

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

\_\_\_\_\_ Турилова Е.А.

"\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## **Программа дисциплины**

Математические модели механики и физики

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: 2025

## 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. 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-2	Способен к проведению научно-исследовательских разработок по отдельным разделам темы

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 алгоритмы оценки качества и параметров моделей; методологию разработки и направления развития математических методов моделирования.

Знать методы обработки, анализа и обобщения отечественного и международного опыта в соответствующей области исследований, методы обобщения и обработки научно-технической информации, методы анализа научных данных, методы и средства планирования и организации исследований и разработок, методы проведения экспериментов и наблюдений.

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 программное обеспечение, предназначенное для выполнения анализа данных и оценки адекватности полученных моделей.

Уметь проводить научные эксперименты, применять методы анализа, обработки и обобщения научных данных, научно-технической информации, составлять отчеты по теме или по результатам проведенных экспериментов, оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, решать задачи аналитического характера, предполагающие выбор и многообразие актуальных способов решения.

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 анализа данных и оценки адекватности полученных моделей. Владеть навыками программирования в компьютерных системах моделирования.

Владеть опытом сбора, обработки, анализа и обобщения передового отечественного и международного опыта, результатов экспериментов и исследований в соответствующей области знаний, опытом проведения наблюдений и измерений, составления их описаний и формулировки выводов, опытом проведения научных экспериментов, опытом решения задач аналитического характера. Владеть опытом составления отчетов по теме или по результатам проведенных экспериментов, опытом внедрения результатов исследований и разработок

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

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.02.01 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.04.04 "Прикладная математика (Методы математического моделирования)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 2 курсе в 3 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 3 зачетных(ые) единиц(ы) на 108 часа(ов).

Контактная работа - 34 часа(ов), в том числе лекции - 34 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 38 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 3 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. Начала тензорного анализа.	3	4	0	0	0	0	0	4
2.	Тема 2. Кинематика сплошной среды.	3	4	0	0	0	0	0	4
3.	Тема 3. Динамика сплошной среды.	3	4	0	0	0	0	0	4
4.	Тема 4. Определяющие уравнения сплошной среды.	3	4	0	0	0	0	0	4
5.	Тема 5. Гидромеханика.	3	4	0	0	0	0	0	4
6.	Тема 6. Теория упругости.	3	4	0	0	0	0	0	4
7.	Тема 7. Вариационные принципы линейной теории упругости.	3	4	0	0	0	0	0	4
8.	Тема 8. Элементарная теория изгиба стержней.	3	2	0	0	0	0	0	6
9.	Тема 9. Задачи об изгибе пластин.	3	4	0	0	0	0	0	4
	Итого		34	0	0	0	0	0	38

#### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

##### Тема 1. Начала тензорного анализа.

Вводятся понятия вещественного линейного пространства, конечномерного евклидова пространства, различные типы базисов евклидова пространства. Понятие тензора (линейного оператора). Описываются различные классы тензоров: симметричные, кососимметричные, ортогональные. Изучаются их свойства. Вводятся понятия векторных и тензорных функций скалярного и векторного аргумента. Даются основные формулы дифференцирования таких функций. Выводятся формулы координатного представления дифференциальных операций.

##### Тема 2. Кинематика сплошной среды.

Определяются система отсчета, отсчетная и актуальная конфигурация тела, деформация тела. Вводятся основные характеристики деформации: градиент деформации, меры деформации, тензор деформации, тензор бесконечно малых деформаций. Описывается физический смысл компонент соответствующих матриц в различных системах координат. Вводится понятие тензора скоростей деформации. Указываются способы его вычисления. Устанавливается связь между отсчетным и пространственным описанием движения тела. Выводится интегральное уравнение баланса массы.

##### Тема 3. Динамика сплошной среды.

Вводятся основные аксиомы динамики в рамках механики сплошной среды. Доказывается теорема Коши о существовании и симметрии тензора напряжений в каждой точке актуальной конфигурации тела. Доказываются теоремы о представлении законов движения в механике сплошной среды в виде дифференциальных уравнений. Доказывается основная теорема о полной энергии тела в рамках механики сплошной среды.

#### **Тема 4. Определяющие уравнения сплошной среды.**

Формулируются основные аксиомы теории определяющих соотношений в механике сплошной среды: аксиома локальности для определяющих соотношений первого порядка и аксиома инвариантности по отношению к выбору системы отсчета. Доказывается теорема о допустимом виде определяющих соотношений. Дается классификация тел (сплошных сред). Даются описания определяющих соотношений для вязкоупругих, упругих тел, вязких жидкостей, идеальных жидкостей.

#### **Тема 5. Гидромеханика.**

Уравнения движения вязкой жидкости (системы Навье - Стокса). Анализ физического смысла коэффициентов пространственного оператора системы Навье - Стокса (коэффициентов вязкости). Условия неразрывности потока и их физический смысл. Примеры простейших задач теории вязких жидкостей допускающих точное решение. Уравнения пограничного слоя (вывод и элементарный анализ). Система уравнений газовой динамики для невязкого газа. Поверхности сильного и слабого разрыва. Условия на скачке.

#### **Тема 6. Теория упругости.**

Упругое тело, изотропное упругое тело. Изотропное упругое тело в рамках теории бесконечно малых деформаций. Коэффициенты Ламе и их физический смысл. Способы экспериментального определения коэффициентов Ламе. Вывод уравнений динамики упругого тела в рамках теории бесконечно малых деформации (уравнений линейной теории упругости). Постановка основных граничных и начальных условий. Доказательство теоремы о кинетической энергии линейно упругого тела. Общее описание метода разделения переменных для динамической системы линейной теории упругости. Понятие об упругих волнах. Продольная и поперечная скорости звука в упругой изотропной среде.

#### **Тема 7. Вариационные принципы линейной теории упругости.**

Принцип возможных перемещений для стационарных задач линейной теории упругости. Понятие о поле кинематически возможных перемещений. Теоремы единственности решения стационарных задач линейной теории упругости. Понятие о статически неопределимых задачах линейной теории упругости. Вариационные принципы Лагранжа и Кастильяно в линейной теории упругости. Задачи Ламе о равновесии полого шара и полого цилиндра. Принцип Сен-Венана в теории упругости и его применение к постановке задачи о кручении упругого стержня.

#### **Тема 8. Элементарная теория изгиба стержней.**

Описание модели Кирхгофа напряжено-деформированного состояния упругого стержня при слабом изгибе. Понятие об упругой оси стержня. Вывод обыкновенных дифференциальных уравнений четвертого порядка элементарной теории изгиба упругого стержня (основных уравнений теории сопротивления материалов). Описание физического смысла коэффициентов уравнения. Постановка основных граничных условий. Построение и анализ решений соответствующих краевых задач.

#### **Тема 9. Задачи об изгибе пластин.**

Описание напряженно деформированного состояния тонкой упругой пластины в рамках гипотез Кирхгофа - Лява. Понятие о срединной поверхности пластины. Принцип возможных перемещений для тонкой упругой пластины в рамках применимости гипотез Кирхгофа - Лява. Понятие об изгибающих моментах. Вывод дифференциальных уравнений в частных производных, описывающих малые прогибы упругой пластины. Уравнение Софи Жермен. Постановка кинематических и динамических граничных условий. Элементарные решения теории изгиба пластин и их механическая интерпретация.

### **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)

Учебное пособие - [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2181](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2181)

Учебное пособие - <https://e.lanbook.com/book/176673>

Учебное пособие - <https://e.lanbook.com/book/9283>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Теоретический материал излагается на лекциях. Причем конспект лекций, который остается у студента в результате прослушивания лекции не может заменить учебник. Его цель - формулировка основных утверждений и определений. Прослушав лекцию, полезно ознакомиться с более подробным изложением материала в учебнике. Список литературы разделен на две категории: необходимый для сдачи экзамена минимум и дополнительная литература.



Вид работ	Методические рекомендации
самостоятельная работа	<p>Основной целью самостоятельных занятий по данному курсу является развитие навыков построения математических моделей типичных физических процессов, исследование их свойств, построение и исследование аналитических решений. При подготовке к каждому занятию необходимо обратиться к курсу лекций по данному вопросу и учебным пособиям, чтобы уточнить определения, формулировки основных результатов, найти аналоги решаемым задачам и выполняемым упражнениям. При работе с примерами необходимо стремиться не только к узнаванию способа решения каждой конкретной задачи, но и к пониманию цели его употребления в данном контексте, функциональной нагрузки, которой данный пример обладает.</p> <p>Изучение данного курса предусматривает систематическую самостоятельную работу студентов над лекционным материалом, текстами рекомендованных учебников и учебных пособий; развитие навыков самоконтроля, способствующих интенсификации учебного процесса. Изучение лекционного материала по конспекту лекций должно сопровождаться изучением рекомендуемой литературы, основной и дополнительной. Основной целью организации самостоятельной работы студентов является систематизация и активизация знаний, полученных ими на лекциях и в процессе подготовки к самостоятельным занятиям. Студентам следует стремиться к активизации знаний на занятиях по другим естественнонаучным дисциплинам, связанным с данным курсом.</p> <p>Самостоятельная работа по изучению курса предполагает внеаудиторную работу, которая включает выполнение ряд самостоятельных работ.</p> <p>Этапы выполнения самостоятельных работ:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Просмотр записей лекционного курса и рекомендуемой литературы по теме задания.</li> <li>2. Составление резюме прочитанной главы соответствующего раздела рекомендуемого теоретического источника или учебника.</li> <li>3. Выполнение заданий по теме и их комментирование.</li> </ol> <p>При решении задач рекомендованы сборники, в которых каждый раздел или ответы к разделу предваряются подробными решениями. Приступая к решению задач, рекомендуем внимательно изучить методы их решения.</p>
экзамен	<p>При подготовке к сдаче экзамена весь объем работы рекомендуется распределять равномерно по дням, отведенным для подготовки к экзамену, контролировать каждый день выполнения работы. Лучше, если можно перевыполнить план. Тогда всегда будет резерв времени. Кроме материала лекций рекомендуется использовать материалы из списка рекомендованной литературы.</p>

#### **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.

#### **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.ДВ.02.01 Математические модели механики и физики*

**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: 2025

**Основная литература:**

1. Учайкин, В. В. Механика. Основы механики сплошных сред : учебник / В. В. Учайкин. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 860 с. - ISBN 978-5-8114-2235-7. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/209819> (дата обращения: 10.02.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Темам, Р. Математическое моделирование в механике сплошных сред : учебное пособие / Р. Темам, А. Миранвиль ; пер с англ. 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: 10.02.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Чикуров, Н. Г. Моделирование систем и процессов : учебное пособие / Н. Г. Чикуров. - Москва : РИОР : ИНФРА-М, 2022. - 398 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-369-01167-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1225064> (дата обращения: 10.02.2025). - Режим доступа: по подписке.

**Дополнительная литература:**

1. Карчевский М. М. Математические модели механики сплошной среды: учебное пособие /М.М. Карчевский, Р.Р. Шагидуллин. - Казань: Казанский государственный университет им. В.И. Ульянова-Ленина, 2007. - 212 с. - Текст : электронный. - URL: <https://2007.Matematicheskie.modeli.MSS.pdf> (kpfu.ru) (дата обращения: 10.02.2025). - Режим доступа: открытый.
2. Барашков, В. А. Методы математической физики : учебное пособие / В. А. Барашков. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2012. - 152 с. - ISBN 978-5-7638-2497-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/492290> (дата обращения: 10.02.2025). - Режим доступа: по подписке.
3. Даутов, Р.З., Карчевский, М.М. Введение в теорию метода конечных элементов: учебное пособие. - Казань: Казанский университет, 2012. - 240 с. - Текст : электронный. - URL: [http://kpfu.ru/publication?p\\_id=47325](http://kpfu.ru/publication?p_id=47325) (дата обращения: 10.02.2025). - Режим доступа: открытый.

*Приложение 3*  
*к рабочей программе дисциплины (модуля)*  
*Б1.В.ДВ.02.01 Математические модели механики и физики*

**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: 2025

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.