

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Е.А. Турилова

17 февраля 2023 г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Математическое моделирование на основе специализированных пакетов программ

Направление подготовки: 01.04.04 - Прикладная математика

Профиль подготовки: Методы математического моделирования

Квалификация выпускника: магистр

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): доцент, д.н. (профессор) Задворнов О.А. (кафедра прикладной математики и искусственного интеллекта, отделение прикладной математики и информатики), Oleg.Zadvornov@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-2	Способен разрабатывать и развивать математические методы моделирования объектов, процессов и систем в области профессиональной деятельности
ПК-3	Способен применять знания и методы дисциплин естественно-научного и математического цикла при проведении научных исследований, в том числе математического и компьютерного моделирования и высокопроизводительных вычислений
ПК-4	Разработка, отладка, рефакторинг программного кода, баз данных, информационных ресурсов; проектирование и интеграция программного обеспечения, управление проектами в области ИТ

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

Знать основы математического моделирования, численных методов решения задач; математический аппарат, предназначенный для обработки результатов эмпирического исследования.

Знать приемы, методы, способы формализации объектов, процессов, явлений и реализацию их на компьютере; достоинства и недостатки различных способов представления моделей систем.

Знать виды моделей процессов и систем и их классификацию; принципы моделирования;

Знать языки программирования, библиотеки и пакеты программ.

Знать основы дисциплин естественнонаучного и математического цикла, методы и принципы математического, компьютерного моделирования и высокопроизводительных вычислений, средства и методы получения новых научных знаний, способы и методы анализа и обобщения полученных научных данных.

Знать методы и приемы разработки и отладки программного кода; технологии программирования, синтаксис выбранного языка программирования, особенности программирования на этом языке, стандартные библиотеки языка программирования.

Знать теоретические основы и базовые способы проверки работоспособности и рефакторинга программного кода.

Знать методы и средства разработки программного обеспечения, проектирования программных интерфейсов, проектирования баз данных.

Знать основы системного администрирования и конфигурационного управления.

Должен уметь:

Уметь использовать математический аппарат для обработки результатов эмпирического исследования; использовать численные методы для решения задач предметной области.

Уметь применять методы и технологии математического моделирования информационных и имитационных моделей; точно и грамотно строить математические модели и совершенствовать их.

Уметь разрабатывать необходимое программное обеспечение.

Уметь применять знания естественно-научного и математического цикла при проведении научных исследований, проводить математическое, компьютерное моделирование и высокопроизводительные вычисления с использованием специализированного ПО, получать и обрабатывать информацию из различных источников, вести самостоятельно или в составе группы научный поиск.

Уметь применять выбранные языки программирования для написания программного кода, использовать выбранную среду программирования, выявлять ошибки в программном коде; применять методы и приемы отладки программного кода.

Уметь составлять план сценария проверки работоспособности программного обеспечения.

Уметь применять основные методы и средства проектирования программного обеспечения, структур данных, баз данных, программных интерфейсов.

Должен владеть:

Владеть математическим аппаратом для обработки результатов эмпирического исследования; численными методами решения задач предметной области.

Владеть методами и технологией математического моделирования информационных и имитационных моделей; навыками разработки, развития и совершенствования математических моделей.

Владеть навыками разработки необходимого программного обеспечения.

Владеть опытом применения знаний естественно-научного и математического цикла, опытом математического, компьютерного моделирования и проведения высокопроизводительных вычислений с использованием специализированного ПО, опытом анализа и обобщения научной информации, опытом научного поиска и проведения научных исследований.

Владеть опытом разработки программного кода, навыками анализа и проверки исходного программного кода, опытом использования языков. Имеет практический опыт проведения проверки работоспособности программного обеспечения стандартного вида.

Имеет практический опыт разработки процедур сборки модулей и компонент программного обеспечения, интеграции программных модулей, написанных на одном и том же языке программирования, опыт проектирования некоторых составляющих программного обеспечения.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.06 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.04.04 "Прикладная математика (Методы математического моделирования)" и относится к части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 1 курсе в 1, 2 семестрах.

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 8 зачетных(ые) единиц(ы) на 288 часа(ов).

Контактная работа - 68 часа(ов), в том числе лекции - 0 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 68 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 220 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 1 семестре; зачет во 2 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-тельная ра-бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи-ческие занятия, всего	Практи-ческие в эл. форме	Лабораторные работы, всего	Лабораторные в эл. форме	
1.	Тема 1. Методы решения уравнений в частных производных. Пакеты программ для решения ОДУ.	1	0	0	0	0	8	0	36
2.	Тема 2. Численные методы решения уравнений в частных производных.	1	0	0	0	0	8	0	36
3.	Тема 3. Методы составления разностных схем.	1	0	0	0	0	9	0	38
4.	Тема 4. Пакеты программ для уравнения переноса.	1	0	0	0	0	9	0	36
5.	Тема 5. Пакеты программ для квазилинейных уравнений	2	0	0	0	0	6	0	14
6.	Тема 6. Пакеты программ для параболических уравнений.	2	0	0	0	0	6	0	14

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	
7.	Тема 7. Пакеты программ для эллиптических уравнений	2	0	0	0	0	8	0	14
8.	Тема 8. Пакеты программ с использованием итерационных методов	2	0	0	0	0	7	0	16
9.	Тема 9. Пакеты программ для волнового уравнения.	2	0	0	0	0	7	0	16
	Итого		0	0	0	0	68	0	220

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Методы решения уравнений в частных производных. Пакеты программ для решения ОДУ.

В физике, химии, биологии, социологии потребность в частных производных в уравнениях возникает при попытке описать динамику большого числа более или менее одинаковых дискретных объектов, входящих в некоторую системную целостность. Если количество таких дискретных объектов мало, то можно обойтись системой дифференциальных уравнений, в которой каждый дискретный объект описывается своей подсистемой обыкновенных дифференциальных уравнений. Точные методы решения. Автомодельные решения. Численные методы. Знакомство с пакетами программ для решения ОДУ. Пакет программ для аналитического решения уравнения теплопроводности, представленного в виде конечного отрезка бесконечного ряда. Программа изображения бегущей волны квазилинейного уравнения теплопроводности.

Тема 2. Численные методы решения уравнений в частных производных.

Нелинейные уравнения в частных производных с коэффициентами достаточно общего вида, а также уравнения в областях достаточно общей формы обычно не удается решить аналитическим или автомодельным методами. Основным методом их решения являются численные методы, среди которых наиболее часто используемым является разностный метод. Пакет программ для решения уравнения теплопроводности с разрывным коэффициентом теплопроводности.

Тема 3. Методы составления разностных схем.

Различают три метода построения разностных схем на заданном шаблоне: - метод разностной аппроксимации; - интегро-интерполяционный метод; - метод неопределенных коэффициентов.

Аппроксимация разностных схем. Устойчивость разностных схем. Достаточный признак равномерной устойчивости. В теории разностных схем рассматривается несколько способов исследования устойчивости: - принцип максимума; - метод разделения переменных; - метод операторных неравенств и др. Сходимость разностных схем. Пакеты программ для рассмотрения примера неустойчивой разностной схемы для задачи Коши.

Тема 4. Пакеты программ для уравнения переноса.

Разностные схемы решения смешанной задачи Коши. Четыре шаблона схемы бегущего счета. Погрешность аппроксимации. Устойчивость. Геометрическая интерпретация устойчивости. Пакет программ для численного решения уравнения переноса. Явно-неявная схема. Пакет программ для сравнения явно-неявной схемы для решения уравнения переноса с безусловно устойчивой схемой. Схема без шаблона. Пакет программ для тестирования схемы без шаблона для численного решения уравнения переноса.

Тема 5. Пакеты программ для квазилинейных уравнений

При решении линейного уравнения переноса разрывы в решениях появляются в связи с разрывами либо в начальных, либо в граничных условиях. В квазилинейных уравнениях даже при наличии гладкости в начальных и граничных условиях решения могут стать разрывными. Четыре типа начальных данных. Пакеты программ для сравнения разностных схем для уравнения с псевдовязкостью на примере динамики образования ударной волны. Консервативные схемы. Пакеты программ для сравнения разностных консервативных схем на примере динамики образования ударной волны.

Тема 6. Пакеты программ для параболических уравнений.

Шеститочечный шаблон разностной схемы. Аппроксимации. Чисто неявная схема. Симметричная схема. Устойчивость по начальным данным исследуется методом разделения переменных. Пакеты программ для тестирования критерия устойчивости для наилучшей схемы численного решения уравнения теплопроводности. Квазилинейные уравнения. Пакеты программ для решения квазилинейного уравнения теплопроводности с источником с помощью разностной схемы. Многомерное уравнение. Экономичные схемы. Пакеты программ для решения двумерного уравнения теплопроводности с источником специального вида с помощью продольно-поперечной разностной схемы. Локально-одномерный метод. Пакеты программ для расчета двумерного уравнения теплопроводности по локально-одномерной разностной схеме.

Тема 7. Пакеты программ для эллиптических уравнений

Эллиптические уравнения как стационарные решения эволюционных задач. Пакеты программ для решения двумерного уравнения теплопроводности с помощью продольно- поперечной схемы. Выбор оптимального шага по времени. Пакеты программ для построения трехмерного профиля множителя роста гармоник при переходе со слоя на слой в продольно-поперечной схеме для двумерной задачи Дирихле в прямоугольнике. Пакеты программ для численного определения величины оптимального шага по времени в процессе решения двумерного уравнения теплопроводности с помощью продольно-поперечной схемы. Чебышевский набор шагов. Пакеты программ для оценки качества сходимости в схеме на установление при специальном выборе последовательности шагов Чебышева. Прямые методы решения. Быстрое преобразование Фурье. Пакеты программ для задачи Дирихле на прямоугольнике методом быстрого преобразования Фурье.

Тема 8. Пакеты программ с использованием итерационных методов

Пакеты программ с использованием итерационных методов. Итерационный метод Якоби. Пакеты программ для численного решения двумерного эллиптического уравнения итерационным методом Якоби. Попеременно-треугольная схема решения задачи Дирихле. Пакеты программ численного решения задачи Дирихле попеременно-треугольным способом.

Тема 9. Пакеты программ для волнового уравнения.

Схема "крест". Пакеты программ для решения волнового уравнения с помощью схемы "крест". Неявная схема. Пакеты программ для решения волнового уравнения с помощью неявной схемы. Наилучшая консервативная схема. Пакеты программ для решения волнового уравнения с помощью наилучшей консервативной схемы. Двухслойная акустическая схема. Пакеты программ для численного решения задачи акустики с помощью разностной схемы. Многомерные схемы. Пакеты программ для решения двумерного волнового уравнения с помощью явной схемы "крест". Факторизованные схемы. Аппроксимация. Устойчивость. Безусловная сходимость. Пакеты программ для решения двумерного волнового уравнения с помощью факторизованной схемы.

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

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)

MATLAB Documentation - <https://www.mathworks.com/help/matlab/>

Портал математических интернет-ресурсов - <http://www.math.ru/>

Портал математических интернет-ресурсов - <http://www.allmath.com/>

Портал ресурсов по естественно-научным дисциплинам - <http://en.edu.ru/>

Сайт образовательных ресурсов по математике - <http://www.exponenta.ru/>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лабораторные работы	Изучение курса подразумевает не только овладение теоретическим материалом, но и получение практических навыков для более глубокого понимания разделов дисциплины при выполнении лабораторной работы. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.
самостоятельная работа	Самостоятельная работа обучающихся включает теоретическую подготовку обучающихся по темам изучаемой дисциплины, изучение основной и дополнительной учебной литературы и знакомство со специализированными программными продуктами. Самостоятельная работа с литературой формирует способность анализировать теоретические и практические проблемы, умение использовать естественно-научные сведения на практике в различных видах профессиональной и социальной деятельности. Самостоятельная работа помогает овладению культурой мышления, способностью в письменной и устной речи логически последовательно формулировать и оформлять результаты работы, обеспечивает формирование системного подхода к анализу научной информации, восприятию инноваций, формирует способность к самосовершенствованию и самореализации.
зачет	При подготовке к сдаче зачета весь объем работы рекомендуется распределять равномерно по дням, отведенным для подготовки к зачету, контролировать каждый день выполнения работы. Лучше, если можно перевыполнить план. Тогда всегда будет резерв времени. Кроме материала занятий рекомендуется использовать материалы из списка рекомендованной литературы

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 01.04.04 "Прикладная математика" и магистерской программе "Методы математического моделирования".

*Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.06 Математическое моделирование на основе
специализированных пакетов программ*

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 01.04.04 - Прикладная математика

Профиль подготовки: Методы математического моделирования

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

Основная литература:

1. Бахвалов, Н. С. Численные методы : учебник / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. - 9-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 636 с. - ISBN 978-5-00101-836-0. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/126099> (дата обращения: 16.12.2021). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Плохотников, К.Э. Методы разработки математических моделей и вычислительный эксперимент на базе пакета Matlab : курс лекций / К.Э. Плохотников. - М. : СОЛОН-Пр., 2017. - 628 с. - (Библиотека студента). - ISBN 978-5-91359-211-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1015051> (дата обращения: 16.12.2021). - Режим доступа: по подписке.
3. Чикуров, Н. Г. Моделирование систем и процессов: Учебное пособие / Н.Г. Чикуров. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2019. - 398 с.:-(Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-369-01167-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1010810> (дата обращения: 16.12.2021). - Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература:

1. Численные методы в уравнениях математической физики : учебное пособие / М. Г. Персова, Соловейчик Ю.Г., Д. В. Вагин [и др.]. - Новосибирск : НГТУ, 2016. - 60 с. - ISBN 978-5-7782-2971-6. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/118324> (дата обращения: 16.12.2021). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Темам, Р. Математическое моделирование в механике сплошных сред : учебное пособие / Р. Темам, А. Миранвиль ; перевод с английского И. О. Арушаняна. - 4-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2021. - 323 с. - ISBN 978-5-93208-542-4. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/166739> (дата обращения: 16.12.2021). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Волков, Е. А. Численные методы : учебное пособие для вузов / Е. А. Волков. - 6-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 252 с. - ISBN 978-5-8114-7899-6. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/167179> (дата обращения: 16.12.2021). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

*Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.06 Математическое моделирование на основе
специализированных пакетов программ*

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

Направление подготовки: 01.04.04 - Прикладная математика

Профиль подготовки: Методы математического моделирования

Квалификация выпускника: магистр

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.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.