

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Таюрский Д.А.



20\_\_ г.

подписано электронно-цифровой подписью

**Программа дисциплины**  
**Специальные численные методы БЗ.ДВ.4**

Направление подготовки: 010400.62 - Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки: Численные методы

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Даутов Р.З.

**Рецензент(ы):**

Тимербаев М.Р.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Задворнов О. А.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института вычислительной математики и информационных технологий:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 963516

Казань  
2016

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (профессор) Даутов Р.З. кафедра вычислительной математики отделение прикладной математики и информатики ,  
Rafail.Dautov@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Излагаются основные понятия и методы решения неклассических задач в численных методах. Существенно используется материал общих курсов "Дифференциальные уравнения", "Уравнения математической физики", "Численные методы".

Основная цель курса - сообщить материал, необходимый при математическом моделировании неклассических задач, построения и исследования численных методов решения краевых задач для интегро-дифференциальных уравнений.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.ДВ.4 Профессиональный" основной образовательной программы 010400.62 Прикладная математика и информатика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Данная дисциплина относится к общепрофессиональным дисциплинам.

Читается на 4 курсе в 8 семестре для студентов обучающихся по направлению "Прикладная математика и информатика".

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-7 (профессиональные компетенции)	способность собирать, обрабатывать и интерпретировать данные со-временных научных исследований, необходимые для формирования выво-дов по соответствующим научным, профессиональным, социальным и этическим проблемам
ПК-8 (профессиональные компетенции)	способность формировать суждения о значении и последствиях своей профессиональной деятельности с учетом социальных, профессиональных и этических позиций

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

вариационные формулировки основных задач линейной теории упругости и уметь определять слабые решения этих задач; принципы построения и исследования сходимости итерационных методов решения вариационных неравенств.

2. должен уметь:

строить схемы МКЭ произвольного порядка точности для основных краевых задач линейной теории упругости, а также исследовать их точность; ориентироваться в вопросах применения итерационных методов для решения вариационных неравенств.

3. должен владеть:

теоретическими знаниями о понятиях и задачах, связанных с аппроксимацией функциональных пространств Соболева; теоретическими знаниями о способах исследования итерационных методов решения вариационных неравенств.

приобрести навыки самостоятельного анализа и решения теоретических и практических задач, связанных с численным решением краевых задач линейной теории упругости; приобрести навыки самостоятельного анализа и решения теоретических и практических задач, связанных с использованием итерационных методов решения вариационных неравенств.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 8 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Основные понятия линейной теории упругости: напряжения, деформации, закон Гука. Уравнения движения.	8		0	0	4	домашнее задание
2.	Тема 2. Основные задачи теории упругости в перемещениях. Плоские задачи. Уравнения термоупругости. Осесимметричные задачи.	8		0	0	4	домашнее задание
3.	Тема 3. Обобщенная формулировка основных краевых задач. Главные и естественные краевые условия. Операторная формулировка задачи.	8		0	0	4	домашнее задание
4.	Тема 4. Свойства операторов. Неравенство Корна. Корректность задачи.	8		0	0	4	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
5.	Тема 5. Метод конечных элементов для плоских задач 2-го порядка. Схемы метода конечных элементов для областей произвольной формы. Плоские треугольные и четырехугольные конечные элементы первой степени.	8		0	0	4	контрольная работа домашнее задание
6.	Тема 6. Пространство лагранжевых треугольных криволинейных конечных элементов. Точность.	8		0	0	4	домашнее задание
7.	Тема 7. Пространство лагранжевых изопараметрических конечных элементов. Точность.	8		0	0	4	домашнее задание
8.	Тема 8. Автоматизация сборки матрицы масс и жесткости. Свойства этих матриц. Учет краевых условий.	8		0	0	4	контрольная работа домашнее задание
9.	Тема 9. Методы решения разреженных систем алгебраических уравнений. Анализ прямых методов решения систем алгебраических уравнений теории упругости. Метод Холецкого. Роль алгоритмов перенумерации узловых параметров.	8		0	0	4	домашнее задание
10.	Тема 10. Двуслойные итерационные методы. Канонический вид. Алгоритмы реализации. Оптимальные параметры.	8		0	0	4	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	зачет
	Итого			0	0	40	

## 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Основные понятия линейной теории упругости: напряжения, деформации, закон Гука. Уравнения движения.**

**лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Основные понятия о деформировании тел: системы отсчета, исходная и актуальная конфигурация тела, сплошная среда, физические параметры, силы. Понятия о напряжении, деформации и их математическое описание. Закон Гука. Закон Гука для изотропных и однородных тел. Перемещения. Уравнения движения.

**Тема 2. Основные задачи теории упругости в перемещениях. Плоские задачи. Уравнения термоупругости. Осесимметричные задачи.**

**лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Принцип виртуальных перемещений. Пространства возможных перемещений. Принцип Дирихле. Задача на экстремум и минимум функционала энергии. Пространства Соболева. Обобщенная формулировка краевых задач. Главные и естественные краевые условия. Формулировка задачи в виде операторного уравнения в гильбертовом пространстве.

**Тема 3. Обобщенная формулировка основных краевых задач. Главные и естественные краевые условия. Операторная формулировка задачи.**

**лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Принцип виртуальных перемещений. Пространства возможных перемещений. Принцип Дирихле. Задача на экстремум и минимум функционала энергии. Пространства Соболева. Обобщенная формулировка краевых задач. Главные и естественные краевые условия. Формулировка задачи в виде операторного уравнения в гильбертовом пространстве.

**Тема 4. Свойства операторов. Неравенство Корна. Корректность задачи.**

**лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Свойства оператора: симметричность, ограниченность, положительная определенность. Проверка этих свойств для задач деформирования изотропных и однородных тел. Второе неравенство Корна. Доказательство в случае задачи Дирихле. Корректность определения обобщенного решения.

**Тема 5. Метод конечных элементов для плоских задач 2-го порядка. Схемы метода конечных элементов для областей произвольной формы. Плоские треугольные и четырехугольные конечные элементы первой степени.**

**лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Пространство конечных элементов. Примеры. Описание метода конечных элементов для двумерных задач. Определение схемы для областей произвольной формы. Плоские треугольные и четырехугольные конечные элементы первой степени. Определение базиса Лагранжа. Представление функций на отдельном элементе и на области. Примерные вопросы к контрольной работе: Пространство конечных элементов. Примеры. Описание метода конечных элементов для двумерных задач. Определение схемы для областей произвольной формы. Плоские треугольные и четырехугольные конечные элементы первой степени. Определение базиса Лагранжа. Представление функций на отдельном элементе и на области. Система алгебраических уравнений МКЭ. Свойства матрицы. Разрешимость схемы МКЭ. Точность схемы.

**Тема 6. Пространство лагранжевых треугольных криволинейных конечных элементов. Точность.**



### **лабораторная работа (4 часа(ов)):**

О необходимости точности аппроксимации границы области на примере лагранжевых элементов высокого порядка и задачи Дирихле. Формулы отображения криволинейного треугольника на прямолинейный. Определение треугольного криволинейного элемента высокого порядка точности. Пространство криволинейных элементов. Оценка точности аппроксимации.

### **Тема 7. Пространство лагранжевых изопараметрических конечных элементов. Точность. лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Изопараметрические и субпараметрические элементы. Примеры линейных и квадратичных изопараметрических элементов. Условия диффеоморфности отображений. Пространства лагранжевых изопараметрических элементов. Оценка точности аппроксимации.

### **Тема 8. Автоматизация сборки матрицы масс и жесткости. Свойства этих матриц. Учет краевых условий.**

#### **лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Алгоритмические аспекты МКЭ. Об автоматизации решения задач теории упругости. Алгоритмы сборки матрицы масс и жесткости элементов. Свойства этих матриц. Учет краевых условий. Автоматизация сборки матрицы масс и жесткости. Представление и кодировка сеток, связь определения краевых условий с сеткой. Примерные вопросы к контрольной работе: Алгоритмические аспекты МКЭ. Об автоматизации решения задач теории упругости. Алгоритмы сборки матрицы масс и жесткости элементов. Свойства этих матриц. Учет краевых условий. Автоматизация сборки матрицы масс и жесткости. Представление и кодировка сеток, связь определения краевых условий с сеткой.

### **Тема 9. Методы решения разреженных систем алгебраических уравнений. Анализ прямых методов решения систем алгебраических уравнений теории упругости. Метод Холецкого. Роль алгоритмов перенумерации узловых параметров.**

#### **лабораторная работа (4 часа(ов)):**

О методах решения разреженных систем алгебраических уравнений и проблемах в связи с задачами теории упругости. Анализ прямых методов решения систем алгебраических уравнений теории упругости. Заполнение матриц МКЭ. О профильных, ленточных и разреженных методах. Заполнение в ходе LDL разложения. Об алгоритмах перенумерации узловых параметров.

### **Тема 10. Двуслойные итерационные методы. Канонический вид. Алгоритмы реализации. Оптимальные параметры.**

#### **лабораторная работа (4 часа(ов)):**

О решении сверхбольших систем СЛАУ. Роль итерационных методов. Канонический вид двухслойных итерационных методов. Алгоритмы реализации. Оптимальные параметры. Выбор матрицы преобуславливания.

## **4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Основные понятия линейной теории упругости: напряжения, деформации, закон Гука. Уравнения движения.	8		Домашняя работа	3	Домашняя работа

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
2.	Тема 2. Основные задачи теории упругости в перемещениях. Плоские задачи. Уравнения термоупругости. Осесимметричные задачи.	8		Домашняя работа	3	Домашняя работа
3.	Тема 3. Обобщенная формулировка основных краевых задач. Главные и естественные краевые условия. Операторная формулировка задачи.	8		Домашняя работа	3	Домашняя работа
4.	Тема 4. Свойства операторов. Неравенство Корна. Корректность задачи.	8		Домашняя работа	3	Домашняя работа
5.	Тема 5. Метод конечных элементов для плоских задач 2-го порядка. Схемы метода конечных элементов для областей произвольной формы. Плоские треугольные и четырехугольные конечные элементы первой степени.	8		Домашняя работа	1	Домашняя работа
				подготовка к контрольной работе	2	контрольная работа
6.	Тема 6. Пространство лагранжевых треугольных криволинейных конечных элементов. Точность.	8		Домашняя работа	3	Домашняя работа
7.	Тема 7. Пространство лагранжевых изопараметрических конечных элементов. Точность.	8		Домашняя работа	3	Домашняя работа
8.	Тема 8. Автоматизация сборки матрицы масс и жесткости. Свойства этих матриц. Учет краевых условий.	8		Домашняя работа	1	Домашняя работа
				подготовка к контрольной работе	2	контрольная работа



N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
9.	Тема 9. Методы решения разреженных систем алгебраических уравнений. Анализ прямых методов решения систем алгебраических уравнений теории упругости. Метод Холецкого. Роль алгоритмов перенумерации узловых параметров.	8		Домашняя работа	4	Домашняя работа
10.	Тема 10. Двуслойные итерационные методы. Канонический вид. Алгоритмы реализации. Оптимальные параметры.	8		Домашняя работа	4	Домашняя работа
	Итого				32	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Обучение происходит в форме лабораторных занятий, а также самостоятельной работы студентов.

Изучение курса подразумевает получение практических навыков для более глубокого понимания разделов дисциплины на основе решения задач и упражнений, иллюстрирующих доказываемые теоретические положения, а также развитие абстрактного мышления и способности самостоятельно доказывать частные утверждения.

Самостоятельная работа предполагает выполнение домашних работ. Практические задания, выполненные в аудитории, предназначены для указания общих методов решения задач определенного типа. Закрепить навыки можно лишь в результате самостоятельной работы.

Кроме того, самостоятельная работа включает подготовку к зачету. При подготовке к сдаче зачета весь объем работы рекомендуется распределять равномерно по дням, отведенным для подготовки, контролировать каждый день выполнения работы. Лучше, если можно перевыполнить план. Тогда всегда будет резерв времени.

## 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

### Тема 1. Основные понятия линейной теории упругости: напряжения, деформации, закон Гука. Уравнения движения.

Домашняя работа, примерные вопросы:

примерные вопросы: вычислить тензор деформации при одноосном растяжении тела; вычислить тензор напряжения при одноосном растяжении тела; проверить, что для однородных и изотропных тел матрица Гука является а) симметричной; б) положительно-определенной; вычислить тензор деформации при движении тела как твердого целого; вычислить тензор деформации при вращении тела как твердого целого;

## **Тема 2. Основные задачи теории упругости в перемещениях. Плоские задачи. Уравнения термоупругости. Осесимметричные задачи.**

Домашняя работа , примерные вопросы:

примерные вопросы: выявить различие между задачами о плоских напряжениях и плоских деформациях; получить представление тензора деформаций а) в цилиндрической; б) в сферической системе координат; получить вид уравнений термоупругости в осесимметричном случае.

## **Тема 3. Обобщенная формулировка основных краевых задач. Главные и естественные краевые условия. Операторная формулировка задачи.**

Домашняя работа , примерные вопросы:

примерные вопросы: дать определение и указать основные свойства пространств Соболева; дать вывод и формулировку обобщенной задачи в случае, когда вся граница тела закреплена; дать вывод и формулировку обобщенной задачи в случае, когда вся граница тела свободна; Доказать справедливость принципа Дирихле для стационарной задачи.

## **Тема 4. Свойства операторов. Неравенство Корна. Корректность задачи.**

Домашняя работа , примерные вопросы:

примерные вопросы: Доказать, что оператор задачи для однородного и изотропного тела является: а) симметричным; б) ограниченным; с) положительно определенным в случае заземления тела по всей границе. Разобрать и привести доказательство теоремы Лакса-Мильграма.

## **Тема 5. Метод конечных элементов для плоских задач 2-го порядка. Схемы метода конечных элементов для областей произвольной формы. Плоские треугольные и четырехугольные конечные элементы первой степени.**

Домашняя работа , примерные вопросы:

примерные вопросы: Указать основные этапы построения схем метода конечных элементов для плоских задач 2-го порядка. Дать определение и указать базис Лагранжа треугольного лагранжева базисного конечного элемента первой и второй степени.

контрольная работа , примерные вопросы:

контрольная работа-примерные вопросы: дать определение и указать базис Лагранжа треугольного лагранжева базисного конечного элемента а) первой степени; б) второй степени; дать определение и указать базис Лагранжа четырехугольного лагранжева базисного конечного элемента а) первой степени; б) второй степени; указать линейное отображение произвольного треугольного элемента на базисный;

## **Тема 6. Пространство лагранжевых треугольных криволинейных конечных элементов. Точность.**

Домашняя работа , примерные вопросы:

примерные вопросы: Разобрать и привести доказательство леммы Брамбла- Гильберта; Получить отображение треугольника с одной криволинейной стороной на прямолинейный треугольник; Доказать, что при малых размерах треугольника отображение является взаимно-однозначным; Отдельно рассмотреть случай, когда криволинейная сторона совпадает с дугой окружности. Доказать, что конечно-элементная функция на криволинейной стороне является алгебраическим полиномом

## **Тема 7. Пространство лагранжевых изопараметрических конечных элементов. Точность.**

Домашняя работа , примерные вопросы:

примерные вопросы: Получить формулы базисных функций и отображения для а) линейных б) квадратичных изопараметрических элементов. Доказать, что при малых размерах треугольника отображение является а) взаимно-однозначным; б) диффеоморфным;

## **Тема 8. Автоматизация сборки матрицы масс и жесткости. Свойства этих матриц. Учет краевых условий.**

Домашняя работа , примерные вопросы:

примерные вопросы: Получить расчетные формулы для элементов матрицы масс и жесткости в случае линейных треугольных элементов.

контрольная работа , примерные вопросы:

контрольная работа-примерные вопросы: Дать обоснование алгоритма а) сборки матрицы масс; б) матрицы жесткости. Доказать, что матрица жесткости упругой системы при условиях Дирихле является положительно определенной; Доказать, что матрица жесткости при условиях Неймана является неотрицательно определенной;

**Тема 9. Методы решения разреженных систем алгебраических уравнений. Анализ прямых методов решения систем алгебраических уравнений теории упругости. Метод Холецкого. Роль алгоритмов перенумерации узловых параметров.**

Домашняя работа , примерные вопросы:

примерные вопросы: написать программы решения СЛАУ с симметричной матрицей LDL алгоритмом в случае а) профильного и б) ленточного варианта метода. Отладить программу на тестовых задачах. Определить экспериментально зависимость времени выполнения программы от ширины профиля и размера матрицы.

**Тема 10. Двухслойные итерационные методы. Канонический вид. Алгоритмы реализации. Оптимальные параметры.**

Домашняя работа , примерные вопросы:

примерные вопросы: написать программу решения СЛАУ с симметричной матрицей, используя а) метод наискорейшего спуска; б) метод сопряженных градиентов. Отладить программу на тестовых задачах. В качестве предобуславливателя использовать диагональную матрицу.

**Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Для текущего контроля успеваемости предусмотрено проведение зачета.

примерные вопросы к зачету: Понятие о деформируемом твердом теле и силах, вызывающих деформацию. Формулы и физический смысл тензоров деформации и напряжения. Закон Гука. Уравнения движения трехмерного тела. Краевые условия. Плоские задачи. Обобщенная формулировка основных краевых задач. Операторная формулировка стационарной краевой задачи. Неравенство Корна. Корректность задачи. Схемы метода конечных элементов для областей произвольной формы. Плоские треугольные и четырехугольные конечные элементы первой степени. Пространство лагранжевых треугольных криволинейных конечных элементов. Пространство лагранжевых изопараметрических конечных элементов. Сборка системы алгебраических уравнений МКЭ: матрицы масс и вектора сил. Метод Гаусса. Профильный и ленточный вариант LDL разложения симметричной матрицы. Двухслойные итерационные методы. Модифицированный метод наискорейшего спуска.

**7.1. Основная литература:**

- 1 . Даутов Р.З. Введение в теорию метода конечных элементов: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Прикладная математика и информатика" и по направлению "Прикладная математика и информатика" / Р. З. Даутов , М. М. Карчевский. ?Изд. 2-е, испр..?Казань: Казанский университет, 2011.?237 с.: ил.; 21.?Библиогр.: с. 228-229 (25 назв.).?Предм. указ.: с. 234-237.?ISBN 978-5-98180-993-42.
2. Даутов Р.З., Карчевский М.М. Введение в теорию метода конечных элементов: [Учебное пособие]. - Казань: Казанский университет. 2012. - 240 с. (с грифом УМО). [http://kpfu.ru/publication?p\\_id=47325](http://kpfu.ru/publication?p_id=47325)
3. Даутов Р.З. Метод Галеркина с возмущениями для задач на собственные значения. [Учебное пособие]. - Казань, 2010. - 94 с.[http://kpfu.ru/publication?p\\_id=21045](http://kpfu.ru/publication?p_id=21045)
4. Даутов Р.З. Практикум по методам решения задачи Коши для систем ОДУ . Учебно-методическое пособие. - Казань, 2010. - 89 с. [http://kpfu.ru/publication?p\\_id=21046](http://kpfu.ru/publication?p_id=21046)
5. Ф. Г. Авхадиев Численные методы анализа [Учебное пособие]. - Казань: КФУ, 2013 [http://libweb.ksu.ru/ebooks/05\\_039\\_000398.pdf](http://libweb.ksu.ru/ebooks/05_039_000398.pdf)
6. Елизаров А. М. Краевые задачи механики жидкости и газа: Учебное пособие- Казань, Казанский Ун-т, 2013 197 с. [http://libweb.ksu.ru/ebooks/05-IMM/05\\_038\\_000450.pdf](http://libweb.ksu.ru/ebooks/05-IMM/05_038_000450.pdf)

6. Шагидуллин Р. Р. Топологические методы в механике сплошной среды: учебное пособие / Р. Р. Шагидуллин; Казан. гос. ун-т. Казань: Изд-во Казанского государственного университета, 2009. 143 с.

## 7.2. Дополнительная литература:

1. Демидович Б. П. Основы вычислительной математики: учеб. пособие / Б. П. Демидович, И. А. Марон. 7-е изд., стер. СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2009. 672 с. (Учебники для вузов. Специальная литература). ISBN 978-5-8114-0695-1: р. 489.94.
2. Самарский А. А. Введение в численные методы: учеб. пособие для вузов / А. А. Самарский; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. 3-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2005. 288 с.: ил., табл.; 21. (Классический университетский учебник / ред. совет.: пред. В.А. Садовничий и др.). На авантит. л.: 250-летию Моск. ун-та. Предм. указ.: с. 284-286. Библиогр.: с. 281. ISBN 5-8114-0602-9(в пер.), 3000.

## 7.3. Интернет-ресурсы:

Википедия - <http://ru.wikipedia.org>

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

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

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

Справочник по компьютерной математике - <http://www.users.kaluga.ru/math/>

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Специальные численные методы" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. 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.

Лабораторные занятия по дисциплине проводятся в аудитории, оснащенной доской и мелом(маркером).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 010400.62 "Прикладная математика и информатика" и профилю подготовки Численные методы .

Автор(ы):

Даутов Р.З. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Тимербаев М.Р. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.