

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 12.04.04 Биотехнические системы и технологии

Наименование образовательной программы: Радиоэлектроника в биотехнических и медицинских аппаратах и системах

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.02
Трудоемкость в зачетных единицах:	2 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	2 семестр - 16 часов;
Практические занятия	2 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	2 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	2 семестр - 129,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Домашнее задание Отчет	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	2 семестр - 0,5 часа;

Москва 2026

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Истомина Т.В.
	Идентификатор	Rae715166-IstominaTV-b697334f

Т.В. Истомина

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Жихарева Г.В.
	Идентификатор	Rdb27a5d8-ZhikharevaGV-9fcbf8c

Г.В. Жихарева

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шалимова Е.В.
	Идентификатор	Rf4bb1f0c-ShalimovaYV-f267ebd6

Е.В. Шалимова

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: получение базовой подготовки в области основ теории исследования сложных биомедицинских систем и процессов на основе методов математического моделирования.

Задачи дисциплины

- изучение основных методов математического моделирования, применяемых для исследований биологических процессов и систем;
- обретение умения проводить исследования и оптимизацию биотехнических систем на основе методов математического моделирования.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способность проводить исследования в области создания биотехнических систем	ИД-1 _{ПК-1} Анализирует состояние науднотехнических задач на основе изучения технической литературы в области биотехнических систем	знать: - аналитические модели биологических процессов и систем. уметь: - анализировать состояние наудно-технических задач в области моделирования биологических процессов и биотехнических систем.
ПК-1 Способность проводить исследования в области создания биотехнических систем	ИД-2 _{ПК-1} Выполняет математическое моделирование процессов и объектов биотехнических систем	знать: - основные виды и свойства моделей биологических процессов и систем. уметь: - проводить моделирование случайных событий (величин) и случайных процессов.
ПК-1 Способность проводить исследования в области создания биотехнических систем	ИД-3 _{ПК-1} Разрабатывает алгоритмы и проводит исследования для создания биотехнических систем	знать: - алгоритмические модели процессов и систем, порождающих биомедицинские сигналы. уметь: - проводить исследования биологических процессов и систем путем построения и анализа моделей.
РПК-1 Способен решать задачи цифровизации в своей профессиональной области	ИД-1 _{РПК-1} Знает средства программного моделирования и аппаратного макетирования области своей профессиональной деятельности	знать: - основные средства программного моделирования.
РПК-1 Способен решать задачи цифровизации в своей профессиональной	ИД-2 _{РПК-1} Владеет навыками программного моделирования, аппаратного	уметь: - иметь навыки программного моделирования биологических

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
области	макетирования и экспериментальных работ в области своей профессиональной деятельности	процессов и систем.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Радиоэлектроника в биотехнических и медицинских аппаратах и системах (далее – ОПОП), направления подготовки 12.04.04 Биотехнические системы и технологии, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать особенности биологического объекта как объекта исследований
- знать технические методы диагностических исследований и лечебных воздействий
- знать основы теории цепей и сигналов
- уметь решать задачи анализа и рассчитывать характеристики биомедицинских сигналов и электрических цепей
- уметь разрабатывать алгоритмы
- уметь разрабатывать, отлаживать и тестировать программы

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Классификация моделей	28	2	2	-	6	-	-	-	-	-	20	-	<p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции</p> <p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Классификация моделей" материалу. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Классификация моделей", подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Классификация моделей"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], 53-72</p>
1.1	Классификация моделей	28		2	-	6	-	-	-	-	-	20	-	
2	Аналитические модели	30		4	-	6	-	-	-	-	-	20	-	
2.1	Аналитические модели	30		4	-	6	-	-	-	-	-	20	-	

													<u>источников:</u> [3], 11-31
3	Алгоритмические модели	30	4	-	6	-	-	-	-	-	20	-	<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекций
3.1	Алгоритмические модели	30	4	-	6	-	-	-	-	-	20	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Алгоритмические модели", подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Выполнение расчетного задания по алгоритмическому моделированию биомедицинских сигналов. Студентам необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных заданий, провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 43-55
4	Имитационное моделирование	34	4	-	8	-	-	-	-	-	22	-	<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции
4.1	Имитационное моделирование	34	4	-	8	-	-	-	-	-	22	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Имитационное моделирование", подготовка к практическим занятиям <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Осуществить поиск и обзор информации по заданной имитационной модели. Оформить в письменном виде и подготовить краткое сообщение. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 74-85
5	Моделирование случайных событий и процессов	22	2	-	6	-	-	-	-	-	14	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Моделирование случайных событий и процессов", подготовка к выполнению заданий на практических занятиях
5.1	Моделирование случайных событий и	22	2	-	6	-	-	-	-	-	14	-	

	процессов													<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу "Моделирование случайных событий и процессов" и подготовка к контрольным работам <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекций <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 67-87
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5		
	Всего за семестр	180.0	16	-	32	-	2	-	-	0.5	96	33.5		
	Итого за семестр	180.0	16	-	32		2		-	0.5		129.5		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Классификация моделей

1.1. Классификация моделей

Определение и свойства модели. Классификация моделей. Области применения математических моделей.

2. Аналитические модели

2.1. Аналитические модели

Модели биологических систем, описываемые обыкновенными дифференциальными уравнениями первого порядка. Модель неограниченного роста популяций (теория Мальтуса). Модель ограниченного роста популяции (уравнение Ферхюльста). Дискретное логистическое уравнение (отображение Фейгенбаума). Модель роста популяции с нижней критической границей численности. Модели биологических систем, описываемые системой обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка. Модели взаимодействия двух популяций. Моделирование с помощью дифференциальных уравнений в частных производных. Активные кинетические среды в живых системах: бистабильная, автоколебательные и возбудимые среды. Модель ФитцХью-Нагумо. Механизменная модель свертывания крови..

3. Алгоритмические модели

3.1. Алгоритмические модели

Обобщенная модель линейной системы. Авторегрессионное моделирование. Методы определения параметров АР-модели, определение оптимального порядка модели. Применение АР-модели для обработки биосигналов. Моделирование точечных процессов: модель генерации сигнала электромиограммы. Моделирование с помощью клеточных автоматов. Моделирование диссипативных систем в экологии и биологии. Игра «Жизнь». Модель Винера-Розенблюта..

4. Имитационное моделирование

4.1. Имитационное моделирование

Специфика имитационного моделирования биологических процессов и систем. Специализированные языки имитационного моделирования. Примеры построения и исследования имитационных моделей в медико-биологических исследованиях. Программная среда Biopack Student Lab. Симуляторы NEST, NEURON, программа взаимодействия MUSIC, проекты MOOSE, Human Brain, Genesis, модель мозга Е. Ижикевича, Когнитом.

5. Моделирование случайных событий и процессов

5.1. Моделирование случайных событий и процессов

Случайные величины как объект моделирования. Получение случайных величин посредством генераторов случайных чисел. Псевдослучайная последовательность независимых чисел с равномерным законом распределения (базовая последовательность). Моделирование дискретных случайных величин с заданными законами распределения. Моделирование случайных помех различного типа..

3.3. Темы практических занятий

1. Моделирование с помощью систем двух дифференциальных уравнений 1-го порядка;
2. Импульсный случайный процесс;
3. Моделирование ЭЭГ-сигналов;
4. Игра "Жизнь" и "жизнеподобные" среды;
5. Модель Винера-Розенблюта;
6. Алгоритм формирования случайной величины со ступенчатыми плотностями вероятности;
7. Алгоритмы формирования случайных процессов с заданной функцией корреляции;
8. Модель ФитцХью-Нагумо;
9. Анализ ЭЭГ-сигналов с помощью авторегрессионной модели;
10. Алгоритм формирования случайной величины с конечным числом возможных значений и заданной вероятностью;
11. Моделирование пуассоновского потока;
12. Математическое моделирование нейродинамических систем;
13. Моделирование ЭМГ-сигналов;
14. Механизменная модель свертывания крови;
15. Моделирование с помощью дифференциальных уравнений 1-го порядка.

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Консультация перед экзаменом по разделу "Классификация моделей"
2. Консультация перед экзаменом по разделу "Аналитические модели"
3. Консультация перед экзаменом по разделу "Алгоритмические модели"
4. Консультация перед экзаменом по разделу "Имитационное моделирование"
5. Консультация перед экзаменом по разделу "Моделирование случайных событий и процессов"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)					Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	
Знать:							
аналитические модели биологических процессов и систем	ИД-1 _{ПК-1}		+				Отчет/Защита практических заданий по аналитическим моделям биологических процессов и систем
основные виды и свойства моделей биологических процессов и систем	ИД-2 _{ПК-1}	+					Домашнее задание/Индивидуальное задание по классификации моделей
алгоритмические модели процессов и систем, порождающих биомедицинские сигналы	ИД-3 _{ПК-1}			+			Отчет/Защита практических заданий по алгоритмическим моделям биологических процессов и систем
основные средства программного моделирования	ИД-1 _{РПК-1}				+		Отчет/Защита практических заданий по созданию АР-модели ЭЭГ-сигналов
Уметь:							
анализировать состояние научно-технических задач в области моделирования биологических процессов и биотехнических систем	ИД-1 _{ПК-1}	+					Домашнее задание/Индивидуальное задание по классификации моделей
проводить моделирование случайных событий (величин) и случайных процессов	ИД-2 _{ПК-1}					+	Домашнее задание/Индивидуальное задание по имитационному моделированию
проводить исследования биологических процессов и систем путем построения и анализа моделей	ИД-3 _{ПК-1}				+		Отчет/Защита практических заданий по созданию АР-модели ЭЭГ-сигналов
иметь навыки программного моделирования биологических процессов и систем	ИД-2 _{РПК-1}				+		Отчет/Защита практических заданий по созданию АР-модели ЭЭГ-сигналов

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

2 семестр

Форма реализации: Выполнение задания

1. Защита практических заданий по алгоритмическим моделям биологических процессов и систем (Отчет)
2. Индивидуальное задание по имитационному моделированию (Домашнее задание)

Форма реализации: Защита задания

1. Защита практических заданий по аналитическим моделям биологических процессов и систем (Отчет)
2. Защита практических заданий по созданию АР-модели ЭЭГ-сигналов (Отчет)

Форма реализации: Письменная работа

1. Индивидуальное задание по классификации моделей (Домашнее задание)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №2)

Оценка за 2 семестр определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих. В приложение к диплому выносятся оценка за 2 семестр.

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Рангайян, Р. М. Анализ биомедицинских сигналов. Практический подход : учебное пособие для вузов по направлению 200400(653900) "Биомедицинская техника" по специальностям 200401 (190500) "Биотехнические и медицинские аппараты и системы", 200402 (190600) "Инженерное дело в медико-биологической практике" и направлению 200300 (553400) "Биомедицинская инженерия" : пер. с англ. / Р. М. Рангайян. – М. : Физматлит, 2010. – 440 с. – ISBN 978-5-9221-0730-3.;
2. Поршнева С. В.- "Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB", (2-е изд., испр.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2011 - (736 с.) https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=650;
3. Разумов, Л. А. Линейные преобразования дискретных сигналов : учебное пособие по курсу "Основы теории и обработки дискретных сигналов" по направлениям "Биотехнические системы и технологии", "Радиотехника" / Л. А. Разумов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ". – М. : Изд-во МЭИ, 2016. – 48 с. – ISBN 978-5-7046-1652-8. <http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=8166>;

4. Волькенштейн М. В.- "Биофизика", (4-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2012 - (608 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=3898.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
5. Acrobat Reader;
6. GNU Octave.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Е-802/1, Учебная лаборатория "Электродинамики"	стол, стул, шкаф, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный, кондиционер, верстак электротехнический, стенд информационный, стенд учебный
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Е-802/2, Учебная лаборатория Радиоизмерений и медицинской электроники	стол, стул, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный, кондиционер, верстак электротехнический, стенд учебный
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-802/2, Учебная лаборатория Радиоизмерений и медицинской электроники	стол, стул, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный, кондиционер, верстак электротехнический, стенд учебный
	Е-802/1, Учебная лаборатория "Электродинамики"	стол, стул, шкаф, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный, кондиционер, верстак электротехнический, стенд информационный, стенд учебный

	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-302, Читальный зал отдела обслуживания учебной литературой	стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
	НТБ-303, Лекционная аудитория	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Е-817а, Кабинет сотрудников каф. "ОРТ"	стол, стул, шкаф, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер
	Е-817, Преподавательская	стол, стул, шкаф, шкаф для документов, вешалка для одежды, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска пробковая, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-802/4, Склад инвентаря и оборудования	стеллаж, стол, стул, шкаф, шкаф для документов, сервер
	Е-822, Архив	стеллаж для хранения книг, вешалка для одежды, холодильник, хозяйственный инвентарь

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Математическое моделирование биологических процессов и систем

(название дисциплины)

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Индивидуальное задание по классификации моделей (Домашнее задание)
- КМ-2 Защита практических заданий по аналитическим моделям биологических процессов и систем (Отчет)
- КМ-3 Защита практических заданий по алгоритмическим моделям биологических процессов и систем (Отчет)
- КМ-4 Защита практических заданий по созданию АР-модели ЭЭГ-сигналов (Отчет)
- КМ-5 Индивидуальное задание по имитационному моделированию (Домашнее задание)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	10	12	16
1	Классификация моделей						
1.1	Классификация моделей		+				
2	Аналитические модели						
2.1	Аналитические модели			+			
3	Алгоритмические модели						
3.1	Алгоритмические модели				+		
4	Имитационное моделирование						
4.1	Имитационное моделирование					+	
5	Моделирование случайных событий и процессов						
5.1	Моделирование случайных событий и процессов						+
Вес КМ, %:			20	20	20	20	20