

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор по образовательной  
деятельности

  
С.Т. Князев  
« 20 » 08 2020 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ**

Код модуля	Модуль
1154329	Математические методы в биологии и медицине

Екатеринбург, 2020

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> Цифровая медицина и биоинформатика	<b>Код ОП</b> 30.05.03/22.01
<b>Направление подготовки</b> 1. Медицинская кибернетика	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 30.05.03

Программа модуля составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Емельянов Виктор Владимирович	к.м.н., доцент	доцент	Кафедра медицинской биохимии и биофизики
2	Зимницкая Светлана Анатольевна	кандидат биологических наук, доцент	доцент	департамент биологии и фундаментальной медицины
3	Ушенин Константин Сергеевич	-, -	руководитель образовательной программы	Школа бакалавриата института естественных наук и математики

**Согласовано:**

Учебный отдел



# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Математические методы в биологии и медицине

## 1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль «Математические методы в биологии и медицине» относится к базовой части учебного плана и направлен на формирование общепрофессиональных и профессиональных компетенций в области статистической обработки информации и организации научной деятельности. Объем модуля 11 з.е. Целью изучения модуля является освоение математических методов, необходимых для моделирования живых систем, а также для реализации алгоритмов обработки больших данных. Курс «Вычислительная математика» посвящен общим вопросам вычислительных наук и свойствам алгоритмов и матриц. Курс «Математические методы биоинформатики» посвящен методам глобального и локального выравнивания последовательностей нуклеотид или аминокислот, а также вопросам сборки генома. Курс «Математическое моделирование живых систем» посвящен применению вычислительных методов решения уравнений биофизики и математической биологии.

## 1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Математические методы биоинформатики	3
2	Математическое моделирование живых систем	3
3	Вычислительная математика	5
ИТОГО по модулю:		11

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	нет
Постреквизиты и кореквизиты модуля	

## 1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Математические методы	ПК-6 - Способен разрабатывать новые	31 Демонстрировать знание необходимые для разработки и верификации моделей и

биоинформатик и	медицинские и биологические модели и методы их внедрения в клиническую практику и управление здравоохранением	внедрения их в медицину, биологию и здравоохранение  У1 Уметь разрабатывать модели и стандарты информационного взаимодействия в здравоохранении  У2 Уметь строить и верифицировать математические модели изучаемых объектов на основе медико-биологических исследований и данных литературы
Математическое моделирование живых систем	ПК-6 - Способен разрабатывать новые медицинские и биологические модели и методы их внедрения в клиническую практику и управление здравоохранением	З1 Демонстрировать знание необходимые для разработки и верификации моделей и внедрения их в медицину, биологию и здравоохранение  У2 Уметь строить и верифицировать математические модели изучаемых объектов на основе медико-биологических исследований и данных литературы  П1 Иметь опыт разработки и верификации моделей и стандартов информационного взаимодействия в здравоохранении  П2 Иметь опыт применения математических моделей.
Вычислительная математика	ПК-6 - Способен разрабатывать новые медицинские и биологические модели и методы их внедрения в клиническую практику и управление здравоохранением	З1 Демонстрировать знание необходимые для разработки и верификации моделей и внедрения их в медицину, биологию и здравоохранение  У3 Умеет применять математические модели для исследования свойств, оценки состояния, динамики поведения объектов исследования в медицине и биологии

### 1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Математические методы**  
**биоинформатики**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Емельянов Виктор Владимирович	к.м.н., доцент	доцент	Кафедра медицинской биохимии и биофизики
2	Зимницкая Светлана Анатольевна	кандидат биологических наук, доцент	доцент	департамент биологии и фундаментальной медицины
3	Ушенин Константин Сергеевич	-, -	руководитель образователь ной программы	Школа бакалавриата института естественных наук и математики

**Рекомендовано учебно-методическим советом института**

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - o Продвинутый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания; Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Анализ последовательностей	Матрицы замен. Алгоритмы глобального выравнивания. Алгоритмы локального выравнивания. Наибольшая общая подпоследовательность. Алгоритм Нидлмана — Вунша. Множественное выравнивание последовательностей. Скрытые марковские модели. Филогенетический анализ. Гомология. Филогения и фенетика. Классические методы. Инструменты филогенетического анализа.
P2	Сборка генома	Сборка чтений на референсный геном и сборка генома de novo. Алгоритм BLAST. Преобразование Барроуза — Уилера. Граф Де Брюна. Тримминг. Префиксное дерево. Полидромальный поиск.
P3	Анализ экспрессии генов	Методы кластеризации. Методы иерархической кластеризации. Gene set enrichment analysis (Gene ontology analysis).
P4	Современные направления развития	Нейронные сети для обработки данных нанопорного секвенирования. Общая схема эксперимента scRNA-Seq и snRNA-Seq.

1.3. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации.

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Программирование на языке Python

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Огурцов А. Н. Основы биоинформатики. – 2013.
2. Stevens T. J., Boucher W. Python Programming for Biology. – Cambridge University Press, 2015.
3. Pevsner J. Bioinformatics and functional genomics. – John Wiley & Sons, 2015.
4. Antao T. Bioinformatics with Python Cookbook: Learn how to use modern Python bioinformatics libraries and applications to do cutting-edge research in computational biology. – Packt Publishing Ltd, 2018.

#### Печатные издания

#### Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

#### Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

#### Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

## 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Математические методы биоинформатики

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Подключение к сети Интернет	Не требуется
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в	Не требуется

		<p>соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Персональные компьютеры с доступом в сеть Интернет на каждого учащегося</p>	
3	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	<b>Не требуется</b>
4	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<b>Не требуется</b>



## **ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **Вопросы к зачету/экзамену по дисциплине**

1. Матрицы замен. Алгоритмы глобального выравнивания. Алгоритмы локального выравнивания. Наибольшая общая подпоследовательность.
2. Алгоритм Нидлмана — Вунша.
3. Скрытые марковские модели. Филогенетический анализ.
4. Филогения и фенетика. Классические методы. Инструменты филогенетического анализа.
5. Сборка чтений на референсный геном и сборка генома *de novo*.
6. Алгоритм BLAST.
7. Преобразование Барроуза — Уилера
8. Граф Де Брюна.
9. Полидромальный поиск.
10. Методы кластеризации. Методы иерархической кластеризации.
11. Gene set enrichment analysis (Gene ontology analysis).
12. Нейронные сети для обработки данных нанопорного секвенирования.
13. Общая схема эксперимента scRNA-Seq и snRNA-Seq.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Математическое моделирование живых систем**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Емельянов Виктор Владимирович	к.м.н., доцент	доцент	Кафедра медицинской биохимии и биофизики
2	Зимницкая Светлана Анатольевна	кандидат биологических наук, доцент	доцент	департамент биологии и фундаментальной медицины
3	Ушенин Константин Сергеевич	-, -	руководитель образовательной программы	Школа бакалавриата института естественных наук и математики

**Рекомендовано учебно-методическим советом института**

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - o Продвинутый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания; Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Ферментативная кинетика	Лабораторный практикум с использованием демонстрационной программы. Подробный качественный анализ модели ферментативной реакции, отыскание точки покоя, анализ типа и устойчивости точки покоя. Построение фазового портрета. Численные эксперименты с моделью при помощи демонстрационной программы с использованием различных методов численного интегрирования, демонстрация высокой чувствительности решения к выбору шага. Использование псевдостационарной системы.
P2	Триггерные системы в биологии	Лабораторный практикум с использованием демонстрационных программ. 1. Анализ модели ферментативной реакции с ингибированием субстратом. Определить диапазоны структурной устойчивости модели и точки бифуркации. Вычислительные эксперименты, отыскание бифуркационных параметров, построение бифуркационной диаграммы. 2. Анализ модели Жакоба-Моно. Анализ типа и устойчивости точек покоя, построение фазового портрета при различных значениях параметров модели. Построение бифуркационной диаграммы. Демонстрация различных типов переключения в триггерной системе.
P3	Модели взаимодействующих видов. Автоколебательные	Лабораторный практикум с использованием демонстрационных программ. Анализ различных моделей взаимодействующих видов – конкуренция, симбиоз, хищник-жертва. Отыскание точек покоя, анализ их типа, построение фазовых портретов, демонстрация типа портрета от

	процессы в биологических системах.	параметров системы. Демонстрация циклов в модели Лотки-Вольтерра. Предельный цикл в усовершенствованной модели хищник-жертва.
<b>P4</b>	Модели возбудимых сред в биологии.	Лабораторный практикум с использованием демонстрационных программ. Анализ модели Ходжкина-Хаксли нервного возбуждения. Отыскание области параметров и начальных данных, при которых наблюдается автоматия клеток, т.е. периодические спонтанное возбуждение. Зависимости характеристик цикла от параметров.
<b>P5</b>	Моделирование мышечного сокращения.	Лабораторный практикум с использованием демонстрационных программ. Демонстрация активности сократительных белков мышц при различных условиях. Модель Хаксли. Получение зависимостей типа сила-скорость в рамках моделей. Влияние параметров модели.
<b>P6</b>	Модели сердечной мышцы как сложной биологической системы.	Лабораторный практикум с использованием демонстрационных программ. Демонстрации работы модели в различных режимах функционирования сердечной мышцы. Демонстрация внутриклеточных процессов, влияние параметров. Конструирование более сложных моделей на базе модели одиночного волокна сердечной мышцы. Переход от однородной системы (1 клетка) к неоднородной (много взаимосвязанных клеток с различными свойствами).

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации.

## **2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Машинное обучение и статистика**

#### **Электронные ресурсы (издания)**

1. Соловьева О.Э., Викулова Н.А. «Математическая биология».

Методические указания по изучению курса специальной дисциплины.

Уральский государственный университет. Екатеринбург. 2007. 47 с.

2. Ризниченко Г. Ю. Лекции по математическим моделям в биологии.

Часть 1. - Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002. - 232 с.

3. Романовский Ю.М., Степанова Н.В., Чернавский Д.С. Математические модели в биофизике. Введение в теоретическую биофизику. 2-е изд.

Доп. - Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 20004. - 472 с.

4. Рубин А.Б. Биофизика. Том. 1-2. М.;

5. Рубин А.Б., Пытьева Н.Ф., Ризниченко Г.Ю. Кинетика биологических процессов. Учебное пособие. Изд-во МГУ, 1977. - 330 с.

6. Murray James Dickson. Mathematical Biology. I. учебник. , 2001.
7. Murray James Dickson. Mathematical Biology. II. учебник. , 2003.
8. Ашихмин В. Н.; Гитман М. Б.; Келлер И. Э.; Наймарк О. Б.; Столбов В. Ю.; Трусов В. Ю. (ред.)Фрик П. Г.. Введение в математическое моделирование. другое. Логос, 2005. Гриф: министерство образования РФ, допущено в качестве учебного пособия
9. Калиткин Н. Н.; Карпенко Н. В.; Михайлов А. П.; Тишкин В. Ф.; Чернеков М. В.. Математические модели природы и общества. другое. ФИЗМАТЛИТ, 2005.
10. Бэгшоу К. Мышечное сокращение. М.: Мир. - 1985.
11. Вольтерра В. Математическая теория борьбы за существование. М., 1976.
12. Дещеревский В.И. Математические модели мышечного сокращения. М:Наука, 1977. - 160 с.
13. Романовский Ю.М., Степанова Н.В., Чернавский Д.С. Математическая биофизика. М., Наука, 1984, 304 с.
14. Рубин А.Б. Биофизика клеточных процессов. М.: Высш. школ., 1987. - 303 с.
15. Хилл А.В. Механика мышечного сокращения. М: Иностран. лит., 1963
16. Computational Cell Biology / editors C. Fall et al. Springer-Verlag, New York Inc. – 2002 – 469 p.
17. Keener J., Sneyd J. 1998. Mathematical Physiology. New York: Springer. - 766 p.
18. Murray J.D. Mathematical Biology. I. An Introduction. / J.D. Murray. - 3-d edition. Springer. – P. 551.

### **Печатные издания**

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Информационная система "Динамические модели в биологии" / Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, биологический

факультет, кафедра биофизики. - <http://www.dmb.biophys.msu.ru/>

2. Ризниченко Г.Ю. Математическое моделирование в биологии. – Биология Математическая – Популяционная динамика – Экология математическая. - <http://www.library.biophys.msu.ru/MathMod/>

3. Рубин А.Б. Биофизика. - 1999. - <http://bio-phys.narod.ru/index.html>

4. Учебные материалы (техническая библиотека). Факультет молекулярной и биологической физики МФТИ. - <http://bio.fizteh.ru/student/files/>

5. Электронная библиотека «Математические модели в биологии». – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». – 2005. – <http://shop.rcd.ru/>

### 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Математическое моделирование живых систем

#### Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Подключение к сети Интернет	Не требуется
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Персональные компьютеры с доступом в сеть Интернет на каждого учащегося	Не требуется
3	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется

4	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Подключение к сети Интернет	Не требуется
---	----------------------------------	--	--------------

## Приложение к рабочей программе дисциплины

### ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

#### Вопросы к зачету/экзамену по дисциплине

1. Кинетические модели. Моделирование активности мембранного канала.
2. Модель роста популяции. Экспоненциальный рост. Модель Ферхюльста (логистическое уравнение).
3. Модель роста популяции с учетом «охоты». Зависимость поведения системы от параметра охоты.
4. Модель ферментативной реакции. Обезразмеривание, исследование.
5. Редукция ферментативной модели. Псевдостационарная модель. Теорема Тихонова.
6. Зависимость концентрации субстрат-ферментного комплекса и скорости ферментативной реакции от концентрации субстрата. Константа Михаэлиса. График Лайнуивера-Берка.
7. Модель конкурентного ингибирования ферментативной реакции.
8. Модель неконкурентного ингибирования ферментативной реакции.
9. Моделирование кооперативных явлений в ферментативных реакциях.
10. Ингибирование субстратом. Модель реакции триггерного типа.
11. Модель генетического триггера.
12. Модели взаимодействующих видов. Конкуренция, симбиоз, хищник-жертва. Модель конкурирующих видов. Популяционные триггеры.
13. Модель хищник-жертва.
14. Модифицированная модель хищник-жертва. Предельный цикл.
15. Виды транспорта веществ в клетках. Уравнение диффузии.

Стационарная диффузия. Характерные расстояния и времена диффузии.

16. Облегченная диффузия.

17. Активный транспорт.

18. Электродиффузионная теория пассивного транспорта. Уравнение Нернста для равновесного потенциала.

19. Модель Ходжкина-Хаксли нервного импульса.

20. Спонтанная активность. Автоколебания в модели Ходжкина-Хаксли.

21. Редукция модели Ходжкина-Хаксли с учетом характерных времен процессов. Упрощенная модель Фицхью-Нагумо.

22. Возбудимые среды. Распространение возбуждения.

23. Модель мышечного сокращения. Зависимость сила-скорость.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Вычислительная математика**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Емельянов Виктор Владимирович	к.м.н., доцент	доцент	Кафедра медицинской биохимии и биофизики
2	Зимницкая Светлана Анатольевна	кандидат биологических наук, доцент	доцент	департамент биологии и фундаментальной медицины
3	Ушенин Константин Сергеевич	- , -	руководитель образователь ной программы	Школа бакалавриата института естественных наук и математики

**Рекомендовано учебно-методическим советом института**

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - o Продвинутый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания; Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение в методы приближенных вычислений: особенности решения задач на ЭВМ.	Понятие вычислительного эксперимента, виды погрешностей. Представление чисел в ЭВМ, вычисления с конечной точностью. Абсолютная и относительная погрешности. Теорема о погрешности функции. Ускорение сходимости рядов методом эталонных рядов.
P2	Методы решения трансцендентных уравнений.	Решение нелинейных уравнений 1-го переменного методами деления отрезка пополам, Ньютона, модифицированного метода Ньютона, секущих, секущих парабол. Метод простой итерации (глобальная и локальная сходимость), обоснование метода Ньютона, локальная квадратичная сходимость метода Ньютона.
P3	Вычислительные методы линейной алгебры.	Общий подход к построению методов решения СЛАУ. Метод Гаусса, методы Гаусса с выбором ведущего элемента. Метод Холесского (квадратного корня). Нормы векторов и матриц, вычисление норм. Сходимость матричных рядов. Метод простой итерации для матриц. Оценка собственных чисел матрицы через норму матрицы. Методы Зейделя, Гаусса-Зейделя, Якоби. Хорошо и плохо обусловленные СЛАУ. Число обусловленности. Задачи на собственные значения. Прямая и обратная итерации. Обобщенные решения СЛАУ. Метод наименьших квадратов, его геометрический смысл. МНК в задаче приближения функций: дискретный и непрерывный варианты

<b>P4</b>	Решение систем нелинейных уравнений.	Производная Фреше. Метод Ньютона. Метод простой итерации. Обоснование метода Ньютона.
<b>P5</b>	Численное дифференцирование.	Общий подход к построению формул численного дифференцирования, оценка погрешности дифференцирования. Дифференцирование с приближенными данными, простейший метод регуляризации. Метод неопределенных коэффициентов построения формул дифференцирования.
<b>P6</b>	Решение линейных интегральных уравнений.	Общая классификация интегральных уравнений. Методы решения уравнений 1 и 2 рода типа свертки. Разностные и проекционные методы решения интегральных уравнений.
<b>P7</b>	Численное решение дифференциальных уравнений с частными производными.	Решение уравнений эллиптического, гиперболического и параболического типов методом сеток (явные и неявные схемы). Понятие локальной аппроксимации задачи. Устойчивость разностных схем для эволюционных уравнений и ее исследование методом гармоник. Глобальная сходимость разностной схемы. Многомерные эволюционные уравнения в частных производных. Метод дробных шагов. Принцип замороженных коэффициентов. Метод прямых. Метод решения эллиптических уравнений методом "на установление".
<b>P8</b>	Сингулярное разложение и его использование.	Ортогональные (унитарные) преобразования и их свойства. Сингулярное разложение матрицы и его свойства. Применение SVD при исследовании СЛАУ, проблема ранга матриц, сжатие информации с помощью SVD.

1.3. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации.

## **2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Вычислительная математика**

#### **Электронные ресурсы (издания)**

1. Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. — 4-е изд. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006.
2. Самарский, Александр Андреевич. Введение в численные методы : учеб. пособие для вузов— Изд. 4-е, стер. — СПб. : Лань, 2007. — 288 с.
3. Киреев А.В., Пантелеев В.И. Численные методы в примерах и задачах. М.: Высшая школа, 3-е издание, 2008.
4. Н. В. Копченова, И. А. Марон Вычислительная математика в примерах и задачах. Изд.: Лань, 2008 г.
5. Воробьева Г.Н., Данилова А.Н. Практикум по вычислительной математике. М.: Высшая школа, 1990.
6. Вержбицкий В.М. Численные методы. Линейная алгебра и нелинейные

уравнения. М.: Высшая школа, 2000.

7. Вержбицкий В.М. Численные методы. Математический анализ и обыкновенные дифференциальные уравнения. М.: ОНИКС-21 век, 2005.

8. В. Ф. Формалев, Д. Л. Ревизников ; под ред. А. И. Кибзуна .Численные методы : [учеб. пособие для техн. ун-тов] /. — М. : Физматлит, 2004.

9. Б. П. Демидович, И. А. Марон, Э. З. Шувалова ; под ред. Б. П. Демидовича. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения : учеб. пособие [для вузов] / — Изд. 4-е, стер. — СПб. [и др.] : Лань, 2008.

10. Д.К.Фаддеев, В.Н.Фаддеева Вычислительные методы линейной алгебры. М: Физматгиз, 1963. 734с.

11. Б.П.Демидович, И.А.Марон, Э.З.Шувалова Численные методы анализа. М: Физматгиз, 1963. 400с.

12. Р.В.Хемминг Численные методы. М: Наука, 1972. 400с.

13. С.К.Годунов, В.С.Рябенский Разностные схемы. М.: Наука, 1977. 437с.

14. Н.Н.Калиткин Численные методы. М: Наука, 1978. 512с.

15. Ф.П.Васильев Методы решения экстремальных задач. М.: Наука, 1981. 326с.

16. Д. П. Костомаров, А. П. Фаворский. Вводные лекции по численным методам: учеб. пособие для вузов /— М. : Логос, [2006].

17. М. А. Фаддеев, К. А. Марков. Основные методы вычислительной математики: учеб. пособие [для вузов] /. — СПб. [и др.] : Лань, 2008. — 154 с.

18. Л. Ф. Шампайн, И. Гладвел, С. Томпсон Решение обыкновенных дифференциальных уравнений с использованием MATLAB : учебное пособие [для вузов] / пер. с англ. И. А. Макарова. — СПб. [и др.] : Лань, 2009.

19. Е. А. Волков.. Численные методы : учеб. пособие [для вузов] /— 5-е изд., стер. — СПб. [и др.] : Лань, 2008.

20. Н. Н. Рено. Численные методы : учеб. пособие [для вузов] /. — М. : Книжный дом "Университет", 2007.

### **Печатные издания**

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

### 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Вычислительные методы

Сведения об оснащении дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Подключение к сети Интернет	Не требуется
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Персональные компьютеры с доступом в сеть Интернет на каждого учащегося	Не требуется
3	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется
4	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Подключение к сети Интернет	Не требуется

## **ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **Вопросы к зачету/экзамену по дисциплине**

1. Понятие вычислительного эксперимента, виды погрешностей. Представление чисел в ЭВМ, вычисления с конечной точностью. Абсолютная и относительная погрешности.
2. Теорема о погрешности функции. Ускорение сходимости рядов методом эталонных рядов.
3. Решение нелинейных уравнений 1-го переменного методами деления отрезка пополам, Ньютона, модифицированного метода Ньютона, секущих, секущих парабол.
4. Метод простой итерации (глобальная и локальная сходимость), обоснование метода Ньютона, локальная квадратичная сходимость метода Ньютона.
5. Метод Гаусса, методы Гаусса с выбором ведущего элемента.
6. Метод Холесского (квадратного корня).
7. Нормы векторов и матриц, вычисление норм. Сходимость матричных рядов. Метод простой итерации для матриц.
8. Методы Зейделя, Гаусса-Зейделя, Якоби. Хорошо и плохо обусловленные СЛАУ.
9. Хорошо и плохо обусловленные СЛАУ. Число обусловленности. Задачи на собственные значения. Прямая и обратная итерации. Обобщенные решения СЛАУ.
10. Метод наименьших квадратов, его геометрический смысл. МНК в задаче приближения функций: дискретный и непрерывный варианты
11. Производная Фреше. Метод Ньютона. Метод простой итерации. Обоснование метода Ньютона.
12. Общий подход к построению формул численного дифференцирования, оценка погрешности дифференцирования.
13. Дифференцирование с приближенными данными, простейший метод регуляризации.
14. Метод неопределенных коэффициентов построения формул дифференцирования.
15. Общая классификация интегральных уравнений. Методы решения уравнений 1 и 2 рода типа свертки.
16. Разностные и проекционные методы решения интегральных уравнений.
17. Решение уравнений эллиптического, гиперболического и параболического типов методом сеток (явные и неявные схемы). Понятие локальной аппроксимации задачи.
18. Устойчивость разностных схем для эволюционных уравнений и ее исследование методом гармоник. Глобальная сходимость разностной схемы.
19. Многомерные эволюционные уравнения в частных производных. Метод дробных шагов. Принцип замороженных коэффициентов. Метод прямых. Метод решения эллиптических уравнений счетом "на установление".
20. Сингулярное разложение матрицы и его свойства. Применение SVD при исследовании СЛАУ, проблема ранга матриц, сжатие информации с помощью SVD.