

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Российский университет дружбы народов»*

*Институт биохимической технологии и нанотехнологии (ИБХТН)*

Рекомендовано МССН

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Наименование дисциплины**

Методы математического моделирования

**Рекомендуется для направления подготовки/специальности**

04.04.01 Химия

**Направленность программы (профиль)**

«Биохимические технологии и нанотехнологии»

Москва, 2021

## 1. Цели освоения дисциплины

Целью изучения дисциплины «Методы математического моделирования» является ознакомление студентов с методами математического моделирования и применения их в изучении природных процессов.

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

Дисциплина «Методы математического моделирования» относится к дисциплине по выбору в вариативной части.

Для успешного освоения данного курса необходимы базовые знания в области математики, химии и биохимии. Студент должен иметь навыки работы с вычислительной техникой.

Знания и навыки, приобретённые при изучении курса «Методы математического моделирования», потребуются студентам при дальнейших научных исследованиях, а также для успешной подготовки выпускной квалификационной работы

В таблице № 1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с ОС ВО и матрицей компетенций ОП ВО.

Таблица № 1

### Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

№ п/п	Шифр и наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
Профессиональные компетенции			
1	<b>ПК-1-н.</b> Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	Основы фармацевтической технологии и нанотехнологии	Разработка и регистрация лекарственных препаратов; Современные принципы контроля качества лекарственных средств

### 1. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

№ п/п	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	<b>ПК-1-н.</b> Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	<b>ПК-1-н-1.</b> Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий; <b>ПК-1-н-2.</b> Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен:

#### **Знать:**

- понятия и основные виды моделей и систем, принципы математического описания поведения биологических систем, комплексного моделирования сложных систем, построения прикладных моделей, способы обработки данных с помощью алгоритмических языков программирования;

**Уметь:**

- строить кибернетические модели, применять методы математического моделирования в биологических исследованиях, работать с базами данных;

**Владеть:**

- знаниями принципами построения баз данных и их поддержания в биологических исследованиях, навыками применения конкретных типов моделей в исследованиях, навыками использования программными продуктами в биологических исследованиях.

**2. Структура и содержание дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	1 курс			
		Семестры			
		1	2	3	4
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	36			36	
Лекции	18			18	
Практические занятия (ПЗ)	18			18	
Лабораторные работы (ЛР)					
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	72			72	
<b>Итоговая аттестация</b>	Диф.зачет				
Общая трудоемкость, час зач. ед.	108			108	
	3			3	

**5. Содержание дисциплины****Тема 1. Основные проблемы моделирования продукционных процессов**

Классификация моделей. Имитационное моделирование. Устойчивость продукционных процессов. Прямая и обратная кинетические задачи. Идентификация параметров. Принципы лимитирования, закон толерантности и функции отклика. Задачи управления продукционными процессами

**Тема 2. Модели роста и развития отдельной популяции**

Непрерывные модели. Влияние запаздывания. Дискретные модели популяций с неперекрывающимися поколениями. Матричные модели популяций. Стохастические модели популяций. Пространственное распространение вида. Модели популяции с нелинейной диффузией. Роль таксиса в пространственно-временной динамике. Переходные процессы в моделях популяций, учитывающих расселение вида в пространстве

**Тема 3. Модели взаимодействия двух популяций**

Классификация взаимодействий. Вольтерровские модели конкуренции. Вольтерровские модели взаимоотношений типа хищник — жертва. Учет пространственного перемещения. Обобщенные модели взаимодействия двух видов. Влияние запаздывания на устойчивость системы. Экологические диссипативные структуры. Пространственный хаос в моделях хищник — жертва. Модели типа реакция — диффузия — адвекция

**Тема 4. Модели биологических сообществ**

Структура сообществ. Модель простой трофической цепи. Стационарные состояния и динамические режимы в сообществе из трех видов. Взаимосвязь потоков вещества

и энергии. Системы с фиксированным количеством вещества. Статистическая механика вольтерровских систем. Модели систем с лимитированием. Компарментальные системы

### **Тема 5. Продукционные процессы в водных экосистемах**

Описание обменных процессов в водной среде. Модель планктонного сообщества пелагиали Белого моря. Пространственно-временные закономерности динамики фитопланктона. Управление видовой структурой планктонного сообщества. Роль гидродинамических процессов в динамике планктонных сообществ. Круговорот вещества и энергии в озерных экосистемах. Динамика рыбного стада. Имитационная модель Азовского моря

### **Тема 6. Модели культивирования микроорганизмов**

Непрерывная культура микроорганизмов. Модель Моно. Роль процесса отмирания и лизиса. Микроэволюционные процессы в микробных популяциях. Возрастные распределения микроорганизмов. Связь биохимической структуры метаболизма микроорганизмов и кинетики роста микробной популяции. Оптимальное управление процессами культивирования микроорганизмов

### **Тема 7. Модели продукционного процесса растений**

Общая модель прироста биомассы. Метаболизм и распределение ассимилятов. Фотосинтез и дыхание. Примеры функциональных моделей сельскохозяйственных культур

### **Тема 8. Теории роста человечества**

Динамика численности народонаселения. Демографический переход. Гиперболический рост. Модель С. П. Капицы. Комплексные модели роста человечества. Пределы роста. Простые и сложные модели. Типы динамического поведения.

### **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**

Самостоятельная работа студентов заключается в поиске и обработке информации по основным разделам дисциплины как в библиотечном фонде, так и в электронных базах данных. Организация и контроль выполнения самостоятельной работы студентами осуществляется через представление докладов и рефератов, подготовленных во время семестра. Доклады завершаются дискуссией по основным вопросам, затронутым в устных сообщениях. Для самостоятельной проработки различных тем и выполнения заданий, обучающиеся используют учебную и учебно-методическую литературу.

Предполагаются следующие виды самостоятельной работы - написание рефератов, составление словариков терминов, используемых в данной дисциплине, списка персоналий с указанием наиболее важных открытий названных ученых в области естественных наук, составление таблиц, схем различных процессов, создание мультимедийных презентаций.

### **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение**

#### **А) Основная литература**

1. Введение в математическое моделирование [Электронный ресурс] : Учебное пособие / В.Н. Ашихмин [и др.]; Под ред. П.В. Трусова. - Электронные текстовые данные. - М. : Логос, 2015. - 440 с. : ил. - (Новая Университетская Библиотека). - ISBN 978-5-98704-637-1. [http://lib.rudn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Rudn\\_FindDoc&id=453450&idb=0](http://lib.rudn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Rudn_FindDoc&id=453450&idb=0)

Б) Дополнительная литература

2. Лекции и методические материалы по курсу «Методы математического моделирования» <http://esystem.rudn.ru/course/view.php?id=8611>
3. Компьютерная геометрия и геометрическое моделирование: лабораторные работы [Текст/электронный ресурс] : Учебное пособие / М.Н. Геворкян [и др.]. - Электронные текстовые данные. - М. : Изд-во РУДН, 2018. - 119 с. : ил. - ISBN 978-5-209-08879-0 : 193.99. [http://lib.rudn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Rudn\\_FindDoc&id=464157&idb=0](http://lib.rudn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Rudn_FindDoc&id=464157&idb=0)

В) Литература для самостоятельного изучения

1. Гашев, С. Н. Математические методы в биологии: анализ биологических данных в системе statistica : учебное пособие для вузов / С. Н. Гашев, Ф. Х. Бетляева, М. Ю. Лупинос. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 207 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-02265-0.
2. Ризниченко, Г. Ю. Математическое моделирование биологических процессов. Модели в биофизике и экологии : учебное пособие для бакалавриата и магистратуры / Г. Ю. Ризниченко. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 183 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-03065-5.
3. Ризниченко, Г. Ю. Математические методы в биологии и экологии. Биофизическая динамика продукционных процессов в 2 ч. Часть 1 : учебник для бакалавриата и магистратуры / Г. Ю. Ризниченко, А. Б. Рубин. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 253 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-03989-4.
4. Ризниченко, Г. Ю. Математические методы в биологии и экологии. Биофизическая динамика продукционных процессов в 2 ч. Часть 2 : учебник для бакалавриата и магистратуры / Г. Ю. Ризниченко, А. Б. Рубин. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 211 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-04054-8.

**а. Материально-техническому обеспечению**

Процесс изучения дисциплины обеспечен аудиторией, оборудованной персональными компьютерами, мультимедийными средствами для демонстрации презентаций, программным обеспечением MS Office и доступом к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Москва, ул. Миклухо-Маклая, д.10, корп.2, учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, компьютерный класс 622.

Комплект специализированной мебели; технические средства: 20 компьютеризированных рабочих мест: Моноблок Lenovo IdeaCentre 19.5" HD+Cel J1800/4Gb/500Gb/DVDRW/DOS/ kb/m/черный 1600x900 (19 шт.), Моноблок Lenovo IdeaCentre 23" C560 (57331093) i3-4160T (3.1ГГц,)/4G/1Tb/DVD-SMulti/23FHD91920x1080)/NV 800M 2G/Wi-Fi/cam/White (1шт.). Обеспечен выход в интернет.

• Microsoft Windows XP Professional Russian Upgrade Academic Open No Level, Лицензия № 15988873, дата выдачи 15.01.2003 г.

• Microsoft Office 2007 Russian Academic Open No Level

Лицензия № 43178981, дата выдачи 12.12.2007 г.

(Windows 7, Microsoft Office 2007, Microsoft Security Essentials)

**8. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

**а. Вопросы к промежуточной аттестации**

1. Понятие модели. Типы моделей. Сравнение моделей с оригиналом. Понятие аналога. Особенности биологических моделей. Направления изучения моделей.

2. Понятие информации. Информация и энтропия. Мера информации. Ценность информации. Биологическая информация.
3. Эффективность биологической информации. Избыточность. Объём информации и уровень биологической организации.
4. Передача информации в биосистемах. Пропускная способность канала связи. Помехоустойчивость передачи сообщения. Биологические системы связи.
5. Биологическая организация и информация. Организованность и параметры состояния систем. Элементы и связи в системах и их разнообразие.
6. Пространственная и физиологическая организация. Генезис биологической организации.
7. Динамические системы и управление. Общее определение системы. Динамическая система. Система управления.
8. Модели и структурные схемы. Обобщённая структура систем управления.
9. Элементы структуры системы управления. Энергетическая классификация элементов системы.
10. Надёжность биологических систем. Понятие надёжности. Биологические системы как надёжные системы, построенные из ненадёжных
11. элементов. Рост надёжности организма в процессе его развития.
12. Математическое описание поведения систем. Системы нулевого, первого, второго и более высоких порядков. Передаточная функция.
13. Динамические модели биологических процессов. Характеристика кинетической системы --- параметры и переменные.
14. Принцип "узкого места". Методы качественной теории дифференциальных уравнений.
15. Изображающая точка и фазовая траектория в фазовом пространстве системы. Качественное исследование простейших моделей биологических процессов.
16. Бифуркационные диаграммы. Устойчивые и неустойчивые стационарные точки.
17. Триггеры как важная особенность биологических систем. Фазовый портрет триггерной системы. Переключение триггерной системы на фазовой плоскости:
18. специфический и параметрический процессы.
19. Описание дифференцировки клеток --- триггерная модель. Виды дифференцировки. Понятие клеточного пути. Направление дифференцировки.
20. Нулевая точка дифференцировки. Стимулы дифференцировки. Устойчивость состояния клетки и критерии дифференцировки. Унидифферонная гипотеза дифференцировки клеток.
21. Колебательные процессы в биологии. Автоколебательные системы. Предельные циклы. Волны и автоволновые процессы. Автоволновые процессы в
22. возбудимых средах. Распространение волн в однородной среде.
23. Ревербератор. Возникновение ревербератора в простейшей неоднородной среде. Свойства ревербератора как источника волн.
24. Эхо - источник концентрических волн в возбудимых средах. Эхо в простейших моделях. Источник эха и ревербератор. Эхо в непрерывных возбудимых средах.

25. Самоорганизация биосистем. Процессы самоорганизации в биосистемах. Роль автоволновых процессов в самоорганизации.
26. Математические модели самоорганизующихся систем.
27. Хаотические процессы в детерминированных системах. Диссипативные структуры и проблемы самоорганизации. Устойчивость диссипативных структур.
28. Модели морфогенеза.
29. Моделирование биосистем и теория автоматов.
30. Характеристики рецепторов. Модели функционирования рецепторов. Передаточные функции моделей. Рецепторы и интенсивность ощущения. Проблема узнавания.
31. Биологические критерии качества и адаптивное управление.

### **в. Контрольные тесты для текущего контроля успеваемости**

#### 1. Передаточная функция:

- a) показывает степень корреляции входных сигналов
- b) выражает связь между входом и выходом линейной стационарной системы
- c) характеризует коэффициент затухания сигнала в линейной стационарной системе
- d) указывает на число выходных сигналов

#### 2. Зная входной сигнал системы и передаточную функцию, можно восстановить

- a) выходной сигнал;
- b) другие входные сигналы;
- c) никакие сигналы;
- d) количество подсистем системы

#### 3. Система нулевого порядка называется система, описываемая

- a) алгебраическими уравнениями
- b) дифференциальными уравнениями со старшими производными не больше первой
- c) дифференциальными уравнениями со старшими производными больше первой
- d) интегральными уравнениями

#### 4. Система первого порядка называется система, описываемая

- a) алгебраическими уравнениями
- b) дифференциальными уравнениями со старшими производными не больше первой
- c) дифференциальными уравнениями со старшими производными больше первой
- d) интегральными уравнениями

#### 5. Система нулевого порядка изменяет

- a) масштаб входного сигнала;
- b) форму входного сигнала;
- c) масштаб и форму входного сигнала;
- d) количество входных сигналов

#### 6. Системы первого и более высоких порядков изменяют

- a) масштаб входного сигнала;
- b) форму входного сигнала;
- c) масштаб и форму входного сигнала;
- d) количество входных сигналов

#### 7. Триггерная система --- это:

- a) система, обладающая несколькими устойчивыми стационарными состояниями, между которыми невозможны переходы

b) система, обладающая несколькими устойчивыми стационарными состояниями, между которыми возможны переходы

c) система, обладающая несколькими неустойчивыми стационарными состояниями, между которыми невозможны переходы

d) система, обладающая несколькими неустойчивыми стационарными состояниями, между которыми возможны переходы

8. В триггерных системах точка, лежащая на сепаратрисе, обычно является

a) особой точкой типа "узел";                      b) особой точкой типа "фокус";

c) особой точкой типа "центр";                      d) особой точкой типа "седло"

9. Способ, при котором происходит переключение триггерной системы в результате резкого увеличения значения одной из переменных, называется

a) сложный; b) специфический; c) параметрический; d) неспецифический

10. Согласно принципу "узкого места", управляющим звеном во всей цепи процессов обязательно будет являться

a) самое медленное звено;                      b) самое быстрое звено;

c) первое звено;                      d) последнее звено

11. Методы качественной теории дифференциальных уравнений позволяют выявить важные общие свойства системы

a) не прибегая к нахождению в явном виде неизвестных функций

b) не прибегая к нахождению в явном виде известных функций

c) не получая дифференциальных уравнений

d) используя только графические построения

12. Параметрами динамической системы являются величины, которые в течение всего времени наблюдения за системой

a) изменяются самопроизвольно;                      b) поддерживаются неизменными ;

c) изменяются с течением времени;                      d) монотонно колеблются

13. В активной системе управления с обратной связью возмущающее воздействие непосредственно влияет на

a) активный регулятор;                      b) объект управления;

c) обратную связь;                      d) задающее воздействие

14. В пассивной системе управления с обратной связью возмущающее воздействие непосредственно влияет на

a) сумматор воздействий;                      b) объект управления;

c) обратную связь;                      d) задающее воздействие

15. В типичных биологических системах управления для получения двухстороннего действия исполнительные устройства обычно

a) отсутствуют;                      b) включаются одновременно;

c) используются попарно;                      d) никогда не включаются

16. Датчики сигналов обратной связи в биологических системах часто выполняют и роль.



- a) исполнительного устройства;
- b) задающего воздействия;
- c) усилителей мощности;
- d) преобразователей

17. Пассивное управление в биологических системах характеризуется тем, что

- a) не требует какой-либо метаболической работы
- b) требует определённой метаболической работы
- c) использует метаболическую работу в зависимости от скорости процесса
- d) использует метаболическую работу в зависимости от величин переменных

18. Механизмы пассивного управления

- a) являются дополнительной надстройкой системы
- b) являются внешними по отношению к системе программами
- c) встроены в саму систему
- d) проявляются только на молекулярном уровне

19. Взаимосвязь пассивного и активного управления можно определить как

- a) наложение пассивных контуров управления на активные с образованием единой системы
- b) наложение активных контуров управления на пассивные с образованием единой системы
- c) обособление пассивных контуров управления от активных без образования единой системы
- d) последовательное включение регуляторных контуров активного и пассивного управления

20. Ограничением систем с пассивным управлением является

- a) необходимость изменения внутренних программ при значительном изменении внешних условий
- b) необходимость перестройки системы при значительном изменении внешних условий
- c) функционирование при любых условиях внешней среды
- d) наличие нескольких вариантов ответной реакции на возмущающие воздействия

21. Активное управление требует метаболических затрат, т.к.

- a) управление осуществляется механизмами, обособленными от элементов системы
- b) управление осуществляется механизмами, встроенными в элементы системы
- c) требуется компенсация затрат в контурах пассивного управления
- d) необходимо обновление элементов системы

22. Отрицательная обратная связь является основой для а) саморегулирования процессов; б) ускорения процессов;

- c) процессов потери устойчивости;
- d) конкуренции процессов пассивной и активной систем регуляции

23. Недостатки разомкнутых систем управления состоят в том, что

- a) ухудшаются динамические свойства системы

- b) устраняются влияния всех возмущающих воздействий
- c) с изменением характеристик объекта появляются отклонения управляемой величины
- d) с изменением характеристик объекта пропадают отклонения управляемой величины

24. Термином "чёрный ящик" в кибернетике обозначается система,

- a) не поддающаяся политкорректному описанию;
- b) механизм работы которой очень сложен или неважен;
- c) имеющая непрозрачное строение; d) выполненная в виде микросхемы

25. Цель функционирования "чёрного ящика" по типу дифференциала состоит в

- a) разделении и распространении сигналов в системе
- b) изменении качественных и количественных свойств сигналов в соответствии с программой
- c) допуске в систему только сигналов с заданными параметрами
- d) перемещении сигналов во времени и в пространстве

26. Эмерджентность системы проявляется

- a) в упорядоченности системы
- b) во внесении вклада каждым элементом системы в реализацию цели
- c) в появлении новых свойств, не присущих элементам, входящим в состав системы
- d) в потере некоторых свойств, присущих элементам, входящим в состав системы

27. Эквивинальность - это:

- a) способность системы достигать состояние, не зависящее от времени и от начальных условий
- b) способность системы достигать нескольких состояний
- c) способность системы направленно развиваться в соответствии с целью
- d) способность системы изменять свои параметры

28. Одним из следствий теоремы Гёделя о неполноте является

- a) неспособность системы к развитию
- b) возможность реализации неполных функций, заложенных в систему
- c) невозможность перехода в некоторые состояния
- d) возможность зависания системы (тупиковой ситуации)

29. По сравнению с лабораторным экспериментом компьютерный эксперимент

- a) позволяет проводиться в тех случаях, когда лабораторный эксперимент невозможен
- b) дороже в реализации;
- c) опасней при выполнении; d) не имеет никаких преимуществ;

30. Метод аналога имеет преимущество в том, что

- a) позволяет определить принципиальные отличия аналога от оригинала
- b) даёт возможность полностью построить теорию, не прибегая к оригиналу
- c) даёт возможность изучать поведение аналога и за пределами естественных границ

d) не имеет преимуществ

### **с. Темы рефератов по дисциплине**

1. Иерархические уровни организации управления в биосистемах.
2. Моделирование процессов саморегуляции биологических систем (на уровне клетки, ткани, организма, экосистемы).
3. Моделирование процессов устойчивости биологических систем. Гомеостаз.
4. Модели генной и метаболической регуляции процессов в клетке.
5. Моделирование биохимических процессов. Ферментативная кинетика.
6. Модели мембранных процессов. Модели транспорта веществ через биомембраны.
7. Автоколебательные процессы в биологических системах.
8. Модели возбудимых сред.
9. Модели клеточной дифференциации.
10. Модели биологического морфогенеза.
11. Моделирование процессов эволюции.
12. Иерархия собственного времени биосистем.
13. Моделирование процессов, лежащих в основе "биологических часов".
14. Информация и биологические системы. Хранение и обработка информации в биосистемах.
15. Память в биологических системах.
16. Моделирование рецепторных систем.
17. Моделирование функционирования каналов связи в биологических системах.
18. Модели продукционного процесса растений.
19. Моделирование процессов иммунных реакций.
20. Обзор моделей в экологии.
21. Модели взаимодействующих видов.
22. Модели водных экосистем.

### **d. Контроль знаний и компетенций студента.**

Бально-рейтинговая система контроля успеваемости студентов в рамках кредитно-модульного обучения по направлению «Методы математического моделирования».

Бально-рейтинговая система основана на подсчете баллов, полученных студентом в течение семестра в строгом соответствии с количеством кредитов, предусмотренных учебным планом. Максимальное количество баллов, которое может получить обучающийся за каждый кредит – 36. Сумма баллов за все кредиты полученная за семестр

составит общую итоговую оценку успеваемости. Кроме того, соответствующее количество баллов набранных в течение семестра предусматривает также буквенную индексацию полученных результатов (оценка ECTS, табл.1)

Кредитно- модульная система не допускает наличие, каких либо пропусков учебных занятий в течение всего процесса обучения. Обучающийся допускается к сдаче соответствующего кредита лишь после того, как будет ликвидирована соответствующая задолженность. Отработки задолженностей по уважительным причинам проводятся бесплатно все остальное по соответствующим расценкам, установленным положениями по ИБХТН РУДН.

### Критерии оценки:

(в соответствии с действующей нормативной базой)

Соответствие систем оценок (используемых ранее оценок итоговой академической успеваемости, оценок ECTS и балльно-рейтинговой системы (БРС) оценок текущей успеваемости).

Баллы БРС	Традиционные оценки РФ	Оценки ECTS
95 - 100	5	A
86 - 94		B
69 - 85	4	C
61 - 68	3	D
51 - 60		E
31 - 50	2	FX
0 - 30		F
51-100	Зачет	Passed

Пояснение к таблице оценок:

#### Описание оценок ECTS

<b>A</b>	<b>“Отлично”</b> - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.
<b>B</b>	<b>“Очень хорошо”</b> - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному.

<b>С</b>	<b>“Хорошо”</b> - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.
<b>D</b>	<b>“Удовлетворительно”</b> - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.
<b>E</b>	<b>“Посредственно”</b> - теоретическое содержание курса освоено частично, некоторые практические навыки работы не сформированы, многие предусмотренные программой обучения учебные задания не выполнены, либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному.
<b>FX</b>	<b>“Условно неудовлетворительно”</b> - теоретическое содержание курса освоено частично, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, либо качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному; при дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения учебных заданий.
<b>F</b>	<b>“Безусловно неудовлетворительно”</b> - теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, все выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над материалом курса не приведет к какому-либо значимому повышению качества выполнения учебных заданий.

**Положительными оценками**, при получении которых курс засчитывается обучаемому в качестве пройденного, являются оценки А, В, С, D и E.

Обучаемый, получивший оценку **FX** по дисциплине образовательной программы, обязан после консультации с соответствующим преподавателем в установленные учебной частью сроки успешно выполнить требуемый минимальный объем учебных работ, предусмотренных программой обучения, и представить результаты этих работ этому преподавателю. Если качество работ будет признано удовлетворительным, то итоговая оценка FX повышается до E и обучаемый допускается к дальнейшему обучению.

В случае, если качество учебных работ осталось неудовлетворительным, итоговая оценка снижается до F и обучаемый представляется к отчислению. В случае получения оценки F или FX обучаемый представляется к отчислению независимо от того, имеет ли он какие-либо еще задолженности по другим дисциплинам. (Приказ Ректора РУДН №996 от 27.12.2006г.)

**Разработчик:**

Ассистент ИБХТН

Кезимана П.

**Руководитель программы/**

**Директор ИБХТН**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Ya. Stal", is written over a horizontal line that extends to the right.

**Я.М. Станишевский**

**ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»**

**Институт биохимической технологии и нанотехнологии (ИБХТН)**

# **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Методы математического моделирования

(наименование дисциплины)

04.04.01 «Химия»

(код и наименование направления подготовки)

«Биохимические технологии и нанотехнологии»

(наименование профиля подготовки)

Магистр

Квалификация (степень) выпускника

Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине «Методы математического моделирования»

Код контролируемой компетенции	Контролируемый раздел дисциплины	Контролируемая тема дисциплины	ФОСы (формы контроля уровня освоения ООП)							Зачет/ Итоговая работа	Баллы раздела
			Аудиторная работа				Самостоятельная работа				
			Контрольная работа № 1	Контрольная работа № 2	Контрольная работа № 3	Выполнение лабораторной работы	Выполнение ДЗ	Реферат	СУРС		
ПК-1-н	Методы математического моделирования	Классификация математических моделей	10							25	20
		Динамическое моделирование									
		Нелинейные модели		10				20			30
		Линейные модели структурированных популяций									
		Модели взаимодействия			10	25					50
		Моделирование инфекционных заболеваний									
	Итого									100	