

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт вычислительной математики и информационных технологий



*подписано электронно-цифровой подписью*

## **Программа дисциплины**

### Математическое моделирование

Направление подготовки: 01.03.04 - Прикладная математика

Профиль подготовки: Прикладная математика

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): профессор, д.н. (профессор) Плещинский Н.Б. (кафедра прикладной математики и искусственного интеллекта, отделение прикладной математики и информатики), Nikolai.Pleshchinskii@kpfu.ru

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО**

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-1	Способен применять знание фундаментальной математики и естественно-научных дисциплин при решении задач в области естественных наук и инженерной практике
ОПК-3	Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

роль математики и информатики в развитии человечества;

Должен уметь:

ориентироваться в основных фактах, событиях и идеях многовековой истории развития математики в целом и важнейшего ее раздела - прикладной математики;

Должен владеть:

теоретическими знаниями об основных разделах данной дисциплины;

Должен демонстрировать способность и готовность:

прогнозирования направлений дальнейшего развития.

**2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО**

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.О.24 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.03.04 "Прикладная математика (Прикладная математика)" и относится к обязательной части ОПОП ВО.

Осваивается на 3 курсе в 5 семестре.

**3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(ые) единиц(ы) на 180 часа(ов).

Контактная работа - 72 часа(ов), в том числе лекции - 72 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 108 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 5 семестре.

**4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)**

N	Разделы дисциплины / модуля	Се- местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само- стоя- тель- ная ра- бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи- ческие занятия, всего	Практи- ческие в эл. форме	Лабора- торные работы, всего	Лабора- торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Математика в древности.	5	2	0	0	0	2	0	6
2.	Тема 2. Математика в средние века.	5	2	0	0	0	2	0	6
3.	Тема 3. Математика XIX века.	5	2	0	0	0	2	0	6
4.	Тема 4. Развитие вычислительной математики.	5	2	0	0	0	2	0	6
5.	Тема 5. Выдающиеся ученые.	5	2	0	0	0	2	0	6
6.	Тема 6. Доэлектронная история вычислительной техники.	5	2	0	0	0	2	0	6
7.	Тема 7. Первые компьютеры.	5	2	0	0	0	2	0	6
8.	Тема 8. Развитие элементной базы, архитектуры и структуры компьютеров.	5	2	0	0	0	2	0	6
9.	Тема 9. Специализированные компьютеры.	5	2	0	0	0	2	0	6
10.	Тема 10. Развитие параллелизма в работе устройств компьютера, многопроцессорные и многомашинные вычислительные системы.	5	2	0	0	0	2	0	6
11.	Тема 11. Персональные компьютеры и рабочие станции.	5	2	0	0	0	2	0	6
12.	Тема 12. Компьютерные сети.	5	2	0	0	0	2	0	6
13.	Тема 13. Основные области применения компьютеров и вычислительных систем.	5	2	0	0	0	2	0	6
14.	Тема 14. Этапы развития программного обеспечения.	5	2	0	0	0	2	0	6
15.	Тема 15. Ведущие отечественные ученые и организаторы программного обеспечения.	5	2	0	0	0	2	0	6
16.	Тема 16. Языки и системы программирования.	5	2	0	0	0	2	0	6
17.	Тема 17. Операционные системы.	5	2	0	0	0	2	0	6
18.	Тема 18. Системы управления базами данных и знаний, пакеты прикладных программ.	5	2	0	0	0	2	0	6
	Итого		36	0	0	0	36	0	108

**4.2 Содержание дисциплины (модуля)**

**Тема 1. Математика в древности.**

Возникновение первых математических понятий. Страны Востока. Египет: математические папирусы, первые задачи по арифметике. Математики Греции: Фалес Милетский, Пифагор Самосский. Первые научные школы. 'Начала' Евклида. Творчество Архимеда. Знаменитые задачи древности. Апории Зенона. Кризис античной математики.

**Тема 2. Математика в средние века.**

Математика Востока. Математика в Европе. Период упадка науки. Эпоха Возрождения. Достижения в алгебре. Математика после эпохи Возрождения. Математика и астрономия. Изобретение логарифмов. Формирование математики переменных величин. Творчество Ньютона и Лейбница. Эйлер и математика XVIII века. Математика в России.

### **Тема 3. Математика XIX века.**

Творчество Ж. Фурье, О. Коши, К. Гаусса, Ан. Пуанкаре. Зарождение математического моделирования. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. Координатный метод в геометрии. Логарифмы и логарифмическая линейка. Достижения российской академии наук и российских ученых: П.Л. Чебышева, А.А. Маркова, А.М. Ляпунова.

### **Тема 4. Развитие вычислительной математики.**

Основные задачи вычислительной математики. Решение алгебраических и трансцендентных уравнений. Решение задач линейной алгебры. Интерполирование. Численное дифференцирование и интегрирование. Равномерные и среднеквадратичные приближения функций. Численное интегрирование обыкновенных дифференциальных уравнений.

### **Тема 5. Выдающиеся ученые.**

Выдающиеся советские математики А.Н. Колмогоров, А.Н. Тихонов, А.А. Самарский. Вклад советских и российских ученых в теорию и практику математического моделирования. Атомная энергетика и космические полеты. Модели Солнечной системы. Модели механики сплошной среды. Простейшие модели в биологии. Математические модели в экономике.

### **Тема 6. Доэлектронная история вычислительной техники.**

Вычислительные машины Чарльза Бэббиджа (программное управление). Ада Лавлейс - первый программист. Алгебра Буля и ее реализация в виде электрических схем. Табулятор Холлерита, счетно-перфорационные машины. Электромеханические и релейные вычислительные машины. Разработчик К. Цузе, проект MARK-1 Айкена. Аналоговые вычислительные машины.

### **Тема 7. Первые компьютеры.**

Первые компьютеры ENIAC и EDSAC. Роль первых ученых - разработчиков компьютеров - Атанасова, Эккерта и Моучли. Архитектура компьютеров, предложенная Дж. фон Нейманом. Отечественные электронные вычислительные машины МЭСМ, М-1. Краткие биографии С.А. Лебедева, И.С. Брука, Б.Р. Рамеева. Институт точной механики и вычислительной техники.

### **Тема 8. Развитие элементной базы, архитектуры и структуры компьютеров.**

Поколения ЭВМ. Семейство машин IBM 360/370, машины Атлас фирмы ICL, машины фирм Burroughs, CDC, DEC. Отечественные ЭВМ серий Стрела, БЭСМ, М-20, Урал, Минск. ЭВМ Сетунь. ЭВМ БЭСМ-6. Семейства ЕС ЭВМ, СМ ЭВМ и Электроника. Отечественные ученые - разработчики ЭВМ - Ю.Я. Базилевский, В.А. Мельников, В.С. Бурцев, Б.И. Рамеев, В.В. Пржиялковский, Н.П. Брусенцов, М.А. Карцев, Б.Н. Наумов.

### **Тема 9. Специализированные компьютеры.**

Специализированные вычислительные комплексы систем противоздушной и противоракетной обороны, системы контроля космического пространства. Корабельные системы Курс, авиационные бортовые системы Аргон, ракетные бортовые системы. Отечественная элементная база. Уникальные разработки отечественных ученых.

### **Тема 10. Развитие параллелизма в работе устройств компьютера, многопроцессорные и многомашинные вычислительные системы.**

Суперкомпьютеры. ILLIAC IV. Векторно-конвейерные ЭВМ Cray-1 и другие ЭВМ Сеймура Крея. Многопроцессорные ЭВМ классов SMP, MPP, NUMA. Вычислительные кластеры. СуперЭВМ в списке TOP-500. Отечественные многопроцессорные вычислительные комплексы Эльбрус-2 (Бурцев В.С.), ПС-2000 и ПС-3000 (Прангишвили И.В.), МВС-100, МВС-1000 и МВС-1000М (В.К. Левин).

### **Тема 11. Персональные компьютеры и рабочие станции.**

Первые микропроцессоры и первые персональные компьютеры. Роль фирм Apple, IBM, Intel, HP и других в развитии современной вычислительной техники. Архитектура и система команд микропроцессоров. Основные узлы первых и современных персональных компьютеров. Единое адресное пространство. Периферийное оборудование.

### **Тема 12. Компьютерные сети.**

Начальный период развития компьютерных сетей. Сети пакетной коммутации. От сети ARPAnet до глобального Интернета. Локальные вычислительные сети. Сетевое оборудование. Сетевые протоколы и специализированные языки программирования. Сетевые услуги (удаленный доступ, передача файлов, электронная почта).

### **Тема 13. Основные области применения компьютеров и вычислительных систем.**

История математического моделирования и вычислительного эксперимента (Самарский А.А.). Роль применения отечественных компьютеров в атомной и космической программах СССР. История автоматизированных систем управления промышленными предприятиями (Глушков В.М.). История систем массового обслуживания населения (Сирена, Экспресс).

#### **Тема 14. Этапы развития программного обеспечения.**

Развитие теории программирования. Библиотеки стандартных программ, ассемблеры и языки ассемблеров (50-е годы XX века). Языки и системы программирования (60-е годы). Операционные системы (60-70-е годы). Системы управления базами данных и пакеты прикладных программ (70-80-е годы). Ведущие мировые ученые.

#### **Тема 15. Ведущие отечественные ученые и организаторы программного обеспечения.**

А.А. Ляпунов, М.Р. Шура-Бура, С.С. Лавров, А.П. Ершов, Е.Л. Ющенко, Л.Н. Королев, В.В. Липаев, И.В. Поттосин, Э.З. Любимский, В.П. Иванников, Г.Г. Рябов, Б.А. Бабаян. Вклад отечественных и зарубежных ученых и инженеров в развитие теории и практики программирования. Европейская и американская школы программирования.

#### **Тема 16. Языки и системы программирования.**

Первые языки программирования для электронных вычислительных машин - Фортран, Ангол-60, Кобол. Языки программирования Ada, Pascal, PL/1. Основные принципы работы компиляторов и интерпретаторов. История развития объектно-ориентированного программирования - его достоинства и недостатки. Simula и Smalltalk. Языки C и Java.

#### **Тема 17. Операционные системы.**

Основные принципы организации операционных систем. Системы Автооператор. Мультипрограммные (пакетные) ОС. Операционные системы с разделением времени, ОС реального времени, сетевые ОС. Диалоговые системы. Операционные системы для ЭВМ БЭСМ-6, ОС ЕС ЭВМ. История языка программирования C и операционной системы UNIX.

#### **Тема 18. Системы управления базами данных и знаний, пакеты прикладных программ.**

Системы управления базами данных - история и современное состояние. Модели данных СУБД. Реляционные и объектно-ориентированные системы управления базами данных. Специализированные языки программирования. Системы, основанные на знаниях (искусственный интеллект). Графические пакеты. Машинный перевод. Программная инженерия. Защита информации.

### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

Учебно-методические материалы по дисциплине - [www.abcrpn.ru](http://www.abcrpn.ru)

### **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;

- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

### 7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

### 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Википедия - <http://ru.wikipedia.org>

Интернет-портал образовательных ресурсов по ИТ - <http://www.intuit.ru>

Интернет-портал ресурсов по математическим наукам - <http://www.math.ru/>

Интернет-портал со статьями по алгоритмике и программированию - <http://algotlist.manual.ru/>

Интернет-ресурс по истории компьютеров - <http://www.computer-museum.ru>

Команда MS Teams - ссылка появится в начале 5 семестра

### 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	<p>Рекомендуется аккуратно вести конспект лекций, выделяя главные положения теории, и обращать особое внимание на примеры. Не следует пытаться записать абсолютно все, детали можно найти в рекомендованной литературе. Если лекция пропущена по уважительной причине, то желательно как можно быстрее попросить посмотреть (и переписать) конспект у товарища по группе. Если были предложены задачи для самостоятельного решения, то их желательно все разобрать. Перед следующей лекцией неплохо повторить материал предыдущей темы.</p> <p>Часть лекций может проводиться дистанционно в среде MS Teams (см. ссылку на команду в разделе 8)</p>

Вид работ	Методические рекомендации
самостоятельная работа	Изучение данного курса предусматривает систематическую самостоятельную работу студентов над теоретическим материалом, текстами рекомендованных учебников и учебных пособий; развитие навыков самоконтроля, способствующих интенсификации учебного процесса. Студентам следует стремиться к активизации знаний на занятиях по другим естественно-научным дисциплинам, связанным с данным курсом. Основной целью самостоятельных занятий по данному курсу является углубленное изучение основных принципов построения приближенных схем, которые используются при аппроксимации граничных задач для дифференциальных уравнений и интегральных уравнений. При подготовке к каждому занятию необходимо обратиться к учебному пособию. Необходимо также изучить литературу и интернет-источники по данной теме, чтобы уточнить определения, формулировки основных результатов, найти аналоги решаемым задачам и выполняемым упражнениям. При работе с примерами необходимо стремиться не только к узнаванию алгоритма решения каждой конкретной задачи, но и к пониманию цели его употребления в данном контексте, функциональной нагрузки, которой данный пример обладает. Самостоятельная работа по изучению курса предполагает внеаудиторную работу. Этапы выполнения самостоятельных работ: 1. Просмотр учебного пособия и рекомендуемой литературы по теме задания. 2. Составление резюме прочитанной главы соответствующего раздела рекомендуемого теоретического источника или учебника. 3. Выполнение заданий по теме и их комментирование.
зачет	При подготовке к зачету обучающемуся рекомендуется составить план процесса подготовки, включающей изучение, повторение, систематизацию, логическую обработку материала, анализ полученной информацией с выявлением возможных следствий и неявных свойств объектов, составлением списка возможных дополнительных вопросов и заданий, подготовку к выполнению практических задач по темам дисциплины.

**10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

**11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Компьютерный класс.

**12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;

- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;

- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;

- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;



- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 01.03.04 "Прикладная математика" и профилю подготовки "Прикладная математика".

### Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 01.03.04 - Прикладная математика

Профиль подготовки: Прикладная математика

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

#### Основная литература:

1. Математическое моделирование и исследование устойчивости биологических сообществ : учебное пособие / А. Ю. Александров, А. В. Платонов, В. Н. Старков, Н. А. Степенко. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2017. - 272 с. - ISBN 978-5-8114-2022-3. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/91912> (дата обращения: 13.01.2021). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Алпатов, Ю. Н. Математическое моделирование производственных процессов : учебное пособие / Ю. Н. Алпатов. - 2-е изд., испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2018. - 136 с. - ISBN 978-5-8114-3052-9. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/107271> (дата обращения: 13.01.2021). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Кобелев, Н. Б. Имитационное моделирование: учебное пособие / Н.Б. Кобелев, В.А. Половников, В.В. Девятков; Под общ. ред. д-ра экон. наук Н.Б. Кобелева. - Москва: КУРС: НИЦ Инфра-М, 2013. - 368 с. ISBN 978-5-905554-17-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/361397> (дата обращения: 13.01.2021). - Режим доступа: по подписке.

#### Дополнительная литература:

1. Высоцкий, Л. И. Математическое и физическое моделирование потенциальных течений жидкости : учебное пособие / Л. И. Высоцкий, Г. Р. Коперник, И. С. Высоцкий. - 2-е изд., испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2014. - 64 с. - ISBN 978-5-8114-1554-0. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/44842> (дата обращения: 13.01.2021). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Голубева, Н. В. Математическое моделирование систем и процессов : учебное пособие / Н. В. Голубева. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2016. - 192 с. - ISBN 978-5-8114-1424-6. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/76825> (дата обращения: 13.01.2021). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Зельдович, Я. Б. Элементы прикладной математики : учебное пособие / Я. Б. Зельдович, А. Д. Мышкис. - 5-е изд. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 592 с. - ISBN 978-5-9221-0775-4. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/59456> (дата обращения: 13.01.2021). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Арнольд, В. И. 'Жесткие' и 'мягкие' математические модели : брошюра / В. И. Арнольд. - 4-е, изд. - Москва : МЦНМО, 2013. - 32 с. - ISBN 978-5-4439-2008-5. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/56387> (дата обращения: 13.01.2021). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 01.03.04 - Прикладная математика

Профиль подготовки: Прикладная математика

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.