

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.В.ДВ.03.01 Моделирование биомедицинских систем

- 1. Код и наименование направления подготовки:**  
02.04.01 Математика и компьютерные науки
- 2. Профиль подготовки:**  
компьютерное моделирование и искусственный интеллект
- 3. Квалификация выпускника:**  
магистр
- 4. Форма обучения:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**  
кафедра цифровых технологий
- 6. Составители программы:**  
Туровский Ярослав Александрович, кандидат медицинских наук, доцент, доктор технических наук
- 7. Рекомендована:**  
НМС ФКН (протокол № 5 от 05.03.2024)
- 8. Учебный год:** 2024-2025                      **Семестр:** 2

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целью освоения учебной дисциплины является ознакомление студентов с методами математического моделирования в биологии, включающее классические примеры математических моделей биологических процессов.

Задачи учебной дисциплины:

- получение навыков моделирования электрофизиологических, механических, биохимических процессов;
- получение навыков моделирования на уровне популяции.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина относится к вариативной части учебного плана.

Для успешного освоения дисциплины необходимо предварительное изучение следующих разделов математики: теория вероятностей, математическая статистика, дискретная математика, математическая логика, базы данных, технологии программирования.

## 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-1	Способен демонстрировать фундаментальные знания математических и естественных наук, программирования и информационных технологий	ПК-1.1	Обладает фундаментальными знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий	Знает математические и физические основы моделей биомедицинских систем.
		ПК-1.2	Умеет находить, формулировать и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности в области программирования и информационных технологий	Умеет решать стандартные задачи моделирования биомедицинских систем с применением программирования и информационных технологий.
		ПК-1.3	Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области программирования и информационных технологий	Владеет навыками исследования моделей биомедицинских систем.
ПК-8	Способен создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках, промышленности и бизнесе, с учетом возможностей современных информационных технологий, программирования и компьютерной	ПК-8.1	Знает основные методы проектирования и производства программного продукта, принципы построения, структуры и приемы работы с инструментальными средствами, поддерживающими создание программных продуктов и программных комплексов, их сопровождения, администрирования и развития (эволюции).	Знает методы математического и алгоритмического моделирования в области биомедицинских систем.
		ПК-8.2	Умеет использовать методы проектирования и производства программного продукта, принципы построения, структуры и приемы работы с	Владеет навыками математического и алгоритмического моделирования в области биомедицинских систем

	техники		инструментальными средствами, поддерживающими создание программного продукта.	
		ПК-8.3	Имеет практический опыт применения указанных выше методов и технологий.	Владеет навыками адаптации известных алгоритмов, использующихся для проектирования биомедицинских систем, для решения практических задач и реализации в программных комплексах.
ПК-9	Способен использовать современные методы разработки и реализации конкретных алгоритмов математических моделей на базе языков программирования и пакетов прикладных программ моделирования.	ПК-9.1	Владеет современными методами разработки и реализации алгоритмов математических моделей на базе языков и пакетов прикладных программ моделирования.	Знает методы разработки и реализации алгоритмов в области биомедицинских систем.
		ПК-9.2	Умеет разрабатывать и реализовывать алгоритмы математических моделей на базе языков и пакетов прикладных программ моделирования.	Умеет реализовывать математически сложные алгоритмы, использующиеся для проектирования биомедицинских систем, на высокоуровневых языках программирования.
		ПК-9.3	Имеет практический опыт разработки и реализации алгоритмов на базе языков и пакетов прикладных программ моделирования.	Владеет навыками реализации моделей биомедицинских систем на высокоуровневых языках программирования.

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час — 2/72.**

**Форма промежуточной аттестации:** зачет с оценкой

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	Всего	По семестрам
		2 семестр
Аудиторные занятия	48	48
в том числе:	лекции	16
	практические	
	лабораторные	32
Самостоятельная работа	24	24
в том числе: курсовая работа (проект)		
Форма промежуточной аттестации (зачёт с оценкой)		
Итого:	72	72

#### 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	Введение. Особенности моделирования биомедицинских систем	Введение. Цели и задачи моделирования. Требования к модели. Виды моделей. Особенности моделирования медицинских и биологических систем	<a href="https://edu.vsu.ru/local/crw/course.php?id=5306">https://edu.vsu.ru/local/crw/course.php?id=5306</a>

1.2	Моделирование электрофизиологических процессов	Моделирование электрофизиологических процессов. Электрофизиологические процессы в организмах. ЭЭГ. ЭКГ, ЭМГ, КГР. Моделирование феноменов. Моделирование содержательной части электрофизиологических процессов	<a href="https://edu.vsu.ru/local/crw/course.php?id=5306">https://edu.vsu.ru/local/crw/course.php?id=5306</a>
1.3	Моделирование механических процессов	Моделирование механических процессов. Биомеханика. Биомеханика конечностей.	<a href="https://edu.vsu.ru/local/crw/course.php?id=5306">https://edu.vsu.ru/local/crw/course.php?id=5306</a>
1.4	Моделирование биохимических процессов	Моделирование биохимических процессов. Понятие о ферментах. Ферментативные реакции, виды моделирования	<a href="https://edu.vsu.ru/local/crw/course.php?id=5306">https://edu.vsu.ru/local/crw/course.php?id=5306</a>
1.5	Моделирование на уровне популяции	Моделирование на уровне популяции. Виды популяции. Популяционное моделирование распространения инфекций. Моделирование взаимодействия двух и более популяций.	<a href="https://edu.vsu.ru/local/crw/course.php?id=5306">https://edu.vsu.ru/local/crw/course.php?id=5306</a>
<b>2. Лабораторные занятия</b>			
2.1	Введение. Особенности моделирования биомедицинских систем	Введение. Цели и задачи моделирования. Требования к модели. Виды моделей. Особенности моделирования медицинских и биологических систем	<a href="https://edu.vsu.ru/local/crw/course.php?id=5306">https://edu.vsu.ru/local/crw/course.php?id=5306</a>
2.2	Моделирование электрофизиологических процессов	Моделирование электрофизиологических процессов. Электрофизиологические процессы в организмах. ЭЭГ. ЭКГ, ЭМГ, КГР. Моделирование феноменов. Моделирование содержательной части электрофизиологических процессов	<a href="https://edu.vsu.ru/local/crw/course.php?id=5306">https://edu.vsu.ru/local/crw/course.php?id=5306</a>
2.3	Моделирование механических процессов	Моделирование механических процессов. Биомеханика. Биомеханика конечностей.	<a href="https://edu.vsu.ru/local/crw/course.php?id=5306">https://edu.vsu.ru/local/crw/course.php?id=5306</a>
2.4	Моделирование биохимических процессов	Моделирование биохимических процессов. Понятие о ферментах. Ферментативные реакции, виды моделирования	<a href="https://edu.vsu.ru/local/crw/course.php?id=5306">https://edu.vsu.ru/local/crw/course.php?id=5306</a>
2.5	Моделирование на уровне популяции	Моделирование на уровне популяции. Виды популяции. Популяционное моделирование распространения инфекций. Моделирование взаимодействия двух и более популяций.	<a href="https://edu.vsu.ru/local/crw/course.php?id=5306">https://edu.vsu.ru/local/crw/course.php?id=5306</a>

### 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	Введение. Особенности моделирования биомедицинских систем	2	4	6	12
2	Моделирование электрофизиологических процессов	2	4	6	12
3	Моделирование механических процессов	4	8	6	18
4	Моделирование биохимических процессов	4	8	3	15
5	Моделирование на уровне популяции	4	8	3	15
	Итого:	16	32	24	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	Федотов, А. А. Введение в цифровую обработку биомедицинских изображений : учебное пособие / А. А. Федотов. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 108 с. — ISBN 978-5-8114-3458-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/206105">https://e.lanbook.com/book/206105</a> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Ильина, И. Е. Введение в биомедицинскую инженерию : учебное пособие / И. Е. Ильина, О. Н. Морозова. — Тамбов : ТГТУ, 2017. — 118 с. — ISBN 978-5-8265-1701-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/319619">https://e.lanbook.com/book/319619</a> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Федотов, А. А. Прикладная обработка биомедицинских изображений в среде MATLAB : учебное пособие / А. А. Федотов. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 92 с. — ISBN 978-5-8114-3471-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/206108">https://e.lanbook.com/book/206108</a> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Пожар, К. В. Сборник задач по дисциплине «Методы обработки биомедицинской информации» : учебное пособие / К. В. Пожар. — Москва : МИЭТ, 2022. — 112 с. — ISBN 978-5-7256-0987-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/309329">https://e.lanbook.com/book/309329</a> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.

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	Пожар, К. В. Сборник задач по дисциплине «Методы обработки биомедицинской информации» : учебное пособие / К. В. Пожар. — Москва : МИЭТ, 2022. — 112 с. — ISBN 978-5-7256-0987-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/309329">https://e.lanbook.com/book/309329</a> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.

## 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 лабораторных занятий: компьютеры с выходом в сеть «Интернет» и доступом к электронным библиотечным системам, специализированная мебель (столы ученические, стулья, доска). Программное обеспечение: LibreOffice v.5-7, программа для просмотра файлов формата pdf, браузер.

---

## 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	Введение. Особенности моделирования биомедицинских систем	ПК-1 ПК-8 ПК-9	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-8.1 ПК-8.2 ПК-8.3 ПК-9.1 ПК-9.2 ПК-9.3	Лабораторные работы
2	Моделирование электрофизиологических процессов	ПК-1 ПК-8 ПК-9	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-8.1 ПК-8.2 ПК-8.3 ПК-9.1 ПК-9.2 ПК-9.3	Лабораторные работы
3	Моделирование механических процессов	ПК-1 ПК-8 ПК-9	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-8.1 ПК-8.2 ПК-8.3 ПК-9.1 ПК-9.2 ПК-9.3	Лабораторные работы
4	Моделирование биохимических процессов	ПК-1 ПК-8 ПК-9	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-8.1 ПК-8.2 ПК-8.3 ПК-9.1 ПК-9.2 ПК-9.3	Лабораторные работы
5	Моделирование на уровне популяции	ПК-1 ПК-8 ПК-9	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-8.1 ПК-8.2 ПК-8.3 ПК-9.1 ПК-9.2 ПК-9.3	Лабораторные работы
Промежуточная аттестация форма контроля – зачёт с оценкой				Вопросы к зачёту

## 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: лабораторная работа

#### Перечень лабораторных работ

1. Моделирование электрофизиологических процессов
2. Моделирование механических процессов
3. Моделирование биохимических процессов
4. Моделирование на уровне популяции

**Типовое задание для лабораторной работы**  
Лабораторная работа № 1  
«Моделирование электрофизиологических процессов»

**Цель работы:** изучение моделирования электрофизиологических процессов.

**Требования к выполнению работы:** выполнение лабораторной работы предусматривает написание программы, реализующей прогноз динамики ЭЭГ, ЭКГ, ЭМГ на выбор студента и проверку её работы на контрольном примере.

**Отчёт о работе** проводится в виде собеседования и заключается в демонстрации работы программы, объяснении принципов работы алгоритма и ответов на дополнительные вопросы.

**Критерии оценки:** для получения оценки «зачтено» необходимо показать высокий уровень владения теоретическим материалом, уметь объяснить принцип работы написанной программы, верно ответить на дополнительные вопросы.

**Задание:** написать программу, реализующую прогноз динамики ЭЭГ, ЭКГ, ЭМГ на выбор студента. Проверить работу программы на контрольном примере.

## 20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: перечень вопросов (зачету)

### Перечень вопросов к зачёту

1. Цели и задачи моделирования.
2. Требования к модели.
3. Виды моделей.
4. Особенности моделирования медицинских и биологических систем.
5. Моделирование электрофизиологических процессов.
6. Электрофизиологические процессы в организмах.
7. ЭЭГ.
8. ЭКГ.
9. ЭМГ.
10. КГР.
11. Моделирование феноменов.
12. Моделирование содержательной части электрофизиологических процессов.
13. Моделирование механических процессов. Биомеханика. Биомеханика конечностей.
14. Моделирование биохимических процессов.
15. Понятие о ферментах.
16. Ферментативные реакции, виды моделирования.
17. Моделирование на уровне популяции. Виды популяции.
18. Популяционное моделирование распространения инфекций.
19. Моделирование взаимодействия двух и более популяций.

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

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<p>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.</p>	<p>Повышенный уровень</p>	<p>Отлично</p>
<p>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.</p>	<p>Базовый уровень</p>	<p>Хорошо</p>
<p>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.</p>	<p>Пороговый уровень</p>	<p>Удовлетворительно</p>
<p>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.</p>	<p>–</p>	<p>Неудовлетворительно</p>