

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт математики и механики им. Н.И. Лобачевского



подписано электронно-цифровой подписью

**Программа дисциплины**

Математическое моделирование в биофизике М1.ДВ.3

Направление подготовки: 010800.68 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Механика жидкости, газа и плазмы

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Поташев К.А.

**Рецензент(ы):**

-

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Егоров А. Г.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_г

Учебно-методическая комиссия Института математики и механики им. Н.И. Лобачевского :

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_г

Регистрационный No 817214314

Казань  
2014

## **Содержание**

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Поташев К.А. Кафедра  
аэрогидромеханики отделение механики, KPotashev@mail.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины "Математическое моделирование в биофизике" являются освоение студентами основных принципов и теоретических положений биофизики, биофизических методов исследования, объяснение взаимосвязи физического и биологического аспектов функционирования живых систем, освоение и последующее применение методов математического моделирования биофизических систем. При изучении дисциплины студенты знакомятся с широким использованием методов механики и математики при решении ряда актуальных задач в современной медицине, биологии и экологии. Рассматриваются методы механики и направленных механических и физических воздействий на биологические системы. Отдельное внимание уделяется методикам решения обратных и некорректных задач биофизики.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М1.ДВ.3 Общенаучный" основной образовательной программы 010800.68 Механика и математическое моделирование и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 2 курсе, 3 семестр.

Для обучения дисциплине обучаемый должен владеть знаниями по дисциплинам: математический анализ, дифференциальные уравнения, функциональный анализ, уравнения математической физики, теоретическая механика, механика сплошной среды, физика.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-08 (общекультурные компетенции)	способностью к проявлению инициативы и лидерских качеств
ПК-1 (профессиональные компетенции)	владением методами математического моделирования при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных математических дисциплин и компьютерных наук
ПК-12 (профессиональные компетенции)	способностью к определению общих форм, закономерностей, инструментальных средств для групп дисциплин
ПК-15 (профессиональные компетенции)	способностью различным образом представлять и адаптировать математические знания с учетом уровня аудитории
ПК-19 (профессиональные компетенции)	умением извлекать актуальную научно-техническую информацию из электронных библиотек, реферативных журналов
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью к интенсивной научно-исследовательской и научно-изыскательской деятельности
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способностью создавать и исследовать новые математические модели реальных тел и конструкций

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-9 (профессиональные компетенции)	умением ориентироваться в современных алгоритмах компьютерной математики, совершенствовать, углублять и развивать математическую теорию и физико-механические модели, лежащие в их основе
ОК-10 (общекультурные компетенции)	умением находить, анализировать и контекстно обрабатывать информацию, в том числе относящуюся к новым областям знаний, непосредственно не связанным со сферой профессиональной деятельности
ОК-5 (общекультурные компетенции)	способностью порождать новые идеи
ПК-10 (профессиональные компетенции)	способностью к собственному видению прикладного аспекта в строгих математических формулировках
ПК-14 (профессиональные компетенции)	владением методами физического и математического моделирования при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных физико-математических дисциплин, теории эксперимента и компьютерных наук
ПК-2 (профессиональные компетенции)	владением методами математического и алгоритмического моделирования при анализе проблем техники и естествознания
ПК-5 (профессиональные компетенции)	глубоким пониманием теории эксперимента
ПК-6 (профессиональные компетенции)	способностью к нахождению из определяющих экспериментов материальных функций (функционалов, постоянных) в моделях реальных тел и сред
ПК-7 (профессиональные компетенции)	способностью к самостоятельному анализу физических аспектов в классических постановках математических задач и задач механики

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- основные понятия, теории, модели и законы биологической физики,
- классификацию, методы работы, свойства биофизических систем;
- модели развития популяций, микроорганизмов и их сообществ;
- модели продукционных процессов растений;
- термодинамические основы биофизических систем;
- механические свойства биологических жидкостей, биологических тканей;
- механические модели сердечно-сосудистой и дыхательной систем;
- механические модели мышечного аппарата;
- основные классы и методы решения обратных задач биомеханики;

2. должен уметь:

- с использованием законов механики создавать простейшие механико-математические модели отдельных биологических органов, объектов, систем, организмов и их сообществ;
- решать основные обратные задачи биомеханики;

3. должен владеть:

- основными понятиями и законами теории биологической физики, моделирования био- и экосистем, биомеханики;
- навыками создания простейших механико-математических моделей отдельных биологических органов, объектов, систем, организмов и их сообществ;

4. должен демонстрировать способность и готовность:

- основные понятия, теории, модели и законы биологической физики,
- классификацию, методы работы, свойства биофизических систем;
- модели развития популяций, микроорганизмов и их сообществ;
- модели продукционных процессов растений;
- термодинамические основы биофизических систем;
- механические свойства биологических жидкостей, биологических тканей;
- механические модели сердечно-сосудистой и дыхательной систем;
- механические модели мышечного аппарата;
- основные классы и методы решения обратных задач биомеханики;

4. должен демонстрировать способность и готовность:

- с использованием законов механики создавать простейшие механико-математические модели отдельных биологических органов, объектов, систем, организмов и их сообществ;
- решать основные обратные задачи биомеханики;

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 3 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Основные проблемы моделирования продукционных процессов	3	1-2	1	2	0	домашнее задание
2.	Тема 2. Модели развития популяций	3	2-3	1	2	0	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
3.	Тема 3. Модели культивирования микроорганизмов	3	3-5	1	2	0	устный опрос
4.	Тема 4. Модели продукционного процесса растений	3	5-6	1	1	0	тестирование
5.	Тема 5. Термодинамические системы в биофизике	3	6-8	1	1	0	домашнее задание
6.	Тема 6. Моделирование системы кровообращения	3	8-10	1	1	0	домашнее задание
7.	Тема 7. Механика дыхания	3	11-13	1	1	0	устный опрос
8.	Тема 8. Механика клетки. Биологические мембраны	3	13-15	1	2	0	тестирование
9.	Тема 9. Биофизика мышечного сокращения	3	15-16	1	2	0	устный опрос
10.	Тема 10. Обратные задачи в биомеханике	3	16-18	1	2	0	контрольная работа
.	Тема . Итоговая форма контроля	3		0	0	0	экзамен
	Итого			10	16	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Основные проблемы моделирования продукционных процессов

#### лекционное занятие (1 часа(ов)):

классификация моделей, имитационное моделирование; устойчивость продукционных процессов; прямая и обратная кинетические задачи, идентификация параметров

#### практическое занятие (2 часа(ов)):

прямая и обратная кинетические задачи, идентификация параметров

### Тема 2. Модели развития популяций

#### лекционное занятие (1 часа(ов)):

непрерывные, дискретные, матричные, стохастические модели; модели расселения популяций в пространстве; модели взаимодействия популяций

#### практическое занятие (2 часа(ов)):

непрерывные, дискретные, матричные, стохастические модели; модели расселения популяций в пространстве; модели взаимодействия популяций

### Тема 3. Модели культивирования микроорганизмов

#### лекционное занятие (1 часа(ов)):

непрерывная культура микроорганизмов, модель Моно; отмирание и лизис; оптимальное управление культивированием микроорганизмов

#### практическое занятие (2 часа(ов)):



модель Моно; оптимальное управление культивированием микроорганизмов

#### **Тема 4. Модели продукционного процесса растений**

##### **лекционное занятие (1 часа(ов)):**

модель прироста биомассы; метаболизм и распределение ассимилятов; фотосинтез и дыхание

##### **практическое занятие (1 часа(ов)):**

модель прироста биомассы

#### **Тема 5. Термодинамические системы в биофизике**

##### **лекционное занятие (1 часа(ов)):**

термодинамические характеристики молекулярно-энергетических процессов в биосистемах; законы термодинамики в биологии; химическая и физическая терморегуляция; связь энтропии и информации в биологических системах

##### **практическое занятие (1 часа(ов)):**

законы термодинамики в биологии; химическая и физическая терморегуляция

#### **Тема 6. Моделирование системы кровообращения**

##### **лекционное занятие (1 часа(ов)):**

реология крови; законы гемодинамики; кровоток в эластичных сосудах; кровоток при локальном сужении сосудов; резистивная модель; модели агрегации эритроцитов; структура и деформационные свойства стенок кровеносных сосудов; продольные волны в деформируемых трубках

##### **практическое занятие (1 часа(ов)):**

кровоток в эластичных сосудах; кровоток при локальном сужении сосудов

#### **Тема 7. Механика дыхания**

##### **лекционное занятие (1 часа(ов)):**

общая характеристика механических явлений в дыхательных органах; простейшие математические модели в механике дыхания

##### **практическое занятие (1 часа(ов)):**

простейшие математические модели в механике дыхания

#### **Тема 8. Механика клетки. Биологические мембраны**

##### **лекционное занятие (1 часа(ов)):**

реологические свойства мембраны и цитоплазмы; модельные мембранные системы; пассивный и активный транспорт веществ через мембраны; механика деления клетки; подвижность клеток

##### **практическое занятие (2 часа(ов)):**

модельные мембранные системы; механика деления клетки

#### **Тема 9. Биофизика мышечного сокращения**

##### **лекционное занятие (1 часа(ов)):**

структура и реологические свойства мышцы, модель скользящих нитей, биомеханика мышцы; модели Хаксли, Дещеревского, Хилла; термодинамические, энергетические и мощностные характеристики сократительных систем, кинетическая теория мышечного сокращения; управление мышечным сокращением

##### **практическое занятие (2 часа(ов)):**

биомеханика мышцы; модели Хаксли, Дещеревского, Хилла

#### **Тема 10. Обратные задачи в биомеханике**

##### **лекционное занятие (1 часа(ов)):**

корректные и некорректные задачи, методы регуляризации, дискретизация некорректных задач; идентификация реологических свойств и ростовых коэффициентов живых тканей, реологических констант крови; определение напряженного состояния, амплитудно-частотная диагностика срачивания костной ткани

##### **практическое занятие (2 часа(ов)):**

идентификация реологических свойств и ростовых коэффициентов живых тканей,  
реологических констант крови; определение напряженного состояния

#### 4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Основные проблемы моделирования производственных процессов	3	1-2	подготовка домашнего задания	10	домашнее задание
2.	Тема 2. Модели развития популяций	3	2-3	подготовка домашнего задания	10	домашнее задание
3.	Тема 3. Модели культивирования микроорганизмов	3	3-5	подготовка к устному опросу	10	устный опрос
4.	Тема 4. Модели производственного процесса растений	3	5-6	подготовка к тестированию	10	тестирование
5.	Тема 5. Термодинамические системы в биофизике	3	6-8	подготовка домашнего задания	10	домашнее задание
6.	Тема 6. Моделирование системы кровообращения	3	8-10	подготовка домашнего задания	10	домашнее задание
7.	Тема 7. Механика дыхания	3	11-13	подготовка к устному опросу	10	устный опрос
8.	Тема 8. Механика клетки. Биологические мембраны	3	13-15	подготовка к тестированию	10	тестирование
9.	Тема 9. Биофизика мышечного сокращения	3	15-16	подготовка к устному опросу	10	устный опрос
10.	Тема 10. Обратные задачи в биомеханике	3	16-18	подготовка к контрольной работе	10	контрольная работа
	Итого				100	

#### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Лекционные занятия, семинары, проверочные работы, экзамен. В течение семестра студенты выступают на семинарских занятиях, решают задачи, указанные преподавателем. В каждом семестре проводятся проверочные работы (на семинарских занятиях), выполняют лабораторные работы (в том числе с использованием портативного лабораторного оборудования для интерактивной демонстрации основных законов механики). В проведении ряда занятий принимают участие специалисты по биофизике и биомеханике - представители российских или зарубежных компаний, государственных и общественных организаций. К экзамену допускаются студенты, показавшие положительные результаты по текущей работе в течение семестра.



## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

### **Тема 1. Основные проблемы моделирования продукционных процессов**

домашнее задание , примерные вопросы:

задачи на самостоятельную формулировку прямых и обратных кинетических задач, задач идентификации параметров

### **Тема 2. Модели развития популяций**

домашнее задание , примерные вопросы:

примеры расчетов по непрерывным, дискретным, матричным, стохастическим моделям; решение упрощенных задач на применение модели взаимодействия популяций

### **Тема 3. Модели культивирования микроорганизмов**

устный опрос , примерные вопросы:

основные параметры и качественное поведение модели Моно; принципы и методы оптимального управления культивированием микроорганизмов

### **Тема 4. Модели продукционного процесса растений**

тестирование , примерные вопросы:

определения и основные формы записи моделей прироста биомассы; моделей метаболизма и распределения ассимилятов; фотосинтеза и дыхания.

### **Тема 5. Термодинамические системы в биофизике**

домашнее задание , примерные вопросы:

решение базовых задач термодинамики, демонстрирующих применение законов термодинамики в биологии

### **Тема 6. Моделирование системы кровообращения**

домашнее задание , примерные вопросы:

решение задач гидравлики, демонстрирующих основные закономерности при описании кровотока при локальном сужении/расширении сосудов

### **Тема 7. Механика дыхания**

устный опрос , примерные вопросы:

основные формулировки и принципы математические модели в механике дыхания и механических явлений в дыхательных органах

### **Тема 8. Механика клетки. Биологические мембраны**

тестирование , примерные вопросы:

определения и основные формы представления реологических свойств мембраны и цитоплазмы при их моделировании

### **Тема 9. Биофизика мышечного сокращения**

устный опрос , примерные вопросы:

основные определения и способы математического моделирования в биомеханике мышцы; мо-дели Хаксли, Дещеревского, Хилла; термодинамические, энергетические и мощностные характеристики сократительных систем, кинетическая теория мышечного сокращения;

### **Тема 10. Обратные задачи в биомеханике**

контрольная работа , примерные вопросы:

решение простейших корректных задач, дискретизация некорректных задач; решение задач об идентификации реологических свойств живых тканей, реологических констант крови; определения напряженного состояния

### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к экзамену:

Все виды текущего контроля успеваемости и аттестации по итогам освоения дисциплины оцениваются по 100-балльной рейтинговой системе, принятой к КФУ.

#### Список вопросов

1. Основные принципы моделирования продукционных процессов. Примеры прямых кинетических задач.
2. Основные принципы моделирования продукционных процессов. Примеры обратных кинетических задач.
3. Непрерывные модели развития популяций.
4. Дискретные модели развития популяций.
5. Матричные модели развития популяций.
6. Стохастические модели развития популяций.
7. Модели культивирования микроорганизмов. Модель Моно.
8. Оптимальное управление культивированием микроорганизмов.
9. Модели продукционного процесса растений. Модель прироста биомассы.
10. Модели продукционного процесса растений. Модель метаболизма.
11. Модели продукционного процесса растений. Модель фотосинтеза и дыхания.
12. Термодинамические системы в биофизике.
13. Моделирование системы кровообращения. Гидравлика локального сужения сосудов.
14. Моделирование системы кровообращения. Гидравлика локального расширения сосудов.
15. Механика дыхания. Модели дыхательных органов.
16. Механика клетки. Реологические свойства мембраны.
17. Механика клетки. Реологические свойства цитоплазмы.
18. Биофизика мышечного сокращения. Модели Хаксли, Дещеревского, Хилла.
19. Биофизика мышечного сокращения. Характеристики сократительных систем.
20. Биофизика мышечного сокращения. Кинетическая теория сокращения.
21. Обратные задачи в биомеханике. Идентификация реологических свойств тканей.
22. Обратные задачи в биомеханике. Идентификация реологических параметров крови.

#### 7.1. Основная литература:

Методические рекомендации к лабораторным работам по "Биофизике", Еремеев, Александр Михайлович; Еремеев, Антон Александрович, 2012г.

Волькенштейн М.В. Биофизика. Изд-во "Лань". 2012, 608 с.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=3898](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=3898)

Темам Р., Миранвиль А. Математическое моделирование в механике сплошных сред. - 2-е изд. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. - 319 с.

<http://e.lanbook.com/view/book/50538/>

#### 7.2. Дополнительная литература:

Механика сплошной среды, Нигматулин, Роберт Искандерович, 2014г.

Найфэ А. Введение в методы возмущений. - М.: Мир, 1984, - 535 с.

Найфэ А. Х. Методы возмущений. - М.: Мир, 1976. - 455 с.

#### 7.3. Интернет-ресурсы:

Biophysical Journal - <http://www.cell.com/biophysj/>

The Biophysical Society - <http://www.biophysics.org>

Биофизика - <http://bio-phys.narod.ru/>

Научная электронная библиотека - <http://elibrary.ru/>

сайт проекта - <http://www.biophys.ru/>

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Освоение дисциплины "Математическое моделирование в биофизике" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "КнигаФонд", доступ к которой предоставлен студентам. Электронно-библиотечная система "КнигаФонд" реализует легальное хранение, распространение и защиту цифрового контента учебно-методической литературы для вузов с условием обязательного соблюдения авторских и смежных прав. КнигаФонд обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям новых ФГОС ВПО.

Учебные аудитории для проведения лекционных и семинарских занятий.

Электронно-библиотечная система "КнигаФонд".

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 010800.68 "Механика и математическое моделирование" и магистерской программе Механика жидкости, газа и плазмы .

Автор(ы):

Поташев К.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.