работу обучающихся. Подготовка к лекционному занятию включает выполнение всех видов заданий, рекомендованных к каждой лекции, то есть задания выполняются еще до лекционного занятия по соответствующей теме.

В ходе лекционных занятий необходимо вести конспектирование учебного материала, обращать внимание на формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Необходимо задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций. Целесообразно дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой.

Выполнение лабораторных работ по этому курсу проводится в тесном контакте с преподавателем. Поэтому не допускается пропуск занятий без уважительных причин, так как значительно усложнятся и работа над лабораторными работами, и их защита.

При подготовке к зачету необходимо учитывать рекомендации преподавателя, посещать консультации, активно задавать вопросы с целью улучшения понимания трудных разделов курса.

В течение семестра обучающимся предлагается самостоятельно выполнить и ряд лабораторных заданий, связанных с программированием методов машинного обучения.

При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения выполнять все указания преподавателей по работе на платформе, своевременно подключаться к online-занятиям, соблюдать рекомендации по организации самостоятельной работы.

К промежуточной аттестации (зачету) стоит готовиться по выданным преподавателями, реализующими дисциплину, теоретическим вопросам с учетом конспектов лекционных занятий, а также предлагаемой в рабочей программе дисциплины литературы.

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование.- М.: Физматлит, 2002.- 320 с.
2	Арзамасцев А.А. Математическое и компьютерное моделирование.- Тамбов. ТГУ им. Г.Р. Державина, 2010.- 256 с. (На кафедре имеется PDF файл этой книги).
3	Арзамасцев А.А., Зенкова Н.А. Математические модели в естественных науках. Учебное пособие. - Тамбов. ТГУ им. Г.Р. Державина, 2020.- 105 с. (На кафедре имеется PDF файл этой книги).

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	Уздин, В.М. Математическое моделирование: метод анализа размерности : [16+] / В.М. Уздин ; Университет ИТМО. – Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2019. – 30 с. – Режим доступа: URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=564012">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=564012</a> .
5	Масягин, В.Б. Математическое моделирование и информационные технологии при проектировании : учебное пособие / В.Б. Масягин, Н.В. Волгина ; Минобрнауки России, Омский государственный технический университет. – Омск : Омский государственный технический университет (ОмГТУ), 2017. – 167 с. : табл., схем., ил. – Режим доступа: URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=493368">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=493368</a>
6	Захаров, Ю.В. Математическое моделирование технологических систем : учебное пособие / Ю.В. Захаров ; Поволжский государственный технологический университет. – Йошкар-Ола : Поволжский государственный технологический университет, 2015. – 84 с. : ил. – Режим доступа: URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=477400">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=477400</a>
7	Губарь, Ю.В. Введение в математическое моделирование : практическое пособие / Ю.В. Губарь ; Национальный Открытый Университет "ИНТУИТ". – Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2007. – 153 с. : табл., схем. – Режим доступа: URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=233992">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=233992</a>
8	Журнал «Математическое моделирование». Издается Институтом математического моделирования РАН. (PDF – версии статей журнала представлены в Internet).

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

№ п/п	Ресурс
1	ЭБС «Консультант студента» ( <a href="https://www.studmedlib.ru">https://www.studmedlib.ru</a> )
2	ЭБС «Лань» ( <a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a> )
3	Зональная научная библиотека ВГУ ( <a href="https://biblioclub.ru/">https://biblioclub.ru/</a> )

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

Самостоятельная работа обучающегося должна включать изучение литературы и интернет-источников по тематике лекций и лабораторных работ. Для этого рекомендуется освоить теоретический материал, соответствующих тем, по конспектам лекций и презентационному материалу, размещенному на ЭО ресурсах, литературу из представленного ниже перечня, материалы с тематических ресурсов сети Интернет.

№ п/п	Источник
1	Режим доступа: <a href="http://spkurdyumov.ru/education/kurs-lekcij-matematicheskie-modeli-v-biologii/">http://spkurdyumov.ru/education/kurs-lekcij-matematicheskie-modeli-v-biologii/</a>

2	Режим доступа: <a href="https://www.ulsu.ru/media/documents/Математическое_моделирование_биологических_процессов_методические_указания_для_самостоятельной_работы..PDF">https://www.ulsu.ru/media/documents/Математическое_моделирование_биологических_процессов_методические_указания_для_самостоятельной_работы..PDF</a>
3	Режим доступа: <a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/Моделирование_биологических_систем">https://ru.wikipedia.org/wiki/Моделирование_биологических_систем</a>
4	Электронный каталог Научной библиотеки Воронежского государственного университета. – Режим доступа: <a href="http://www.ru/lib.vsu/ru">http://www.ru/lib.vsu/ru</a>
5	Университетская библиотека on-line Режим доступа: <a href="https://biblioclub.ru/">https://biblioclub.ru/</a>

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

Дисциплина реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий. Для организации самостоятельной работы обучающихся используется онлайн-курс, размещенный на платформе Электронного университета ВГУ (LMS moodle), а также Интернет-ресурсы, приведенные в п.15в.

## **18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Лекционная аудитория должна быть оснащена современным компьютером с подключенным к нему проектором, видеотерминалом и настенным экраном. Лабораторные занятия должны проводиться в специализированной аудитории, оснащенной персональными компьютерами на базе ОС Windows и программным обеспечением в соответствии с тематикой изучаемого материала. Число рабочих мест в аудитории должно быть таким, чтобы обеспечивалась индивидуальная работа студента на отдельном персональном компьютере.

## **19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций**

### **19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения**

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

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ПК-3.1	Знать: основные понятия, положения, законы и методы системы искусственного интеллекта на основе нейронных сетей	Разделы 1.2, 1.3, 1.4, 1.5 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 1.10, 1.11, 1.12, 3.1, 3.2, 3.3 – 3.8	Устный опрос, процесс выполнения лабораторных работ и их защита
	Уметь: приводить научные положения и факты для обоснования сущности проблемы, определять возможности применения теоретических положений и методов дисциплины для постановки и решения конкретных прикладных задач;	Разделы 1.2, 1.3, 1.4, 1.5 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 1.10, 1.11, 1.12, 3.1, 3.2, 3.3 – 3.8	Устный опрос, процесс выполнения лабораторных работ и их защита

	Владеть: навыками формирования планов проведения научно-исследовательских работ и разработки методов для оценки качества и адекватности математических моделей.	Разделы 1.2, 1.3, 1.4, 1.5 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 1.10, 1.11, 1.12, 3.1, 3.2, 3.3 – 3.8	Устный опрос, процесс выполнения лабораторных работ и их защита
ПК-3.2	Знать: методы оценки качества и адекватности математических методов, связанных с искусственным интеллектом на основе нейронных сетей	Разделы 1.2, 1.3, 1.4, 1.5 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 1.10, 1.11, 1.12, 3.1, 3.2, 3.3 – 3.8	Устный опрос, процесс выполнения лабораторных работ и их защита
	Уметь: анализировать полученные результаты и интерпретировать их в контексте искусственного интеллекта на основе нейронных сетей.	Разделы 1.2, 1.3, 1.4, 1.5 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 1.10, 1.11, 1.12, 3.1, 3.2, 3.3 – 3.8	Устный опрос, процесс выполнения лабораторных работ и их защита
	Владеть: навыками формирования планов проведения научно-исследовательских работ и разработки методов для оценки качества и адекватности математических моделей.	Разделы 1.2, 1.3, 1.4, 1.5 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 1.10, 1.11, 1.12, 3.1, 3.2, 3.3 – 3.8	Устный опрос, процесс выполнения лабораторных работ и их защита
ПК-3.3	Знать: методы оценки качества и адекватности математических методов, связанных с искусственным интеллектом на основе нейронных сетей	Разделы 1.2, 1.3, 1.4, 1.5 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 1.10, 1.11, 1.12, 3.1, 3.2, 3.3 – 3.8	Устный опрос, процесс выполнения лабораторных работ и их защита
	Уметь: формировать отчеты по результатам НИР и НИОКР в области, связанной с математическим моделированием биологических и биотехнологических объектов.	Разделы 1.2, 1.3, 1.4, 1.5 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 1.10, 1.11, 1.12, 3.1, 3.2, 3.3 – 3.8	Устный опрос, процесс выполнения лабораторных работ и их защита
	Владеть: навыками формирования отчетов по результатам НИР и НИОКР в областях, использующих математическое моделирование биологических и биотехнологических объектов.	Разделы 1.2, 1.3, 1.4, 1.5 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 1.10, 1.11, 1.12, 3.1, 3.2, 3.3 – 3.8	Устный опрос, процесс выполнения лабораторных работ и их защита
<b>Промежуточная аттестация</b>			КИМ

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

Для оценивания результатов обучения на зачете используется – зачтено, не зачтено. Принимается во внимание выполнение всех 3-х лабораторных работ и их успешная защита. Если обучаемый не выполнил все три лабораторные работы, или не смог их все защитить, то зачет не ставится.

Для оценивания результатов обучения на зачете принимается во внимание:

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом курса;
- 2) обладание алгоритмическим мышлением, способностью реализовывать алгоритмы в виде программных кодов;
- 3) умение выполнять численный эксперимент и анализировать его результаты.

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области компьютерного моделирования в математической физике.</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>зачтено</i>
<i>Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), но допускает ошибки непринципиального характера.</i>	<i>Базовый уровень</i>	<i>зачтено</i>
<i>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым двум(трем) из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы. Демонстрирует частичные знания допускает существенные ошибки.</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>зачтено</i>
<i>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем(четырем) из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.</i>	–	<i>незачтено</i>

### 19.3 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

Тематика лабораторных работ

- Построение математических моделей биологических объектов на основе эмпирических данных
- Построение стохастических математических моделей биологических объектов
- Построение математических моделей динамики биологических объектов

### 19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

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

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме(ах): *устного опроса и письменных работ (лабораторные работы)*. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практическое(ие) задание(я), позволяющее(ие) оценить степень сформированности умений и(или) навыков.

Отчет, оформленный в MS Word должен содержать цель работы, краткое описание методики выполнения работы, листинги программ на одном из языков программирования и полученные результаты (графики, результаты вычислительных экспериментов и т.д.). Перед выполнением лабораторной работы обучающиеся должны внимательно прослушать объяснения преподавателя (может проводиться в онлайн-режиме).

Отчет по каждой лабораторной работе оценивается преподавателем на основании изучения отчета студента и ответа на 2-3 вопроса по каждой лабораторной работе.

Примеры вопросов для защиты лабораторных работ.

1. Придумайте и назовите несколько объектов из области естественных наук (биология, физика, химия), которые могут быть представлены массивами эмпирических данных.
2. Нарисуйте несколько корреляционных полей некоторых факторов и оцените значение коэффициента корреляции.

3. Опишите алгоритм метода наименьших квадратов.
4. Какими способами можно проверить адекватность математической модели объекта?
5. Что понимать под адекватностью математической модели?
6. В чем особенность стохастических математических моделей? Каким образом можно осуществить проверку адекватности стохастических моделей?
7. Какова технология проверки адекватности модели на основе критерия согласия  $\chi^2$ ?

Описание технологии проведения  
Взаимодействие студента и преподавателя

Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания)

## 20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: лабораторные работы, которые необходимо защитить.

Обучаемые должны сдать преподавателю отчеты по лабораторным работам и проявить свою осведомленность в относящейся к ним системе теоретических знаний, полученных из лекционного курса и литературы, изученной в ходе самостоятельной работы.

Критерии оценки ответов на вопросы зачета

Оценка «зачтено» - студент демонстрирует глубокое понимание темы, умеет распространять вытекающие из них выводы для анализа проекта и различных ситуаций в управлении проектом.

Оценка «зачтено» - студент демонстрирует понимание теоретических положений темы и базовых понятий, но допускает неточности в ответах, испытывает затруднения в применении знаний к анализу состояния проекта.

Оценка «зачтено» - студент отвечает не на все предложенные вопросы, но не менее, чем на половину из них; не демонстрирует способности применения теоретических знаний для анализа ситуаций в управлении проектом.

Оценка «незачтено» - студент демонстрирует непонимание теоретических основ и базовых понятий курса.

## 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: зачет и доклад - презентация

Вопросы к зачету

1. Математическое моделирование. Основные определения.
2. Основные принципы математического моделирования.
3. Области использования математического моделирования.
4. Классификация математических моделей. Представление объекта и его модели в операторной форме.
5. Классификация математических моделей. ММ динамики и статики. Их свойства. Привести примеры.
6. Классификация математических моделей. ММ детерминированные и стохастические. Их свойства. Привести примеры.
7. Классификация математических моделей. ММ с распределенными и сосредоточенными параметрами. Их свойства. Привести примеры.
8. Классификация математических моделей. ММ дискретные и непрерывные. Их свойства. Привести примеры.
9. Классификация математических моделей. ММ стационарные, нестационарные и квазистационарные. Их свойства. Привести примеры.
10. Базовые принципы разработки математических моделей.
11. Процесс разработки математической модели. Основные этапы технологии. Их характеристики.
12. Погрешности расчетов на основе математических моделей.
13. Связь математического моделирования с другими областями наук.
14. Ситуации, в которых математическое моделирование является единственным инструментом познания в естественных науках.
15. Пример построения математической модели эмпирическим методом. Анализ результатов.
16. Пример построения математической модели теоретическим методом.

17. Пример построения математической модели комбинированным методом.
18. Основные характеристики моделей динамики и статики на примере результатов лабораторных работ № 7,8.
19. Основные характеристики детерминированных и стохастических моделей на примере результатов лабораторных работ № 4-6.
20. Основные характеристики моделей с распределенными и сосредоточенными параметрами на примере результатов лабораторной работы № 7.

Тематика докладов-презентаций

#### ОБЩИЕ НАПРАВЛЕНИЯ

1. Современные методы математического моделирования. Математические основы. Описание метода/алгоритма. Пример использования.
2. Современные численные методы. Особенности. Математические основы. Описание метода/алгоритма. Пример использования.
3. Современные методы моделирования, основанные на использовании генераторов случайных чисел. Алгоритмы генераторов случайных чисел.
4. Современные среды для математического моделирования. Их особенности. Примеры разработки моделей в среде.
5. Современные направления использования математических моделей и моделирования. Примеры и результаты.