

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет математики и компьютерных наук

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,  
качеству образования, первый  
проректор

Т.А. Хагуров

подпись

«31» мая 2024 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Б1.В.01 Математическое моделирование в механике**

Специальность: 01.05.01 Фундаментальные математика и механика

Специализация: Фундаментальная математика и её приложения;  
Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг

Форма обучения: очная

Квалификация: Математик. Механик. Преподаватель.

Краснодар 2024

Рабочая программа дисциплины Б1.В.01 Математическое моделирование в механике составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 01.05.01 Фундаментальные математика и механика

Программу составил:

Голуб М. В., зав. кафедрой, доктор физ.-мат. наук



Рабочая программа дисциплины Б1.В.01 Математическое моделирование в механике утверждена на заседании кафедры теории функций протокол №12 от 07.05.2024 г.

Заведующий кафедрой (разработчик) Голуб М. В.



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета математики и компьютерных наук протокол №3 «14» мая 2024 г.

Председатель УМК факультета/института Шмалько С. П.



Рецензенты:

Фоменко Сергей Иванович, канд. физ. - мат. наук,  
старший научный сотрудник лаборатории волновых процессов

Анопко Михаил Викторович,  
Генеральный директор ООО «УК АЙСТРИМ»

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля).

### 1.1 Цель освоения дисциплины.

Целями освоения дисциплины «Математическое моделирование в механике» являются: подготовка в области применения современной вычислительной техники для решения практических задач математического и компьютерного моделирования, информатики; получение высшего (на уровне специалиста) образования, позволяющего выпускнику успешно работать в избранной сфере деятельности с применением современных компьютерных технологий.

### 1.2 Задачи дисциплины.

Обучение основным методам, необходимым для анализа и решения задач механики и математической физики, а также развитие навыков математического моделирования в естественных науках.

### 1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Математическое моделирование в механике» относится к вариативной части математического и естественнонаучного цикла дисциплин и имеет логическую и содержательно – методическую взаимосвязь с дисциплинами основной образовательной программы.

Материал курса предназначен для использования в дисциплинах, связанных с решением задач механики и математической физики, в первую очередь, относящихся к механике сплошных сред, акустике и теории упругости.

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

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

| Код и наименование индикатора достижения компетенции  | Результаты обучения по дисциплине   |
|---|---|
| <b>ПК-1 – Способен формулировать и решать актуальные и значимые задачи фундаментальной и прикладной математики</b>  |   |
| ИПК-2.3. Владеет навыками математической обработки результатов экспериментальных исследований составленных математических моделей                                 | Знает фундаментальные математические основы современных методов анализа сигналов и изображений; основные приемы обработки результатов экспериментальных исследований на основе спектрального и вейвлет-анализа.   |
|   | Умеет выбирать методы обработки цифровых сигналов и изображений для решения задач в области профессиональной деятельности; применять знания современного математического аппарата для решения математических и прикладных задач, связанных с обработкой сигналов различной природы. |
|   | Владеет навыками реализации алгоритмов анализа сигналов и их оценки с точки зрения адекватности их применения к решению прикладной задачи обработки результатов экспериментальных исследований.   |
| ИПК-1.2 – Умеет передавать результаты проведенных теоретических и прикладных исследований в виде конкретных предметных рекомендаций в терминах предметной области | Знает методологию решения прикладных задач математическими методами   |
|   | Умеет представлять в математической форме свойства и отношения, представленные в описательной форме   |
|   | Владеет навыками интерпретации решений вариационных задач   |
| ИПК-1.3 – Самостоятельно и корректно решает стандартные задачи фундаментальной и прикладной математики  | Знает методы решения классических вариационных задач  |
|   | Умеет применять методы вариационного исчисления к практически возникающим задачам   |
|   | Владеет навыками решения подчинённых задач, возникающих в области вариационного исчисления  |
| ИПК-1.4 – Имеет навыки решения математических задач, соответствующих квалификации,  | Знает о потенциальной эффективности применения математических методов при проведении научных и прикладных исследований  |

| Код и наименование индикатора достижения компетенции   | Результаты обучения по дисциплине   |
|--|---|
| возникающих при проведении научных и прикладных исследований   | Умеет составлять вариационные задачи при проведении научных и прикладных исследований                                     |
|  | Владеет навыками адаптации общих методов вариационного исчисления к особенностям постановок прикладных вариационных задач |
| <b>ПК-2 – Способен активно участвовать в исследовании новых математических моделей в естественных науках</b>                       |   |
| ИПК-2.1 – Умеет использовать математические модели и применять численные методы решения задач в естественных науках                | Знает основные методы математического и компьютерного моделирования для решения задач механики                            |
|  | Умеет разрабатывать математические модели и реализующие их программные комплексы, проводить численный анализ на их основе |
|  | Владеет навыками анализа математических подходов с точки зрения адекватности их применения к конкретной задаче            |
| ИПК-2.2 – Разрабатывает новые математические модели в естественных науках  | Знает основные приёмы составления математических моделей  |
|  | Умеет определять надлежащую степень детализации составляемых математических моделей                                       |
|  | Владеет навыками обеспечения адекватности математических моделей  |
| ИПК-2.3 – Владеет навыками математической обработки результатов экспериментальных исследований составленных математических моделей | Знает принципы сопоставления теоретических результатов с фактическими данными   |
|  | Умеет решать обратные задачи для определения значений параметров математических моделей                                   |
|  | Владеет навыками применения компьютерных программ для проведения расчётов, связанных с моделированием                     |

## 2. Структура и содержание дисциплины.

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зач.ед. (108 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице

| Виды работ  | Всего часов | Форма обучения   |                  |                  |               |
|---|-------------|------------------|------------------|------------------|---------------|
|   |             | очная            |                  | очно-заочная     | заочная       |
|   |             | 8 семестр (часы) | – семестр (часы) | – семестр (часы) | – курс (часы) |
| <b>Контактная работа, в том числе:</b>  | <b>50,2</b> | <b>50,2</b>      |                  |                  |               |
| <b>Аудиторные занятия (всего):</b>  | <b>48</b>   | <b>48</b>        |                  |                  |               |
| занятия лекционного типа  | 16          | 16               |                  |                  |               |
| лабораторные занятия  | 32          | 32               |                  |                  |               |
| <b>Иная контактная работа:</b>  | <b>2,2</b>  | <b>2,2</b>       |                  |                  |               |
| Контроль самостоятельной работы (КСР)   | 2           | 2                |                  |                  |               |
| Промежуточная аттестация (ИКР)  | 0,2         | 0,2              |                  |                  |               |
| <b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>   | <b>21,8</b> | <b>21,8</b>      |                  |                  |               |
| <i>Контрольная работа</i>   | -           | -                |                  |                  |               |
| <i>Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т. д.)</i> | 21,8        | 21,8             |                  |                  |               |
| Подготовка к текущему контролю  | –           | –                |                  |                  |               |

|                               |  |             |             |  |  |  |
|-------------------------------|--|-------------|-------------|--|--|--|
| <b>Контроль:</b>              |  | –           | –           |  |  |  |
| Подготовка к экзамену         |  | –           | –           |  |  |  |
| <b>Общая<br/>трудоемкость</b> | <b>час.</b>                                  | <b>72</b>   | <b>72</b>   |  |  |  |
|                               | <b>в том числе<br/>контактная<br/>работа</b> | <b>52,2</b> | <b>52,2</b> |  |  |  |
|                               | <b>зач. ед</b>                               | <b>2</b>    | <b>2</b>    |  |  |  |

## 2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.  
Разделы дисциплины, изучаемые в 8 семестре (очная форма)

| №  | Наименование разделов (тем)  | Количество часов |                   |    |           |                             |
|----|--|------------------|-------------------|----|-----------|-----------------------------|
|    |  | Всего            | Аудиторная работа |    |           | Внеаудиторная работа<br>СРС |
|    |  |                  | Л                 | ПЗ | ЛР        |                             |
| 1. | Основы математического моделирования. Построение простейших математических моделей | 16               | 4                 |    | 6         | 4                           |
| 2. | Построение математических моделей механики деформируемого твердого тела            | 18               | 4                 |    | 8         | 6                           |
| 3. | Исследование математических моделей в механике сплошных сред                       | 20               | 6                 |    | 8         | 6                           |
| 4. | Вычислительный эксперимент и его роль  | 15,8             | 2                 |    | 8         | 5,8                         |
|    | <i>ИТОГО по разделам дисциплины</i>  | <i>71,8</i>      | <i>16</i>         |    | <i>32</i> | <i>21,8</i>                 |
|    | Контроль самостоятельной работы (КСР)  | 2                |                   |    |           |                             |
|    | Промежуточная аттестация (ИКР)   | 0,2              |                   |    |           |                             |
|    | Подготовка к текущему контролю   | –                |                   |    |           |                             |
|    | Общая трудоемкость по дисциплине   | 72               |                   |    |           |                             |

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

## 2.3 Содержание разделов дисциплины:

### 2.3.1 Занятия лекционного типа.

| №  | Наименование раздела   | Содержание раздела  | Форма текущего контроля |
|----|--|---|-------------------------|
| 1  | 2  | 3   | 4                       |
| 1. | Основы математического моделирования. Построение простейших математических моделей | <p>Этапы математического моделирования:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- создание качественной модели;</li> <li>- создание математической модели (постановка математической задачи);</li> <li>- изучение математической модели (математическое обоснование модели, качественное исследование модели, численное исследование модели, создание и реализация программы);</li> <li>- получение результатов и их интерпретация;</li> <li>- использование полученных результатов.</li> </ul> <p>Рассмотрение некоторых конкретных задач и соответствующих математических моделей:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- задача динамики популяций;</li> <li>- задача полёта снаряда;</li> <li>- задачи о колебании струны и мембраны;</li> </ul> | РГЗ                     |

|    |   |   |     |
|----|---|---|-----|
|    |   | - задача о колебании маятников.   |     |
| 2. | Построение математических моделей механики сплошных сред. | Постановки задач механики сплошной среды. Начально-граничные условия. Смешанные граничные условия. Сильная постановка. Вариационная постановка. Слабая постановка. Уравнение Эйлера. Метод Рунге. Метод наименьших квадратов. Дискретизация и редукция. Задачи геофизики и теории упругости. Прямые и обратные задачи теплопроводности. Рассмотрение стационарных, гармонических и нестационарных задач в двумерной постановке. | РГЗ |
| 3. | Исследование математических моделей                       | Корректность математических моделей. Примеры корректных и некорректных задач. Численное и аналитическое решение уравнений в частных производных. Особенности компьютерной реализации методов в одномерном и двумерном случае. Применение полуаналитических методов для решения двумерной задачи механики сплошных сред (колебания упругого изотропного прямоугольного тела под действием внешней приложенной нагрузки).         | РГЗ |
| 4. | Вычислительный эксперимент и его роль                     | Решение СЛАУ, численное интегрирование и дифференцирование, решение модельных задач (гидродинамики, теории упругости, геофизики, акустики).   | РГЗ |

### 2.3.2 Занятия семинарского типа.

Занятия семинарского типа не предусмотрены.

### 2.3.3 Лабораторные занятия.

| №  | Наименование раздела   | Тематика практических занятий (семинаров)  | Форма текущего контроля                  |
|----|--|--|--|
| 1  | 2  | 3  | 4  |
| 1. | Основы математического моделирования. Построение простейших математических моделей | <p>Этапы математического моделирования:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- создание качественной модели;</li> <li>- создание математической модели (постановка математической задачи);</li> <li>- изучение математической модели (математическое обоснование модели, качественное исследование модели, численное исследование модели, создание и реализация программы);</li> <li>- получение результатов и их интерпретация;</li> <li>- использование полученных результатов.</li> </ul> <p>Рассмотрение некоторых конкретных задач и соответствующих математических моделей:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- задача динамики популяций;</li> <li>- задача полёта снаряда;</li> <li>- задачи о колебании струны и мембраны;</li> <li>- задача о колебании маятников.</li> </ul> | проверка домашнего практического задания |

|    |   |   |  |
|----|---|---|--|
| 2. | Построение математических моделей механики сплошных сред. | Постановки задач механики сплошной среды. Начально-граничные условия. Смешанные граничные условия. Сильная постановка. Вариационная постановка. Слабая постановка. Уравнение Эйлера. Метод Рунге. Метод наименьших квадратов. Дискретизация и редукция. Задачи геофизики и теории упругости. Прямые и обратные задачи теплопроводности. Рассмотрение стационарных, гармонических и нестационарных задач в двумерной постановке. | проверка домашнего практического задания |
| 3. | Исследование математических моделей                       | Корректность математических моделей. Примеры корректных и некорректных задач. Численное и аналитическое решение уравнений в частных производных. Особенности компьютерной реализации методов в одномерном и двумерном случае. Применение полуаналитических методов для решения двумерной задачи механики сплошных сред (колебания упругого изотропного прямоугольного тела под действием внешней приложенной нагрузки).         | проверка домашнего практического задания |
| 4. | Вычислительный эксперимент и его роль                     | Решение СЛАУ, численное интегрирование и дифференцирование, решение модельных задач (гидродинамики, теории упругости, геофизики, акустики).   | проверка домашнего практического задания |

### 2.3.3 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы не предусмотрены учебным планом.

### 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

| № | Вид СРС   | Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы  |
|---|---|--|
| 1 | Проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий | Онлайн-лекции курса «Численные методы решения уравнений в частных производных». – Московский физико-технический институт. – URL: <a href="https://intuit.ru/studies/courses/1181/374/lecture/8795">https://intuit.ru/studies/courses/1181/374/lecture/8795</a>   |
| 2 | Подготовка к лабораторным занятиям  | Методические указания по выполнению лабораторных работ, утвержденные на заседании кафедры теории функций факультета математики и компьютерных наук ФГБОУ ВО «КубГУ», протокол №7 от 18.04.2019 г.  |
| 3 | Подготовка к коллоквиуму  | Методические указания по выполнению лабораторных работ, утвержденные на заседании Совета экономического факультета ФГБОУ ВО «КубГУ», протокол №8 от 29.06.2017 г. Режим доступа: <a href="https://www.kubsu.ru/ru/econ/metodicheskie-ukazaniya">https://www.kubsu.ru/ru/econ/metodicheskie-ukazaniya</a> |
| 4 | Выполнение расчетно-графических заданий и контрольных работ                           | Методические указания по выполнению расчетно-графических заданий, утвержденные на заседании Совета экономического факультета ФГБОУ ВО «КубГУ», протокол №8 от 29.06.2017 г. Режим доступа: <a href="http://docspace.kubsu.ru/docspace/handle/1/1125">http://docspace.kubsu.ru/docspace/handle/1/1125</a> |

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

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

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,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### **3. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины (модуля)**

В ходе изучения дисциплины предусмотрено использование следующих образовательных технологий: лекции, практические занятия, подготовка письменных аналитических работ, самостоятельная работа студентов.

Компетентностный подход в рамках преподавания дисциплины реализуется в использовании интерактивных технологий и активных методов (проектных методик, разбора конкретных ситуаций) в сочетании с внеаудиторной работой.

Информационные технологии, применяемые при изучении дисциплины: использование информационных ресурсов, доступных в информационно-телекоммуникационной сети Интернет.

Адаптивные образовательные технологии, применяемые при изучении дисциплины – для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

### **4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации**

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «*Математические основы метода конечных элементов*».

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме *тестовых заданий, разноуровневых заданий, отчетов по индивидуальным и расчетно-графическим заданиям* и **промежуточной аттестации** в форме вопросов и заданий к зачету.

#### **Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации**

| № п/п | Код и наименование индикатора (в соответствии с п. 1.4) | Результаты обучения (в соответствии с п. 1.4) | Наименование оценочного средства |                          |
|-------|---|---|----------------------------------|--------------------------|
|       |   |   | Текущий контроль                 | Промежуточная аттестация |



|   |   |   |            |                              |
|---|---|---|------------|------------------------------|
| 1 | ИПК-2.3. Владеет навыками математической обработки результатов экспериментальных исследований составленных математических моделей                                 | Знает теоретические знания о понятиях и задачах, связанных с аппроксимацией функциональных пространств Соболева.  | <i>РГЗ</i> | <i>Вопрос на зачете 1-5</i>  |
| 2 | ИПК-1.4. Имеет навыки решения математических задач, соответствующих квалификации, возникающих при проведении научных и прикладных исследований                    | Умеет определять слабые решения краевых задач математической физики для эллиптических уравнений второго порядка; строить схемы МКЭ произвольного порядка точности для основных краевых задач для эллиптических уравнений второго порядка. | <i>РГЗ</i> | <i>Вопрос на зачете 1-19</i> |
| 3 | ИПК-1.4. Имеет навыки решения математических задач, соответствующих квалификации, возникающих при проведении научных и прикладных исследований                    | Владеет навыками самостоятельного анализа и решения теоретических и практических задач, связанных с численным решением краевых задач математической физики методом конечных элементов.  | <i>РГЗ</i> | <i>Вопрос на зачете 1-19</i> |
| 4 | ИПК-1.2 – Умеет передавать результаты проведенных теоретических и прикладных исследований в виде конкретных предметных рекомендаций в терминах предметной области | Знает основные методы математического и компьютерного моделирования для решения задач механики.   | <i>РГЗ</i> | <i>Вопрос на зачете 1-19</i> |
| 5 | ИПК-2.1 – Умеет использовать математические модели и применять численные методы решения задач в естественных науках   | Умеет разрабатывать математические модели и реализующие их программные комплексы, проводить численный анализ на их основе.  | <i>РГЗ</i> | <i>Вопрос на зачете 1-19</i> |
| 6 | ИПК-2.2 – Разрабатывает новые математические модели в естественных науках   | Владеет навыками анализа математических подходов с точки зрения адекватности их применения к конкретной задаче.   | <i>РГЗ</i> | <i>Вопрос на зачете 1-19</i> |

|   |  |   |     |                       |
|---|--|---|-----|-----------------------|
| 7 | ИПК-2.3 – Владеет навыками математической обработки результатов экспериментальных исследований составленных математических моделей | Умеет решать обратные задачи для определения значений параметров математических моделей | РГЗ | Вопрос на зачете 1–19 |
|---|--|---|-----|-----------------------|

#### 4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

##### 4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля.

###### Примерный перечень заданий и контрольных вопросов

1. Написать процедуру для определения нулей полиномов Лобатто порядка  $N=3,4,6$ .
2. Написать процедуру вычисления значений полиномов Лобатто порядка  $N=3,4,6$ .
3. Написать процедуру для расчёта значений любого многочлена Гаусса-Лежандра-Лобатто порядка  $N=4,5,7$ .
4. Написать процедуру вычисления значений полиномов Чебышева произвольного порядка.
5. Написать процедуру вычисления значений Гаусса-Чебышева-Лобатто для произвольного порядка.
6. Написать процедуру разложения произвольной аналитической функции  $f(x)$  на отрезке  $[a,b]$  по полиномам Гаусса-Чебышева-Лобатто до порядка  $N$  включительно.
7. Написать процедуру вычисления интегралов на основе квадратурных формул, использующих нули полиномов Чебышева.
8. Написать процедуру вычисления интегралов на основе квадратурных формул, использующих точки Гаусса-Лежандра-Лобатто.
9. Записать вариационную формулировку задачи Дирихле для уравнения Пуассона в слабой постановке.
10. Реализовать МКЭ ВПТ для одномерного уравнения Гельмгольца, используя несколько элементов.
11. Реализовать МКЭ ВПТ для двумерного уравнения Лапласа в квадрате, используя один элемент.
12. Реализовать МКЭ ВПТ для двумерного уравнения Пуассона в квадрате, используя один элемент.
13. Реализовать МКЭ ВПТ для двумерного уравнения Гельмгольца в квадрате, используя один элемент.
14. Реализовать приближённое решение двумерного уравнения Гельмгольца с помощью МКЭ ВПТ, используя несколько элементов, для области, ограниченной линиями, на которых заданы граничные условия:

##### 4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

###### Примерный перечень вопросов к зачету

1. Уравнения движения и граничные условия.
2. Стационарные, гармонические и нестационарные задачи.
3. Вариационная и слабая постановка задач механики.
4. Плоская, антиплоская, трехмерная задача теории упругости.
5. Тензор деформации и тензор скоростей деформации.
6. Тензор напряжений и перемещения в упругом теле.
7. Закон Гука в анизотропной линейно-упругой среде.
8. Математические модели и постановка задач для пьезоэлектрических тел.

9. Законы сохранения и их использование при математическом моделировании.
10. Гармонические колебания стержня и струны.
11. Плоские и объемные упругие волны.
12. Волна Рэлея и Лява.
13. Волна Лэмба.
14. Бегущие волны.
15. Рассеяние ультразвуковых волн на границах раздела сред.
16. Метод Петрова-Галеркина и Бубнова-Галеркина.
17. Уравнение Эйлера. Метод Рунге. Метод наименьших квадратов.
18. Этапы математического моделирования.
19. Применение преобразования Фурье для неограниченных областей.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- 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.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## **5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля).**

### **5.1 Основная литература:**

1. Бахвалов, Н.С. Численные методы в задачах и упражнениях: учеб. пособие / Н.С. Бахвалов, А.В. Лапин, Е.В. Чижонков. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 243 с. — ISBN 978-5-9963-2980-9 - [Электронный ресурс]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/70743> (06.04.2018).

2. Срочко, В.А. Численные методы. Курс лекций: учебник / В.А. Срочко.— М : Издательство "Лань", 2010. — 208 с. — ISBN 978-5-8114-1014-9. — [Электронный ресурс]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/378> (06.04.2018).

3. Зализняк, В. Е. Численные методы. Основы научных вычислений : учебник и практикум для академического бакалавриата / В. Е. Зализняк. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 356 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс). —

ISBN 978-5-534-02714-3. — URL: <https://biblio-online.ru/book/9D9516CB-A065-4497-9062-5D8C77D8E644/chislennye-metody-osnovy-nauchnyh-vychisleniy>

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань».

## **5.2. Дополнительная литература:**

1. Голуб М. В., Фоменко С.И., Шпак А.Н. Метод конечных элементов высокой степени точности, или метод спектральных элементов, в задачах математической физики. — Краснодар: КубГУ, 2015. — 75 с.

## **5.3. Периодические издания:**

1. Журнал "Вычислительная механика сплошных сред" <http://www2.icmm.ru/journal/>

## **6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).**

1. Образовательный математический сайт Exponenta. — URL: [www.old.exponenta.ru](http://www.old.exponenta.ru)

2. Мир математических уравнений. Учебно-образовательная физико-математическая библиотека. Электронная библиотека содержит DjVu- и PDF-файлы учебников, учебных пособий, сборников задач и упражнений, конспектов лекций, монографий, справочников и диссертаций по математике, механике и физике. Все материалы присланы авторами и читателями или взяты из Интернета (из www архивов открытого доступа). Основной фонд библиотеки составляют книги, издававшиеся тридцать и более лет назад. — URL: <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library.htm>

3. Информационные материалы Центра компьютерного моделирования Нижегородского университета. — URL: <http://www.software.unn.ac.ru/ccam>

4. Федеральный портал "Российское образование". Каталог образовательных ресурсов. — URL: [http://www.edu.ru/modules.php?op=modload&name=Web\\_Links&file=index&l\\_op=viewlink&cid=1314](http://www.edu.ru/modules.php?op=modload&name=Web_Links&file=index&l_op=viewlink&cid=1314)

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

В курсе используются следующие методы и формы работы:

- лекции (4 часа в неделю);
- лабораторные занятия в компьютерном классе (4 часа в неделю, выполняются задания на компьютерах и обсуждаются основные вопросы домашних заданий).

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю).**

### **8.1 Перечень информационных технологий.**

- Компьютерное тестирование по итогам изучения разделов дисциплины.
- Проверка домашних заданий.
- Использование электронных презентаций при проведении практических занятий.

## 8.2 Перечень необходимого программного обеспечения.

1. Операционная система MS Windows.
2. Matlab.

## 8.3 Перечень информационных справочных систем:

1. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU (<http://www.elibrary.ru/>)
2. Информационно-аналитические материалы по параллельным вычислениям. — URL: (<http://www.parallel.ru>)

## 9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

| №  | Вид работ              | Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность   |
|----|------------------------|--|
| 1. | Лекционные занятия     | Лекционная аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (Microsoft Office PowerPoint, Matlab, Python).   |
| 2. | Лабораторные занятия   | Лаборатория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения и соответствующим программным обеспечением (Matlab, Python).   |
| 3. | Самостоятельная работа | Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. |