

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой

Базовая кафедра
вычислительных и
информационных технологий
(ВиИТ_ФМиИ)

наименование кафедры

подпись, инициалы, фамилия

«___» _____ 20__ г.

институт, реализующий ОП ВО

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Базовая кафедра вычислительных
и информационных технологий
(ВиИТ_ФМиИ)

наименование кафедры

д.ф.-м.н., профессор Шайдуров
В.В.

подпись, инициалы, фамилия

«___» _____ 20__ г.

институт, реализующий дисциплину

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ

Дисциплина Б1.В.05 Математическое моделирование

Направление подготовки /
специальность 02.03.01 Математика и компьютерные науки
Профиль 02.03.01.31 Математическое и
компьютерное моделирование

Направленность
(профиль)

Форма обучения очная

Год набора 2020

Красноярск 2021

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования с учетом профессиональных стандартов по укрупненной группе

020000 «КОМПЬЮТЕРНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ НАУКИ»

Направление подготовки /специальность (профиль/специализация)

Направление 02.03.01 Математика и компьютерные науки Профиль

02.03.01.31 Математическое и компьютерное моделирование

Программу
составили

к.ф.-м.н., Доцент, Кучунова Е.В.

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины

Дисциплина «Математическое моделирование» согласно учебному плану входит в число дисциплин базовой части (Б1.Б) направления 02.03.01 «Математика и компьютерные науки». Дисциплина интегрирует математические знания, полученные студентами в течение первых трех лет обучения. Изучение «Математического моделирования» базируется на материалах предшествующих естественно-научных дисциплин, таких как математический анализ, алгебра и аналитическая геометрия, теоретическая механика, дифференциальные уравнения и уравнения математической физики, функциональный анализ, вычислительная математика и теоретические основы программирования. Содержание дисциплины раскрывает прикладной аспект математических конструкций и понятий, изучаемых в традиционных разделах высшей математики.

Целью преподавания дисциплины является ознакомление студентов с общими методами математического моделирования и некоторыми частными математическими моделями механики, физики, экологии и экономики, а также формирование у них умений и навыков применения изученного материала к построению моделей различных явлений и процессов, к решению практических задач. Изучение дисциплины позволит подготовить специалистов, востребованных в сфере компьютерных информационных технологий.

1.2 Задачи изучения дисциплины

В результате изучения дисциплины студент должен приобрести знания, умения и навыки, необходимые для его профессиональной деятельности в качестве специалиста по применению математических методов исследования окружающей среды.

Специалист должен:

Знать: современные тенденции развития методов математического моделирования; общие подходы к построению математических моделей; основные модели механики жидкости и газа, небесной механики и механики деформируемых сред, модели экосистем и глобальные модели экономики.

Уметь: применять изученный материал к решению новых задач математического моделирования; использовать специальную литературу, справочники, математические энциклопедии.

Владеть: практическими навыками самостоятельной работы при постановке задач математического моделирования и их решении.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

| | |
|--|---|
| ПК-2:Способен использовать современные методы разработки и реализации алгоритмов на базе языков программирования и пакетов прикладных программ моделирования | |
| ПК-2.1:Применяет знания современных методов разработки и реализации алгоритмов математических моделей на базе языков и пакетов прикладных программ моделирования при решении конкретных задач | |
| Уровень 1 | О содержании математического моделирования, роли и мете элементов математического моделирования. |
| Уровень 2 | Об основных принципах построения математических моделей. |
| Уровень 3 | О математическом моделировании как особом способе познания мира и образе мышления. |
| Уровень 1 | Применять современные методы для построения математических моделей. |
| Уровень 2 | Использовать математические модели для конкретных процессов и проводить необходимые расчеты в рамках построенных моделей. |
| Уровень 3 | Применять математические методы и элементы научных исследований в прикладных задачах и оценивать пределы применимости полученных результатов. |
| Уровень 1 | Современными методами построения математических моделей. |
| Уровень 2 | Современными языками программирования. |
| Уровень 3 | Современными прикладными пакетами моделирования для решения конкретных задач. |
| ПК-2.2:Разрабатывает и реализовывает алгоритмы математических моделей на базе языков и пакетов прикладных программ моделирования | |
| Уровень 1 | Основные принципы построения математических моделей. |
| Уровень 2 | Основные принципы построения математических моделей, методы их исследования, обработки и применения на реальных объектах. |
| Уровень 3 | Способы применения на реальных объектах; методы представления полученных результатов. |
| Уровень 1 | Формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской деятельности и требующие углубленных профессиональных знаний. |
| Уровень 2 | Выбирать необходимые методы исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы, исходя из задач конкретного исследования. |
| Уровень 3 | Обрабатывать полученные результаты, анализировать и осмысливать их с учетом имеющихся литературных данных. |
| Уровень 1 | Методами библиографической работы с привлечением современных информационных технологий. |
| Уровень 2 | Методами представления итогов проделанной работы в виде отчетов, рефератов, статей, оформленных в соответствии с имеющимися требованиями, с привлечением современных средств редактирования и печати. |

| | |
|--|--|
| Уровень 3 | Методами построения математических моделей реальных объектов. |
| ПК-3:Способен создавать и исследовать математические модели в естественных науках, промышленности и бизнесе, с учетом возможностей современных информационных технологий, программирования и компьютерной техники | |
| ПК-3.1:Выписывает математические постановки классических моделей, применяемых в естественных науках, промышленности и бизнесе | |
| Уровень 1 | Историю и методологию математики для исследования современных проблем математики и информатики, современное состояние исследуемой проблемы. |
| Уровень 2 | Методы проведения исследований в области математики. |
| Уровень 3 | Методы проведения исследований в области информатике. |
| Уровень 1 | Видеть и понимать путь дальнейшего развития теории и метод её решения. |
| Уровень 2 | Осуществлять поиск в научной литературе результатов, относящихся к рассматриваемой задаче. |
| Уровень 3 | Применять полученные результаты к решению задачи.. |
| Уровень 1 | Фундаментальными знаниями в области математического моделирования. |
| Уровень 2 | Навыками самостоятельной научно-исследовательской деятельности, требующей широкого образования в соответствующем направлении. |
| Уровень 3 | Способностью использовать полученные знания в профессиональной деятельности. |
| ПК-3.2:Исследует и анализирует математические модели, применяемые в естественных науках, промышленности и бизнесе | |
| Уровень 1 | Основные понятия, идеи, методы, связанные с дисциплинами фундаментальной математики и программирования. |
| Уровень 2 | Классические математические модели, необходимые и достаточные условия их реализации. |
| Уровень 3 | Методологию построения математических алгоритмов, основные языки программирования и методы трансляций. |
| Уровень 1 | Систематизировать математические модели, описывать основные этапы построения алгоритмов. |
| Уровень 2 | Самостоятельно осуществлять поиск специальной литературы и выбирать эффективные численные методы согласно поставленным задачам. |
| Уровень 3 | Строить математические алгоритмы и реализовывать их с помощью языков программирования для решения прикладных задач. |
| Уровень 1 | Методологией математического моделирования, навыками сбора и работы с математическими источниками информации, теоретическими основами построения алгоритмов численных методов. |
| Уровень 2 | Навыками систематизации и выбора необходимой информации согласно поставленной задаче, основными методами математического и алгоритмического моделирования. |
| Уровень 3 | Вавыками построения и математической модели с использованием выбранного языка программирования. |
| ПК-3.3:Применяет языки программирования и пакеты прикладных программ для проведения математического моделирования при помощи компьютерной | |

| техники | |
|----------------|---|
| Уровень 1 | Основы программирования. |
| Уровень 2 | Основные методы разработки алгоритмов и программ. |
| Уровень 3 | Структуры данных, используемые для представления типовых информационных объектов. |
| Уровень 1 | Собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимых для формирования выводов по соответствующим научным, и профессиональным проблемам. |
| Уровень 2 | Вести диалог и добиваться успеха в процессе коммуникации. |
| Уровень 3 | Устанавливать и поддерживать конструктивные отношения с коллегами, соотносить личные и групповые интересы, проявлять терпимость к иным взглядам и точкам зрения. |
| Уровень 1 | Приемами, способами и методами применения средств вычислительной техники для проведения опытов и измерений при реализации математических моделей в виде комплексов прикладных программ. |
| Уровень 2 | Коммуникативными навыками, способами установления контактов и поддержания взаимодействия, обеспечивающими успешную работу в коллективе. |
| Уровень 3 | Опытом работы в коллективе (в команде), навыками оценки совместной работы, уточнения дальнейших действий и т.д.). |

1.4 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

При изучении «Математического моделирования» необходимо знать такие темы из алгебры, аналитической геометрии, дискретной математики, как системы линейных уравнений, векторное и евклидово пространства, матрицы и определители, собственные числа и векторы, квадратичные формы, линии и поверхности второго порядка. Из теоретической механики – основные положения статики, кинематики и динамики. Из дифференциальных уравнений – уметь решать линейные и нелинейные дифференциальные уравнения, классифицировать особые точки автономных систем на плоскости. Из уравнений математической физики – знать основные типы дифференциальных уравнений в частных производных. Из математического анализа – исследовать функции на монотонность, выпуклость, непрерывность, дифференцируемость и другие свойства.

Таким образом, для изучения дисциплины "Математическое моделирование" студентам необходимы базовые знания, полученные при изучении следующих дисциплин:

Основы алгебры

Уравнения математической физики

Дифференциальные уравнения

Математический анализ

Теоретическая механика

Дискретная математика
Алгебра
Аналитическая геометрия
Основы анализа

Дисциплина "Математическое моделирование" является базовой для изучения следующих дисциплин:

Высокопроизводительные вычисления
Вычислительная аэрогидродинамика
Вычислительная механика деформируемых сред
История математики
Концепции современного естествознания

Знания полученные при изучении дисциплины "Математическое моделирование" могут быть использованы при написании выпускных квалификационных работ и при подготовке и сдаче государственного экзамена.

1.5 Особенности реализации дисциплины
Язык реализации дисциплины Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется с применением ЭО и ДОТ
<https://e.sfu-kras.ru/course/view.php?id=3083>

2. Объем дисциплины (модуля)

| Вид учебной работы | Всего, зачетных единиц (акад.час) | Семестр |
|--|--|------------------|
| | | 6 |
| Общая трудоемкость дисциплины | 4 (144) | 4 (144) |
| Контактная работа с преподавателем: | 1,89 (68) | 1,89 (68) |
| занятия лекционного типа | 0,94 (34) | 0,94 (34) |
| занятия семинарского типа | | |
| в том числе: семинары | | |
| практические занятия | 0,94 (34) | 0,94 (34) |
| практикумы | | |
| лабораторные работы | | |
| другие виды контактной работы | | |
| в том числе: групповые консультации | | |
| индивидуальные консультации | | |
| иная внеаудиторная контактная работа: | | |
| групповые занятия | | |
| индивидуальные занятия | | |
| Самостоятельная работа обучающихся: | 1,11 (40) | 1,11 (40) |
| изучение теоретического курса (ТО) | | |
| расчетно-графические задания, задачи (РГЗ) | | |
| реферат, эссе (Р) | | |
| курсовое проектирование (КП) | Нет | Нет |
| курсовая работа (КР) | Нет | Нет |
| Промежуточная аттестация (Экзамен) | 1 (36) | 1 (36) |

3 Содержание дисциплины (модуля)

3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

| № п/п | Модули, темы (разделы) дисциплины | Занятия лекционного типа (акад. час) | Занятия семинарского типа | | Самостоятельная работа, (акад. час) | Формируемые компетенции |
|-------|--|--------------------------------------|---|--|-------------------------------------|-------------------------|
| | | | Семинары и/или Практические занятия (акад. час) | Лабораторные работы и/или Практикумы (акад. час) | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | Стационарные модели | 10 | 12 | 0 | 10 | |
| 2 | Нестационарные модели | 8 | 10 | 0 | 10 | |
| 3 | Математические модели экономики и экологии | 8 | 4 | 0 | 10 | |
| 4 | Математические модели механики | 8 | 8 | 0 | 10 | |
| Всего | | 34 | 34 | 0 | 40 | |

3.2 Занятия лекционного типа

| № п/п | № разделы дисциплины | Наименование занятий | Объем в акад. часах | | |
|-------|----------------------|----------------------|---------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| | | | Всего | в том числе, в инновационной форме | в том числе, в электронной форме |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | Основные понятия. Модель, моделирование. Предметные, аналоговые и математические модели. Общая схема метода моделирования сложных систем. Метод математического моделирования. Классификация моделей. Модель "черного ящика". Стационарные и динамические модели. | 2 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | Построение стационарной модели по дискретному набору данных. Связь задачи идентификации параметров стационарной модели типа "черный ящик" с задачей интерполяции и задачей наилучшего приближения функции. | 2 | 0 | 0 |
| 3 | 1 | Системы Чебышева. Определение системы Чебышева. Критерий (эквивалентное определение). Два классических примера чебышевских систем – пространство многочленов и пространство тригонометрических многочленов. | 1 | 0 | 0 |
| 4 | 1 | Линейная интерполяция. Общий вид интерполирующей функции. Практический способ интерполяции. Прямое построение интерполяционного многочлена Лагранжа и тригонометрического интерполяционного многочлена. | 1 | 0 | 0 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 1 | Эрмитовы сплайны. Разделенные разности. Интерполяционный многочлен в форме Ньютона. Интерполяция с кратными узлами. Многочлены Эрмита. Задачи на построение эрмитовых сплайнов. | 1 | 0 | 0 |
| 6 | 1 | Метод наименьших квадратов. Идея метода. Общая постановка задачи наилучшего приближения в гильбертовом пространстве. Неравенство Коши–Буняковского. Матрица Грама. Процесс ортогонализации Шмидта. | 1 | 0 | 0 |
| 7 | 1 | Интерполяционный и сглаживающий сплайны. Прямое построение кубического сплайна Эйлера. Граничные условия. Принцип минимума потенциальной энергии. Определение сглаживающего сплайна. Алгоритм построения. | 1 | 0 | 0 |

| | | | | | |
|----|---|--|---|---|---|
| 8 | 1 | <p>Равномерное приближение. Постановка задачи равномерного приближения. Существование решения. Единственность (теорема Хаара). Теорема Чебышева об альтернансе. Восстановление элемента наилучшего равномерного приближения по заданному альтернансу. Алгоритм построения альтернанса.</p> | 1 | 0 | 0 |
| 9 | 2 | <p>Идентификация параметров нестационарной модели. Общая схема математического моделирования процесса с учетом эффектов памяти на основе дифференциальных и интегральных уравнений. Модель Больцмана–Вольтера.</p> | 1 | 0 | 0 |
| 10 | 2 | <p>Интегральные преобразования. Ортонормированная система тригонометрических функций. Вычисление коэффициентов ряда Фурье. Преобразование Фурье и обратное преобразование. Понятие оконного преобразования. Вейвлет – преобразование. Примеры.</p> | 1 | 0 | 0 |

| | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|
| 11 | 2 | <p>Обобщенные функции медленного роста.</p> <p>Обобщенные производные.</p> <p>Преобразование Фурье обобщенных функций.</p> <p>Вычисление прямого и обратного преобразований для дельта-функции Дирака и ее производной.</p> <p>Преобразование Фурье тригонометрических функций.</p> | 1 | 0 | 0 |
| 12 | 2 | <p>Преобразование Лапласа. Определение и общие свойства преобразования Лапласа. Обратное преобразование (формула Меллина).</p> <p>Способы вычисления обратного преобразования.</p> <p>Понятие свертки двух функций.</p> <p>Преобразование Лапласа от свертки.</p> | 1 | 0 | 0 |
| 13 | 2 | <p>Дискретное преобразование Фурье.</p> <p>Алгоритм быстрого преобразования Фурье.</p> <p>Связь с непрерывным преобразованием.</p> <p>Теорема Котельникова–Шеннона. Условие Найквиста. Примеры.</p> | 1 | 0 | 0 |

| | | | | | |
|----|---|--|---|---|---|
| 14 | 2 | <p>Модели типа Вольтера. Интегральная зависимость выходного сигнала от входного сигнала. Условие периодичности модели. Разностное ядро. Передаточная функция. Коэффициент усиления и фаза. Идентификация параметров модели по результатам испытаний. Случай многоканального входа и выхода.</p> | 1 | 0 | 0 |
| 15 | 2 | <p>Дифференциальные модели. Общий вид модели, описываемой системой линейных обыкновенных дифференциальных уравнений. Применение преобразования Лапласа. Собственные и присоединенные векторы. Фундаментальная система решений. Метод вариации постоянного вектора. Примеры моделей.</p> | 1 | 0 | 0 |

| | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|
| 16 | 2 | <p>Классификация особых точек. Система автономных уравнений на плоскости. Связь особых точек системы со стационарными решениями. Случай различных действительных собственных чисел: устойчивый и неустойчивый узлы, седло. Случай кратного собственного числа: дикритический узел, неустойчивый и устойчивый вырожденные узлы. Случай комплексно-сопряженных собственных чисел: неустойчивый и устойчивый фокусы, центр. Метод Монте–Карло. Вычисление интегралов. Вероятностное представление решения уравнения Лапласа.</p> | 1 | 0 | 0 |
| 17 | 3 | <p>Модель ценообразования. Понятие экономико-математического моделирования. Функция потребления. Функция производства. Точка Вальраса. Применение принципа сжимающих отображений.</p> | 1 | 0 | 0 |

| | | | | | |
|----|---|--|---|---|---|
| 18 | 3 | Балансовая модель Леонтьева. Формулировка балансовых уравнений. Матрица технологических коэффициентов. Некоторые общие свойства матриц с положительными коэффициентами. Продуктивные матрицы. | 1 | 0 | 0 |
| 19 | 3 | Динамическая модель Леонтьева. Дифференциальные уравнения динамической модели. Общие свойства решений. Понятие устойчивости. | 1 | 0 | 0 |
| 20 | 3 | Оптимизационные модели экономики. Классическая и многокритериальная задачи оптимизации. Понятие Парето–оптимального решения. | 1 | 0 | 0 |
| 21 | 3 | Экономические приложения теории игр. Игровые методы планирования товарного ассортимента. Построение матрицы выигрышей. Метод Брауна–Робинсона. | 1 | 0 | 0 |
| 22 | 3 | Модели экономического роста. Модель фон-Неймана. Модель Гейла. Модели экосистем. Закон Мальтуса. Простейшие уравнения воспроизводства. Модель “хищник–жертва”. Устойчивость стационарного решения. | 1 | 0 | 0 |

| | | | | | |
|----|---|--|---|---|---|
| 23 | 3 | Клеточные автоматы. Вероятности переходов. Моделирование динамики популяций. Модели химической кинетики. Простейшие уравнения и модели. Реакция Белоусова–Жаботинского. Некоторые свойства решений. | 1 | 0 | 0 |
| 24 | 3 | Моделирование распространения нервного импульса. Модель Ходжкина–Хаксли. | 1 | 0 | 0 |
| 25 | 4 | Небесная механика. Законы Кеплера. Закон всемирного тяготения Ньютона. Уравнения движения планет Солнечной системы. Приливы. Теория упругости. Тензоры напряжений и деформаций. Инварианты тензоров. Уравнения движения. Закон Гука. Система уравнений Ламе. | 1 | 0 | 0 |
| 26 | 4 | Формулы Колосова–Мухелишвили. Антиплоская деформация. Плоская статическая задача теории упругости. Точные решения задач с трещинами. Коэффициенты интенсивности напряжений. | 1 | 0 | 0 |

| | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|
| 27 | 4 | Упругие волны. Продольные и поперечные волны. Поверхностные волны Рэлея. Волны Лява. Вариационные принципы теории упругости. Вариационные принципы Лагранжа и Кастильяно. Метод конечных элементов. | 1 | 0 | 0 |
| 28 | 4 | Теория пластичности. Понятие необратимой деформации. Деформации-онная теория пластичности и теория упругопластического течения. | 1 | 0 | 0 |
| 29 | 4 | Теория ползучести. Диаграммы ползучести и релаксации напряжений. Наследственные модели вязкоупругих и вязкопластических сред. Теория течения. Теория упрочнения. | 1 | 0 | 0 |
| 30 | 4 | Гидродинамика идеальной жидкости. Система уравнений Эйлера. Безвихревое течение. Задача обтекания. Метод годографа. Уравнения Навье–Стокса. Система уравнений вязкой жидкости и вязкого газа. Простейшие точные решения (течение Куэтта, течение Пуазейля). | 1 | 0 | 0 |

| | | | | | |
|-------|---|---|----|---|---|
| 31 | 4 | Компьютерные системы. Системы MSC NASTRAN, ANSYS, COSMOS. Основные этапы работы: задание геометрии, задание свойств материалов, задание внешних нагрузок и ограничений, выполнение расчета. | 1 | 0 | 0 |
| 32 | 4 | Механика хрупкого разрушения. Силовой и энергетический критерии разрушения. | 1 | 0 | 0 |
| Всего | | | 24 | 0 | 0 |

3.3 Занятия семинарского типа

| № п/п | № раздела дисциплины | Наименование занятий | Объем в акад. часах | | |
|-------|----------------------|--|---------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| | | | Всего | в том числе, в инновационной форме | в том числе, в электронной форме |
| 1 | 1 | Решение задач по темам: системы Чебышева; построение интерполяционных моделей с помощью тригонометрических многочленов, многочленов Лагранжа, Ньютона и Эрмита; преобразование линейных операторов векторных моделей | 12 | 0 | 0 |
| 2 | 2 | Вычисление преобразования Фурье основных и обобщенных функций; вычисление преобразования Лапласа; исследование типа особых точек динамических моделей | 10 | 0 | 0 |
| 3 | 3 | Математическое моделирование в экономике | 4 | 0 | 0 |
| 4 | 4 | Метод годографа; построение определяющих уравнений наследственной теории упругости | 8 | 0 | 0 |
| Всего | | | 34 | 0 | 0 |

3.4 Лабораторные занятия

| № п/п | № раздела дисциплины | Наименование занятий | Объем в акад. часах | | |
|-------|----------------------|----------------------|---------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| | | | Всего | в том числе, в инновационной форме | в том числе, в электронной форме |
| | | | | | |

5 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

6 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

| 6.1. Основная литература | | | |
|--------------------------|--|---|--|
| | Авторы, составители | Заглавие | Издательство, год |
| Л1.1 | Седов Л. И. | Механика сплошной среды: Т. 2: [в 2 томах] | Москва: Наука, 1994 |
| Л1.2 | Дулов В. Г., Белолипецкий В. М., Цибаров В. А., Шайдуров В. В. | Математическое моделирование в глобальных проблемах естествознания: монография | Новосибирск: Сибирское отделение РАН, 2005 |
| Л1.3 | Марчук Г. И. | Методы вычислительной математики: учебное пособие | Москва: Лань, 2009 |
| Л1.4 | Самарский А. А., Михайлов А. П. | Математическое моделирование: идеи, методы, примеры: монография | Москва: Физматлит, 2002 |
| Л1.5 | Седов Л. И. | Механика сплошной среды: Т. 1: [в 2 томах] | Москва: Наука, 1994 |
| Л1.6 | Бахвалов Н. С., Лапин А. В., Чижонков Е. В. | Численные методы в задачах и упражнениях: Рекомендовано УМО по классическому университетскому образованию в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям высшего профессионального образования 010101 "Математика" и 010901 "Механика" | Москва: БИНОМ, 2015 |
| Л1.7 | Гаврилова Л. В., Компаниец Л. А., Распопов В. Е. | Математическое моделирование водных экосистем: учебное пособие | Красноярск: СФУ, 2016 |
| Л1.8 | Алексеев В.М., Тихомиров В.М., Фомин С.В. | Оптимальное управление: учебник.; рекомендовано УМО по классическому университетскому образованию | М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007 |

| 6.2. Дополнительная литература | | | |
|--------------------------------|---|--|---|
| | Авторы, составители | Заглавие | Издательство, год |
| Л2.1 | Годунов С. К. | Элементы механики сплошной среды: [науч. изд.] | Москва: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1978 |
| Л2.2 | Арнольд В.И. | Обыкновенные дифференциальные уравнения: Учеб. пособие | Москва: Наука, 1971 |
| Л2.3 | Владимиров В.С., Жаринов В.В. | Уравнения математической физики: учебник | Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2000 |
| Л2.4 | Боресков А. В., Харламов А. А., Марковский Н. Д., Микушин Д. Н., Мортиков Е. В., Мальцев А. А., Сахарных Н. А., Фролов В. А. | Параллельные вычисления на GPU. Архитектура и программная модель CUDA: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по напр. 010400 "Прикладная математика и информатика", 010300 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" | Москва: Изд-во Московского университета, 2012 |
| Л2.5 | Белолипецкий В.М., Шокин Ю.И. | Математическое моделирование в задачах охраны окружающей среды: курс лекций | Новосибирск: ИНФОЛИО- пресс, 1997 |
| Л2.6 | Мышкис А. Д. | Элементы теории математических моделей | М.: Наука. Физматлит, 1994 |
| Л2.7 | Самарский А.А., Михайлов А.П. | Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры | М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001 |
| Л2.8 | Темам Р. | Математическое моделирование в механике сплошных сред | Москва: Лаборатория знаний"" (ранее ""БИНОМ. Лаборатория знаний", 2017 |
| 6.3. Методические разработки | | | |
| | Авторы, составители | Заглавие | Издательство, год |
| Л3.1 | Лапко В. А. | Компьютерное моделирование систем и статистический анализ данных: методические указания по лабораторным работам | Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006 |
| Л3.2 | Бойко Е.А., Дидичин Д.Г., Шишмарев П.В. | Математическое моделирование теплоэнергетических задач на ЭВМ: методические указания | Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2002 |

| | | | |
|------|-------------------|--|--|
| ЛЗ.3 | Стрельникова Е.А. | Имитационное моделирование в Matlab и GPSS Word: методические указания по дисциплине "Имитационное моделирование экономических процессов" для студентов специальности 080801.65 "Прикладная информатика в экономике" | Красноярск: КГТУ, 2005 |
| ЛЗ.4 | Углев В.А. | Имитационное моделирование экономических процессов: методические указания | Красноярск: Сиб. федер. ун-т; ХТИ - филиал СФУ, 2008 |

7 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

| | | |
|----|--|---|
| Э1 | Динамические модели в биологии | www.dmb.biophys.msu.ru/models |
| Э2 | Введение в математическое моделирование (интернет университет Intuit.ru) | https://www.intuit.ru/studies/courses/2260/156/info |

8 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Теоретическая подготовка студентов предполагает, наряду с чтением лекций, использование учебников и учебных пособий по приведенному списку литературы.

Самостоятельное изучение теоретического материала подразумевает:

- более глубокую проработку лекционного материала;
- выполнением расчетных заданий.

Лекции по математическому моделированию дополняются практическими занятиями, на которых студенты учатся решать задачи и применять лекционный материал. В целом каждое практическое занятие соответствует определенной лекции. Практические занятия по математическому моделированию проводятся с целью освоения теоретического материала и создания навыков решения задач по соответствующим разделам. Каждое практическое занятие заключается в решении комплекта задач по определенной теме, с теоретическим обоснованием (определения, теоремы). Для подготовки к занятиям студенты должны повторить пройденный теоретический материал, желательно иметь при себе конспект лекций.

Самостоятельная работа студентов по дисциплине «Математика» включает: самостоятельное изучение теоретического материала, выполнение расчетных заданий, подготовку к контрольным работам. Расчетные задания выдаются преподавателем с указанием учебно-методической литературы либо в виде раздаточного материала по

вариантам.

Типовые расчеты выполняются студентами в отдельной тетради и передаются для проверки преподавателю. Оценка выставляется в 100-балльной шкале в соответствии с долей выполненных заданий и допущенными ошибками. Проверенная работа возвращается студенту для исправления и доработки, по окончании которой оценка может быть скорректирована. Расчетно-графические задания предусматривают использование студентами численных методов и стандартного программного обеспечения (MS Excel, MathCad и др). РГЗ оформляются, как правило, в виде распечатки из использованной программы. Допускается самостоятельное программирование, расчеты, построение графиков от руки.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации в зависимости от нозологии:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа

Формой промежуточного контроля по дисциплине является экзамен. Экзамен проводится в устной форме. Студенту предлагается билет, состоящий из двух теоретических вопросов. В фонде оценочных средств приведен список вопросов и примеры экзаменационных билетов. При недостаточно полном ответе студенту могут быть заданы дополнительные вопросы.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий;

- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач,

владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения;

- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала;

- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями отвечает на связанные вопросы.

9 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)

9.1 Перечень необходимого программного обеспечения

| | |
|-------|--|
| 9.1.1 | Методика проведения занятий допускает использование технических средств (проекторы, интерактивные доски), обеспеченных соответствующим программным обеспечением, предлагается применение вычислительной техники и стандартных пакетов прикладных программ (MS Office, MathCad, MathLab и др.). |
|-------|--|

9.2 Перечень необходимых информационных справочных систем

| | |
|-------|-------------------|
| 9.2.1 | Не предусмотрено. |
|-------|-------------------|

10 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Для проведения занятий используется проектно-лекционная аудитория, оборудованная демонстрационным комплексом, обеспечивающим тематические иллюстрации и презентации, а также персональными компьютерами с необходимым программным обеспечением и подключением к сети «Интернет».

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.