

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет имени  
Александра Григорьевича и Николая Григорьевича  
Столетовых»  
(ВлГУ)



Проректор  
по образовательной деятельности

А.А.Панфилов

« 30 » 08 20 19 г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОПРОЦЕССОВ И БИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Направление подготовки 12.03.04 Биотехнические системы и технологии

Профиль/программа подготовки: «Биомедицинская инженерия»

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточной аттестации (экзамен/зачет/зачет с оценкой)
7	3/108	18	18	18	54	Зачёт
Итого	3/108	18	18	18	54	Зачёт

Владимир 2019

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Моделирование биопроцессов и биотехнических систем» является усвоение обучающимися системных знаний о необходимости такого метода познания как моделирование, о принципах моделирования биопроцессов и биотехнических систем.

Задачи: Сформировать у студентов систему знаний, навыков и представлений о научных основах моделирования, основных методах подбора математических моделей, особенностях моделирования в биологии и медицине, подходах моделирования биопроцессов и биотехнических систем.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Моделирование биопроцессов и биотехнических систем» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений.

Пререквизиты дисциплины:

- «Биологические и биохимические основы живых систем»,
- «Биофизические основы живых систем»,
- «Высшая математика»,
- «Биотехнические системы и технологии».

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
1	2	3
ОПК-1	Частичное	<i>Знать</i> методы анализа и моделирования в инженерной деятельности, способствующие развитию биотехнических и медицинских систем <i>Уметь</i> анализировать методы математического моделирования <i>Владеть</i> естественнонаучными и общеинженерными знаниями, связанными с разработкой, проектированием, конструированием, технологиями производства и эксплуатации биотехнических систем
ОПК-3	Частичное	<i>Знать</i> способы проведения экспериментальных исследований, направленные на оценку адекватности построенных моделей.

		<p><i>Уметь</i> обрабатывать полученные данные</p> <p><i>Владеть</i> представлять информацию учетом специфики созданных моделей биопроцессов и биотехнических систем.</p>
ПК -2	Частичное	<p><i>Знать</i> подходы к математическому моделированию элементов и процессов биотехнических систем</p> <p><i>Уметь</i> создать модели с помощью самостоятельно разработанных программных продуктов</p> <p><i>Владеть</i> навыками исследования разработанных моделей на базе профессиональных пакетов автоматизированного проектирования.</p>
ПК -5	Частичное	<p><i>Знать</i> подходы к созданию моделей работы биотехнических систем и медицинских систем и комплексов</p> <p><i>Уметь</i> создавать простые модели биопроцессов и медицинских систем</p> <p><i>Владеть</i> приемами построения модели интегрированных биотехнических систем для решения сложных задач диагностики, лечения, мониторинга здоровья человека</p>

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС		
1.	Основы теории моделирования	7	1-2	2			4	2 часа/ 100%	
2.	Элементарные функции	7	3-6	2	2		10	2 часа/ 50%	
3.	Методы подбора математической модели	7	7-8	2	2	6	6	2 часа/ 20%	Рейтинг-контроль №1
4.	Моделирование биопроцессов	7	9-12	4	4		10	4 часа/ 50%	
5.	Моделирование биотехнических систем	7	13-14	4	4		10	4 часа/ 50%	Рейтинг-контроль. №2
6.	Моделирование биомедицинских сигналов	7	15-16	2	2	8	8	2 час/ 16 %	
7.	Применение регрессионных моделей в биомедицинских исследованиях	7	17-18	2	4	4	6	2 час/ 16 %	Рейтинг-контроль №3
Всего за семестр:				18	18	18	54	18 часов/ 33%	Зачет
Наличие в дисциплине КП/КР									
Итого по дисциплине				18	18	18	54	18 часов/ 33%	Зачет

#### Содержание лекционных занятий по дисциплине

**Тема 1.** Основы теории моделирования: основные определения и понятия, типы моделей, классификация математических моделей, теория математического моделирования, особенности моделирования в биологии и медицине

**Тема 2.** Элементарные функции: Понятие функции. Линейная функция  $y = mx + n$ . Квадратичная функция  $y = ax^2 + bx + c$ . Показательная функция  $y = a^x$ . Степенная функция  $y = ax^m$ . Дробно-рациональная функция.

**Глава 3.** Методы подбора математической модели. Выбор вида функциональной зависимости. Определение постоянных коэффициентов формулы. Моделирование с помощью дифференциальных уравнений.

**Тема 4.** Моделирование биопроцессов: Модель биологического нейрона. Определение максимального потребления кислорода организмом человека. Оценка реакции восстановления организма, уровня физического здоровья и работоспособности.

**Тема 5.** Моделирование биотехнических систем: понятие биотехнических систем. Система ингаляционной терапии аэрозолем изменяющейся дисперсности. моделирование процесса приготовления лечебного раствора для морских ванн. система доставки лекарственного препарата вглубь биологической ткани.

**Тема 6.** Моделирование биомедицинских сигналов:

Моделирование электрокардиографического сигнала в норме и патологии. Моделирование помех и шумов, накладываемых на биомедицинские сигналы. Моделирование ЭКГ-сигнала с дрейфом изолинии. Моделирование искаженного сетевой помехой ЭКГ-сигнала.

**Тема 7.** Применение регрессионных моделей в биомедицинских исследованиях: Теоретические основы регрессионного анализа. Применение регрессии для расчета индекса массы тела на основе его антропометрических данных. Медицинская антропология. Построение модели расчета индекса массы тела с помощью простой регрессии. Построение модели расчета ИМТ с помощью множественной регрессии. Определение степени ожирения тела на основе антропометрических данных.

### **Содержание практических занятий по дисциплине**

1. Живой организм и протекающие в нем биопроцессы
2. Равномерные и неравномерные шкалы. Дифференциальное исчисление.
3. Оценка реакции восстановления организма, уровня физического здоровья и работоспособности
4. Бесконтактный ингаляционный аппарат на основе вихревых колец.
5. Система для беспункционного лечения гнойного воспаления гайморовых пазух.
6. Изучение основы моделирования сигналов в среде MatLab. Программная реализация различных базовых сигналов в MatLab.
7. Простая и множественная регрессия

### **Содержание лабораторных занятий по дисциплине**

1. Построение линейных и нелинейных моделей
2. Моделирование электрокардиографического сигнала в норме и при различных патологиях
3. Моделирование различных помех, искажающих биомедицинские сигналы
4. Построение модели расчета индекса массы тела с помощью множественной регрессии.

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В преподавании дисциплины «Моделирование биопроцессов и биотехнических систем» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения. Активные и интерактивные методы обучения:

- *Интерактивная лекция (тема №1-7)*

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

### **6.1. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости:**

- а) проведение практических занятий по методу обучения в малых группах;
- б) устный опрос студентов во время лекций и практических занятий по изучаемому материалу;
- в) проведение рейтинг-контроля.

### **6.2. Самостоятельная работа студентов**

Целью самостоятельной работы являются формирование личности студента, развитие его способности к самообучению и повышению своего профессионального уровня.

Основные формы самостоятельной работы заключаются в проработке дополнительной литературы, подготовке к практическим занятиям, устному опросу и рейтинг-контролю. Контроль за самостоятельной работой студентов осуществляется на консультациях и во время практических занятий.

Самостоятельная работа студентов подразумевает работу под руководством преподавателей (подготовку к практическим занятиям) и индивидуальную работу студента с ПК и в сети Internet, а также работу научной библиотеке ВлГУ (электронные ресурсы).

### **Вопросы для СРС**

1. Интегральные исчисления в моделировании;
2. Дифференциальные исчисления в моделировании;
3. Специальные методы нахождения формул для двух переменных;
4. Особенности моделирования биологических процессов;
5. Основы теории биотехнических систем;
6. Особенности моделирования биотехнических систем;
7. Моделирование биотехнических систем жизнеобеспечения;
8. Применение регрессионных моделей в биомедицинских исследованиях;
9. Трудности, встречающиеся при спятии и анализе биомедицинских сигналов;
10. Особенности моделирования биомедицинских сигналов.

### **6.3. Вопросы для рейтинг - контроля.**

#### **Рейтинг-контроль 1**

1. Дайте определение «моделирование»?
2. Дайте определение «модель»?
3. Какие общие свойства моделей вы можете назвать?
4. Какие типы моделей вы знаете?

5. Что такое физическая модель?
6. Что понимается под математической моделью?
7. Приведите примеры биологических моделей?
8. Какие особенности моделирования в биологии и медицине?
9. Какая величина называется переменной?
10. Что такое независимые и зависимые переменные?
11. Что такое однозначная и многозначная функции?
12. Какая функция называется квадратичной?
13. Какая функция называется показательной?
14. Начертите график функции вида  $y = ax + b$  в полупологарифмическом масштабе.
15. Какая функция называется степенной?
16. Какая функция называется дробно-рациональной?
17. Для чего главным образом применяются методы дифференциального исчисления?
18. Из каких частей состоит математический анализ технических задач?
19. В чем состоит практическая ценность дифференциальных уравнений?

#### Рейтинг-контроль 2

1. Напишите математическую модель искусственного нейрона.
2. Какая диагностическая значимость МПК?
3. Как вычислить часть массы тела, участвующей в процессе приседаний?
4. Как определить величину работы, производимой за одну минуту в процессе одного приседания?
5. Приведите математические зависимости, описывающие границы категорий веса человека при росте от 1,5 до 2м.
6. По какой формуле можно определить уровень физического здоровья и работоспособности посредством?
7. Для чего строят графическое изображение зависимости между двумя переменными?
8. Назовите главное требование к математической модели.
9. Что такое интерпретируемость предлагаемого аналитического описания?
10. В чем заключается суть среднеарифметического метода?
11. В чем заключаются специальные методы нахождения формул для двух переменных?
12. Для чего применяются добавочные функции при использовании специальных методов нахождения формул для двух переменных?

#### Рейтинг-контроль 3

1. Дайте определение биотехнических систем?
2. Какие особенности биологической и технической подсистем?
3. Перечислите основные задачи биотехнических систем медицинского назначения?
4. Каково назначение биотехнических систем жизнеобеспечения ?
5. Привести структурную схему системы беспункционного лечения гнойного воспаления гайморовых пазух.

6. Как зависит время опорожнения гайморовой пазухи от диаметра соустья ?
7. Привести схему формирования аэрозольной струи из вихревых колец?
8. Как зависит положение зоны смешивания аэрозольного кольца от его начальной скорости?
9. Опишите структура и принцип работы устройства для теплоаэрозольной ингаляции ?
10. Какая зависимость коэффициента теплопроводимости от температуры воздуха?
11. От чего зависит протяженность зоны покрытия дыхательного тракта лекарственным препаратом ?
12. Как меняется скорость перемещения границы раздела жидкость – пар ?
13. Какая зависимость количества морской соли в растворе от времени процесса ее растворения ?
14. Опишите терапевтическую систему аэрозодем морской соли
15. Приведите структуру устройства для доставки лекарственного препарата вглубь ткани
16. Что такое электрофорез ? какие его недостатки ?
17. Дайте определение фонофорез.
18. Что представляет собой электроосмос ?
19. Какое преимущество электроосмоса перед электрофорезом в задаче доставки лекарственного препарата вглубь ткани ?
20. Как определить необходимые параметры, описывающие проникновение лекарственного препарата в биологическую ткань.
21. Что такое дрейф изолинии?
22. Какие причины возникновения дрейфа изолинии ?
23. Как выглядит математическая модель дрейфа изолинии?
24. Что такое сетевая наводка ?
25. Как выглядит математическая модель сетевой наводки ?
26. Что такое корреляция ?
27. Какая математическая мера корреляции ?
28. Дайте определение регрессия ?
29. Чем отличается множественная регрессия от простой?
30. Что такое коэффициент детерминации ?
31. Чем отличается нормированный коэффициент детерминации от ненормированного ?
32. Как определяется индекс массы тела ? какие его недостатки ?
33. Какую информацию о состоянии здоровья человека соотношение талии и бедер?



### Темы для рефератов

1. Моделирование как методы научного познания;
2. Роль моделирования в развитии биологии и медицины;
3. Компьютерное моделирование в биологии и медицине;
4. Имитационное моделирование биотехнических систем;
5. Современные средства компьютерного моделирования;
6. Возможности Labview для моделирования в биомедицине;
7. Возможности Simulink Matlab для моделирования биомедицинских сигналов;
8. Моделирование биотехнических систем терапевтического назначения;
9. Моделирование биотехнических систем хирургического назначения;
10. Моделирование в космической медицине.

### 6.4. Вопросы к зачету.

20. Определение «моделирования», «модель». Общие свойства моделей. Типы моделей.
21. Что такое физическая и математическая модели.
22. Какие особенности моделирования в биологии и медицине?
23. Зависимые и независимые переменные?
24. Однозначная и многозначная функции?
25. Квадратичная функция?
26. Показательная функция?
27. Степенная функция?
28. Дробно-рациональная функция?
29. Практическая ценность дифференциальных уравнений?
30. Математическая модель искусственного нейрона.
31. Математические зависимости, описывающие границы категорий веса человека при росте от 1,5 до 2м.
32. определение уровня физического здоровья и работоспособности?
33. Главные требования к математической модели.
34. Что такое интерпретируемость предлагаемого аналитического описания?
35. В чем заключается суть среднесарифмического метода?
36. В чем заключаются специальные методы нахождения формул для двух переменных?
37. Для чего применяются добавочные функции при использовании специальных методов нахождения формул для двух переменных?
38. Какие особенности биологической и технической подсистем?
39. Перечислите основные задачи биотехнических систем медицинского назначения?
40. Модель работы системы беспункционного лечения гнойного воспаления гайморовых пазух.

41. Модель зависимости положения зоны смешивания аэрозольного кольца от его начальной скорости?
42. Зависимость коэффициента теплопроводимости от температуры воздуха?
43. Зависимость протяженности зоны покрытия дыхательного тракта лекарственным препаратом ?
44. Зависимость количества морской соли в растворе от времени ее растворения.
45. Модель работы устройства для доставки лекарственного препарата вглубь ткани
46. Как определить необходимые параметры, описывающие проникновение лекарственного препарата в биологическую ткань.
47. Что такое дрейф изолинии?
48. Как выглядит математическая модель дрейф изолинии?
49. Как выглядит математическая модель сетевой наводки ?
50. Корреляция. Математическая мера корреляции ?
51. Регрессия. множественная и простая регрессия?
52. Что такое коэффициент детерминации. Нормированный и не нормированный коэффициенты детерминации.

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1 Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
1. Оленев Е.А. Математическое моделирование приборов и систем: учебник / Е.А. Оленев; Владим. гос. ун-т им. А.Г. и Н.Г. Столетовых. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2019. – 160 с. ISBN 978-5-9984-1053-6.	2019	23	<a href="http://dspace.www1.vlsu.ru/bitstream/123456789/7774/3/01825.pdf">http://dspace.www1.vlsu.ru/bitstream/123456789/7774/3/01825.pdf</a>
2. Моделирование информационных систем: Учебное пособие для вузов / О.И. Шелухин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Гор. линия-Телеком, 2012. - 536 с.: ил.; 60x88 1/16. - (Специальность), (обложка) ISBN 978-5-9912-0193-3, 1000 экз.	2012	-	нет
3. Чикуров Н.Г. Моделирование систем и процессов. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Ин-фра-М, 2013.-398 с.	2014	-	нет
4. Скоринкин А.И. Математическое моделирование биологических процессов / А.И. Скоринкин.– Казань: Казан. ун-т, 2015. – 86 с.	2015	-	нет
5. Ризниченко Г. Ю. Лекции по математическим моделям в биологии. — 2-е изд. испр. и доп. — М.–Ижевск: Институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2010. — 560 с.	2010	-	нет
Дополнительная литература			
1.Власов Д.А., Монахов В.М., Монахов П.В. Математическое моделирование и методы внутримодельных исследований. М.: МГГУ им. М.А.Шолохова, 2007 – 345 с.	2007	-	нет
2. Оленев Е.А. Конструирование и технология производства приборов и аппаратов: учебник. В 3 ч. Ч 3. Научное творчество / Е.А. Оленев Владим. Гос. ун-т. - Владимир: Изд-во Владим. Гос. ун-та, 2009. - 92 с.	2009	60	<a href="http://e.lib.vlsu.ru/handle/123456789/756">http://e.lib.vlsu.ru/handle/123456789/756</a>

## 7.2 Периодические издания

- Журнал «Моделирование систем и процессов»
- Журнал "Компьютерные исследования и моделирование"
- Журнал «Математическое моделирование»

## 7.3 Интернет-ресурсы

1. <http://users.kaluga.ru/math/> - сайт "Компьютерная математика", обзор основных математических пакетов.

2. <http://www.engin.umich.edu/group/ctm/> - учебные материалы по моделированию и исследованию динамических объектов с помощью MatLab (англ.)

3. Журнал "Компьютерные исследования и моделирование"  
<http://erm.ics.org.ru/journal/page/crminfo/>

4. Журнал «Математическое моделирование» <https://www.elibrary.ru/contents.asp?titleid=7877>

5. Журнал «Моделирование систем и процессов» <http://journal.vgtu.ru/>

### а) современные профессиональные базы данных

- [physionet.org](http://physionet.org)
- <https://www.kaggle.com/tags/healthcare>

### б) информационно-справочные системы

- IEEE Xplore [www.ieeeexplore.ieee.org](http://www.ieeeexplore.ieee.org)
- eLIBRARY.RU [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)
- IOP Journals-Institute of Physics [www.iop.org](http://www.iop.org)

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы. Лекционные занятия и лабораторные работы проводятся в мультимедийном центре 503-3, оборудованном мультимедийными системами, компьютерами.

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения:

- MatLab;
- SciLab;
- Microsoft Windows;
- Microsoft office.

Рабочую программу составил к.т.н., доцент Аль-Хайдри В.А.А. \_\_\_\_\_

Рецензент

Начальник отдела медицинской физики,  
информатики и дозиметрии ГБУЗ ВО "ОКОД", к.т.н., Чирков К. В. \_\_\_\_\_

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры БЭСТ

Протокол № 1 от 30.08.2019 года

Заведующий кафедрой Сушкова Л.Т. \_\_\_\_\_

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления  
12.03.04 «Биотехнические системы и технологии»

Протокол № 1 от 30.08.2019 года

Председатель комиссии Сушкова Л.Т. \_\_\_\_\_

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

в рабочую программу дисциплины

### «МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОПРОЦЕССОВ И БИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ»

образовательной программы направления подготовки 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии», направленность: Биомедицинская инженерия (бакалавриат)

Номер изменения	Внесены изменения в части/разделы рабочей программы	Исполнитель ФИО	Основание (номер и дата протокола заседания кафедры)
1			
2			

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

*Подпись*                      *ФИО*