

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

подпись

« 31 » мая 2019 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)  
Б1.О.12 ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ**

Специальность	01.05.01 Фундаментальная математика и механика
Специализация	Фундаментальная математика и ее приложения
Форма обучения	очная
Квалификация (степень) выпускника	Математик. Механик. Преподаватель

Краснодар 2019

Рабочая программа дисциплины Б1.О.12 Численные методы составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по специальности 01.05.01 Фундаментальные математика и механика

Программу составил:  
Д.Г. Сокол, доцент, канд. физ.-мат. наук



подпись

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры вычислительной математики и информатики протокол № 13 «18» апреля 2019 г.  
Заведующий кафедрой (разработчик) Гайденко С.В.



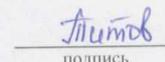
подпись

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры функционального анализа и алгебры протокол № 9 «12» апреля 2019 г.  
Заведующий кафедрой (выпускающей) Барсукова В.Ю.



подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета математики и компьютерных наук протокол № 2 «24» апреля 2019 г.  
Председатель УМК факультета Титов Г.Н.



подпись

Рецензенты:

Профессор кафедры прикладной математики Кубанского государственного университета кандидат физико-математических наук доцент Кармазин В.Н.

Доктор экономических наук, кандидат технических наук, профессор кафедры компьютерных технологий и систем КубГАУ Луценко Е.В.

## **1 Цели и задачи изучения дисциплины.**

### **1.1 Цель дисциплины.**

Изложить основы численных методов решения основных математических задач на ЭВМ, показать приемы и методы построения дискретных моделей основных задач анализа и дифференциальных уравнений.

### **1.2 Задачи дисциплины.**

Основная задача курса – формирование у студента представлений о численных методах решения задач на ЭВМ. Углубление математического образования и развитие практических навыков в области прикладной математики. Студенты должны быть готовы использовать полученные в этой области знания как при изучении смежных дисциплин, так и в профессиональной деятельности.

Воспитательными задачами курса являются: воспитание самостоятельности, ответственности, умения самостоятельно работать с тематической литературой и решать поставленные задачи средствами MathCAD и Maple.

Выработка навыков использования специализированных математических пакетов как инструмента решения прикладных задач является необходимым требованием в современных условиях, что указывает на актуальность данной учебной дисциплины. Изучение дисциплины сопровождается рассмотрением возможностей программирования пакетов MathCAD и Maple, на которых реализуются изучаемые вычислительные алгоритмы. Прежде всего, это позволяет раскрыть возможности указанных пакетов в плане профессиональной деятельности: как преподавания, так и построения электронных учебных пособий. Кроме того, высока методическая ценность: в отличие от систем программирования Pascal, Delphi, C++ и др., это позволяет сочетать реализацию численных алгоритмов с аналитическими преобразованиями компьютерной алгебры и разнообразным 2-х и 3-хмерным графическим представлением.

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

Дисциплина входит в обязательную часть Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана. При освоении материалов курса от обучающегося требуется подготовка по следующим дисциплинам: «Математический анализ», «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Функциональный анализ», «Дифференциальные уравнения», а также умения и навыки, полученные при освоении курса «Программирование». Данное обстоятельство свидетельствует о тесной межпредметной связи курса «Численные методы» с остальными дисциплинами.

### 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 профессиональных компетенций: ОПК-1, ПК-4.

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или ее части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1.	ОПК-1	Способен находить, формулировать и решать актуальные и значимые проблемы фундаментальной математики и механики	Основы теории погрешностей и теории приближений. Основные численные методы алгебры.	Численно решать уравнения, применяя для этого следствия из теоремы о сжимающих отображениях. Использовать основные понятия теории среднеквадратичных приближений для построе-	Методами и технологиями разработки численных методов для задач из следующих разделов: теория аппроксимации, численное интегрирование, линейная алгебра, обыкновен-

				ния элемента наилучшего приближения (в интегральном и дискретном вариантах).	ные дифференциальные уравнения, уравнения математической физики.
2.	ПК-4	Способен ориентироваться в современных алгоритмах компьютерной математики; обладать способностями к эффективному применению и реализации математически сложных алгоритмов в современных программных комплексах	<p>Методы построения интерполяционных многочленов.</p> <p>Методы численного дифференцирования и интегрирования.</p> <p>Методы численного решения дифференциальных уравнений.</p>	<p>Интерполировать и оценивать возникающую погрешность.</p> <p>Применять формулы численного дифференцирования и интегрирования.</p> <p>Применять методы численного решения дифференциальных уравнений.</p>	<p>Методами и технологиями разработки численных методов для задач из следующих разделов: теория аппроксимации, численное интегрирование, линейная алгебра, обыкновенные дифференциальные уравнения, уравнения математической физики.</p>

## 2. Структура и содержание дисциплины.

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 7 зач.ед. (252 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры	
		7	8
<b>Контактная работа, в том числе:</b>			
<b>Аудиторные занятия (всего):</b>	<b>136</b>	<b>68</b>	<b>68</b>
Занятия лекционного типа	68	34	34

Лабораторные занятия	68	34	34	
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	-	-	-	
	-	-	-	
<b>Иная контактная работа:</b>				
Контроль самостоятельной работы (КСР)	8	4	4	
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,5	0,2	0,3	
<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>				
<i>Курсовая работа</i>	-	-	-	
<i>Проработка учебного (теоретического) материала</i>	39	20	19	
<i>Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)</i>	-	-	-	
<i>Реферат</i>	-	-	-	
Подготовка к текущему контролю	32,8	15,8	17	
<b>Контроль:</b>				
Подготовка к экзамену	35,7	-	35,7	
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>час.</b>	<b>252</b>	<b>108</b>	<b>144</b>
	<b>в том числе контактная работа</b>	<b>144,5</b>	<b>72,2</b>	<b>72,3</b>
	<b>зач. ед.</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

## 2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые в 7 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛЗ	СРС
1	2	3	4	5	6	7
1.	Приближение функций	26	10		10	6
2.	Численное дифференцирование и интегрирование	30	12		12	6

3.	Численные методы решения задачи Коши для систем обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ). Аппроксимация, устойчивость, сходимость. Сеточные функции. Метод Эйлера.	32	12		12	8
	Итого по разделам дисциплины	88	36		36	20
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	4				
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2				
	Подготовка к текущему контролю	15,8				
	Общая трудоемкость по дисциплине	108				

### Разделы дисциплины, изучаемые в 8 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	СРС
1	2	3	4	5	6	7
1.	Методы Рунге-Кутты решения систем ОДУ. Применение правила Рунге практической оценки погрешности. Метод Адамса. Проверка существования точного решения по найденному приближенному	28	8		8	12
2.	Решение систем линейных алгебраических уравнений. Прямые методы: Гаусса, Гаусса с выбором главного элемента. Оценка погрешности численных методов решения алгебраических систем. Итерационные методы решения линейных систем. Метод простых итераций, метод Зейделя. Метод прогонки. Методы приближенного решения нелинейных алгебраических уравнений. Метод деления отрезка пополам. Метод простой итерации. Метод Ньютона (метод касательных). Решение системы алгебраических уравнений.	40	14		14	12

3.	Численные методы решения краевой задачи для дифференциальных уравнений в частных производных (уравнение теплопроводности, волновое уравнение, задача Дирихле для уравнения Пуассона). Явные и неявные разностные схемы. Метод сеток.	36	12		12	12
	Итого по разделам дисциплины	104	34		34	36
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	4				
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3				
	Подготовка к текущему контролю	35,7				
	Общая трудоемкость по дисциплине	144				

## 2.3 Содержание разделов дисциплины:

### 2.3.1 Занятия лекционного типа.

№ п/п	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1.	Приближение функций	<p>Особенности математических вычислений, реализуемых на ЭВМ. Приближённые числа и действия с ними.</p> <p>Приближение функций многочленами. Интерполяционный полином в форме Лагранжа. Интерполяционный полином в форме Ньютона. Кубические сплайны. Метод наименьших квадратов, тригонометрический многочлен. Сглаживание наблюдений.</p>	Проверка домашнего задания
2.	Численное дифференцирование и интегрирование	<p>Численное дифференцирование. Простейшие формулы численного дифференцирования. Оценка погрешности. Оптимальный шаг численного дифференцирования.</p> <p>Численное интегрирование. Квадратурные формулы: прямоугольников, трапеций, Симпсона. Правило Рунге и уточнение по Ричардсону. Метод Монте-Карло.</p>	Проверка домашнего задания

3.	Решение уравнений и систем, методы линейной алгебры	<p>Решение систем линейных алгебраических уравнений. Прямые методы: Гаусса, Гаусса с выбором главного элемента. Вычисление определителей и обратной матрицы.</p> <p>Обусловленность матрицы линейной системы. Оценка погрешности численных методов решения алгебраических систем.</p> <p>Итерационные методы решения линейных систем. Метод простых итераций, метод Зейделя. Метод прогонки.</p> <p>Частичные проблемы собственных значений матрицы.</p> <p>Методы приближенного решения нелинейных алгебраических уравнений. Метод деления отрезка пополам. Метод простой итерации.</p> <p>Метод Ньютона (метод касательных). Решение системы алгебраических уравнений.</p>	Проверка домашнего задания
4.	Обыкновенные дифференциальные уравнения и уравнения математической физики	<p>Численные методы решения задачи Коши для систем обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ). Аппроксимация, устойчивость, сходимость. Сеточные функции. Метод Эйлера.</p> <p>Методы Рунге-Кутты решения систем ОДУ. Применение правила Рунге практической оценки погрешности.</p> <p>Метод Адамса. Проверка существования точного решения по найденному приближенному.</p> <p>Численные методы решения краевой задачи для дифференциальных уравнений в частных производных (уравнение теплопроводности, волновое уравнение, задача Дирихле для уравнения Пуассона). Явные и неявные разностные схемы. Метод сеток.</p>	Проверка домашнего задания

### 2.3.2 Занятия семинарского типа.

Семинарские занятия – не предусмотрены.

### 2.3.3 Лабораторные занятия.

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1.	Приближение функций	Проверка домашнего задания
2.	Численное дифференцирование и интегрирование	Проверка домашнего задания
3.	Решение уравнений и систем, методы линейной алгебры	Проверка домашнего задания
4.	Обыкновенные дифференциальные уравнения и уравнения математической физики	Проверка домашнего задания

### 2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов).

Курсовые работы – не предусмотрены.

## 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	2	3

1	Работа с лекционным материалом, поиск и анализ литературы и электронных источников информации по заданной проблеме	1. Бахвалов, Н.С. Численные методы [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 639 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/70767">https://e.lanbook.com/book/70767</a>
2	Изучение теоретического материала к лабораторным занятиям	2. Бахвалов, Н.С. Численные методы в задачах и упражнениях [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н.С. Бахвалов, А.В. Лапин, Е.В. Чижонков. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 243 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/70743">https://e.lanbook.com/book/70743</a>
3	Выполнение домашних заданий	3. Бахвалов, Н.С. Численные методы. Решения задач и упражнения [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н.С. Бахвалов, А.А. Корнев, Е.В. Чижонков. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2016. — 355 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/90239">https://e.lanbook.com/book/90239</a>
4	Подготовка к зачету	4. Волков, Е.А. Численные методы [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2008. — 256 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/54">https://e.lanbook.com/book/54</a> 5. Срочко, В.А. Численные методы. Курс лекций [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2010. — 208 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/378">https://e.lanbook.com/book/378</a> 6. Демидович, Б.П. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Б.П. Демидович, И.А. Марон, Э.З. Шувалова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2010. — 400 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/537">https://e.lanbook.com/book/537</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,
- 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.

### **3. Образовательные технологии.**

Сочетание традиционных образовательных технологий в форме лекции с компьютерными автоматизированными информационными технологиями при выполнении лабораторных работ и проведении контрольных мероприятий (зачета, экзамена).

К **образовательным** технологиям относятся интерактивные методы обучения. Интерактивность подачи материала по дисциплине «Базы данных и системы управления базами данных» предполагает не только взаимодействия вида «преподаватель - студент» и «студент - преподаватель», но и «студент - студент». Все эти виды взаимодействия хорошо достигаются при изложении материала на практических занятиях в ходе дискуссий.

#### **3.1. Дискуссия.**

Возможность дискуссии предполагает умение высказать собственную идею, предложить свой путь решения, аргументировано отстаивать свою точку зрения, связно излагать мысли. Полезны следующие задания: составление плана решения задачи, поиск другого способа решения, сравнение различных способов решения, проведение выкладок для решения задачи и выкладок для проверки правильности полученного решения, рассмотрение задач с лишними и недостающими данными, творческие доклады. Студентам предлагается проанализировать варианты решения, обсудить доклад, высказать своё мнение.

Общие вопросы, которые выносятся на дискуссию в ходе практического занятия:

1. Составления плана решения задачи.
2. Поиск различных способов решений задачи.
3. Выбор среди рассматриваемых способов наиболее рационального.

4. Самостоятельное составление студентами опорных заданий по теме, характеризующих глубину понимания студентами соответствующего материала.

### **3.2. Доклад (презентация).**

Применение на занятии компьютерных технологий позволяет студентам при рассмотрении определенных тем курса более глубоко освоить некоторые понятия и доказательства утверждений. В этой связи определенные практические занятия преподавателю целесообразно проводить в виде презентации. Также в таком виде на практических занятиях по некоторым темам студенты могут представлять и свои доклады.

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

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

Контроль качества подготовки осуществляется путем проверки теоретических знаний и практических навыков посредством: проверки и приема текущих лабораторных работ и зачета в конце 7 семестра, а также экзамена в конце 8 семестра.

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «название дисциплины».

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме тестовых заданий, доклада-презентации по проблемным вопросам, разноуровневых заданий, ролевой игры, ситуационных задач и **промежуточной аттестации** в форме вопросов и заданий к зачету.

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.

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

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	Приближение функций	ОПК-1 ПК-4	<i>Вопросы для устного опроса по теме, контрольная работа по теме.</i>	<i>Вопросы на экзамене 1-7</i>
2	Численное дифференцирование и интегрирование	ОПК-1 ПК-4	<i>Вопросы для устного опроса по теме, контрольная работа по теме.</i>	<i>Вопросы на экзамене 8-9</i>
3	Численные методы решения задачи Коши для систем обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ). Аппроксимация, устойчивость, сходимость. Сеточные функции. Метод Эйлера.	ОПК-1 ПК-4	<i>Вопросы для устного опроса по теме, контрольная работа по теме.</i>	<i>Вопросы на экзамене 11</i>
4	Методы Рунге-Кутты решения систем ОДУ. Применение правила Рунге практической оценки погрешности. Метод Адамса. Проверка существования точного решения по найденному приближенному	ОПК-1 ПК-4	<i>Вопросы для устного опроса по теме, контрольная работа по теме.</i>	<i>Вопросы на экзамене 12-13</i>
5	Решение систем линейных алгебраических уравнений. Прямые методы: Гаусса, Гаусса с выбором главного элемента. Оценка погрешности численных методов решения алгебраических систем. Итерационные методы решения линейных систем. Метод простых итераций, метод Зейделя. Метод прогонки. Методы	ОПК-1 ПК-4	<i>Вопросы для устного опроса по теме, контрольная работа по теме.</i>	<i>Вопросы на экзамене 14-17</i>

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
	приближенного решения нелинейных алгебраических уравнений. Метод деления отрезка пополам. Метод простой итерации. Метод Ньютона (метод касательных). Решение системы алгебраических уравнений.			
6	Численные методы решения краевой задачи для дифференциальных уравнений в частных производных (уравнение теплопроводности, волновое уравнение, задача Дирихле для уравнения Пуассона). Явные и неявные разностные схемы. Метод сеток.	ОПК-1 ПК-4	<i>Вопросы для устного опроса по теме, контрольная работа по теме.</i>	<i>Вопросы на экзамене 18-22</i>

### Показатели, критерии и шкала оценки сформированных компетенций

Код и наименование компетенции	Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценивания		
	пороговый	базовый	продвинутый
	Оценка		
	Удовлетворительно /зачтено	Хорошо/зачтено	Отлично/зачтено
<b>ОПК-1:</b> способен находить, формулировать и решать актуальные и значимые проблемы фундаментальной математики и механики	Знание и понимание теоретического содержания курса с незначительными пробелами; отсутствие некоторых практических умений при решении задач	сформированность некоторых практических умений при применении знаний в конкретных ситуациях; достаточное качество выполнения всех предусмотренных программой обучения учебных заданий	необходимых практических умений при применении знаний в конкретных ситуациях; высокое качество выполнения всех предусмотренных программой обучения учебных заданий

<b>ПК-4:</b> способен ориентироваться в современных алгоритмах компьютерной математики; обладать способностями к эффективному применению и реализации математически сложных алгоритмов в современных программных комплексах	Удовлетворительно владеет общими методами решения типовых тематических заданий, в некоторой мере обладает способностью видеть и использовать закономерности, возникающие в ходе рассуждений при решении задач	Хорошо владеет общими методами решения типовых тематических заданий, в целом обладает способностью видеть и использовать закономерности, возникающие в ходе рассуждений при решении задач	Отлично владеет общими методами решения типовых тематических заданий, в полной мере обладает способностью видеть и использовать закономерности, возникающие в ходе рассуждений при решении задач
--	---	---	--

### **Перечень лабораторных работ**

#### **Семестр 7**

- ЛР1. Математические программные системы (MathCAD, Maple, Statistica).
- ЛР2. Линейная интерполяция.
- ЛР3. Численное интегрирование.
- ЛР4. Метод Эйлера.
- ЛР5. Краевая задача (обыкновенных дифференциальных уравнений).

#### **Семестр 8**

- ЛР1. Системы линейных алгебраических уравнений.
- ЛР2. Решение алгебраических уравнений.
- ЛР3. Системы алгебраических уравнений.
- ЛР4. Явная разностная схема.
- ЛР5. Неявная разностная схема.

#### **Примеры заданий к зачету:**

- 1) Вычислить приближённое значение интегральной суммы.
- 2) Построить линейную интерполяцию таблично заданной функции.
- 3) Методом Эйлера найти приближённое решение задачи Коши.
- 4) Найти приближённое решение краевой задачи, реализовав метод стрельбы.

#### **Примерный перечень вопросов к экзамену:**

1. Особенности математических вычислений, реализуемых на ЭВМ.
2. Приближённые числа и действия с ними.
3. Приближение функций многочленами. Интерполяционный полином в форме Лагранжа.
4. Интерполяционный полином в форме Ньютона.
5. Кубические сплайны.
6. Метод наименьших квадратов, тригонометрический многочлен.
7. Сглаживание наблюдений.
8. Численное дифференцирование. Простейшие формулы численного дифференцирования. Оценка погрешности. Оптимальный шаг численного дифференцирования.
9. Численное интегрирование. Квадратурные формулы: прямоугольников, трапеций, Симпсона. Правило Рунге и уточнение по Ричардсону.
10. Метод Монте-Карло.
11. Численные методы решения задачи Коши для систем обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ). Аппроксимация, устойчивость, сходимость. Сеточные функции. Метод Эйлера.
12. Методы Рунге-Кутты решения систем ОДУ. Применение правила Рунге практической оценки погрешности.
13. Метод Адамса. Проверка существования точного решения по найденному приближённому.
14. Решение систем линейных алгебраических уравнений. Прямые методы: Гаусса, Гаусса с выбором главного элемента. Вычисление определителей и обратной матрицы.

15. Обусловленность матрицы линейной системы. Оценка погрешности численных методов решения алгебраических систем.
16. Итерационные методы решения линейных систем. Метод простых итераций, метод Зейделя.
17. Метод прогонки.
18. Частичные проблемы собственных значений матрицы.
19. Методы приближенного решения нелинейных алгебраических уравнений. Метод деления отрезка пополам. Метод простой итерации.
20. Метод Ньютона (метод касательных). Решение системы алгебраических уравнений.
21. Численные методы решения краевой задачи для дифференциальных уравнений в частных производных (уравнение теплопроводности, волновое уравнение, задача Дирихле для уравнения Пуассона). Явные и неявные разностные схемы.
22. Метод сеток. Задача Дирихле. Уравнение Лапласа в конечных разностях.

#### **4.2 Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

##### **Критерии оценки по промежуточной аттестации (экзамена или зачёта)**

*Оценка «отлично», «зачтено»:*

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы;
- точное использование научной терминологии систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы;

- безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке научных и практических задач;
- выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой по дисциплине;
- умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин;
- творческая самостоятельная работа на практических/семинарских/лабораторных занятиях, активное участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий;
- высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

*Оценка «хорошо», «зачтено»:*

- достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку;
- использование научной терминологии, лингвистически и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой по дисциплине;
- самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий;

- средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

*Оценка «удовлетворительно», «зачтено»:*

- достаточный минимальный объем знаний по дисциплине;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку;
- использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач;
- умение под руководством преподавателя решать стандартные задачи;
- работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий;
- достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

*Оценка «неудовлетворительно», «не зачтено»:*

- фрагментарные знания по дисциплине;
- отказ от ответа (выполнения письменной работы);
- знание отдельных источников, рекомендованных учебной программой по дисциплине;
- неумение использовать научную терминологию;
- наличие грубых ошибок;
- низкий уровень культуры исполнения заданий;
- низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

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

### **5.1 Основная литература:**

1. Бахвалов, Н.С. Численные методы [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 639 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/70767>
2. Бахвалов, Н.С. Численные методы в задачах и упражнениях [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н.С. Бахвалов, А.В. Лапин, Е.В. Чижонков. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 243 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/70743>
3. Бахвалов, Н.С. Численные методы. Решения задач и упражнения [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н.С. Бахвалов, А.А. Корнев, Е.В. Чижонков. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2016. — 355 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/90239>
4. Волков, Е.А. Численные методы [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2008. — 256 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/54>
5. Срочко, В.А. Численные методы. Курс лекций [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2010. — 208 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/378>
6. Демидович, Б.П. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Б.П. Демидович, И.А. Марон, Э.З. Шувалова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2010. — 400 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/537>

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

## 5.2 Дополнительная литература:

1. Численные методы : : учебное пособие для студентов физ.-мат. спец. вузов // Бахвалов, Николай Сергеевич, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков ; Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. - 5-е изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний , 2007. - 636 с. - (Классический университетский учебник.). - Библиогр. : с. 624-628. - ISBN 5947746204
2. Калиткин Н.Н. Численные методы. – М.: Наука, 1978. – 512с.
3. Хайрер Э., Нерсетт С., Боннер Г. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Нежесткие задачи. – М.: Мир, 1990. – 512с.
4. Хайрер Э., Боннер Г. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Жесткие и дифференциально алгебраические задачи. – М.: Мир, 1999. – 685 с.
5. Амосов А.А., Дубинский Ю.А., Копченова Н.П. Вычислительные методы для инженеров. – М.: Высшая школа, 1994.
6. Каханер Д., Моулер К., Нэш С. Численные методы и программное обеспечение. – М.: Мир, 1998. – 575 с.
7. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. – М.: Наука, 1989. – 608с.
8. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы. – М.: Наука, 1989.
9. Прохоров Г.В., Леденёв М.А., Колбеев В.В. Пакет символьных вычислений Maple V - М.: Петит, 1997.

10. Прохоров Г.В. Пакет символьных вычислений Maple V - М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001.
11. Дьяконов В.П. MathCAD 2000: Учебный курс. - СПб.: Питер, 2001.

### **5.3. Периодические издания:**

Периодические издания — не предусмотрены.

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

Самостоятельная работа студента включает в себя подготовку к лабораторным занятиям и зачету. Эти виды самостоятельной работы студентов контролируются в ходе проверки домашних заданий.

Важнейшим этапом изучения курса является самостоятельная работа. Самостоятельная работа студента включает в себя повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовку к лабораторным занятиям, к контрольным работам, к зачету, к экзамену.

Для подготовки к ответам на теоретические вопросы студентам достаточно использовать материал лекций. Весь теоретический материал, необходимый для сдачи экзамена содержится в учебных пособиях из списка основной литературы. В случае затруднений, возникающих у студентов в процессе самостоятельного изучения теории, преподаватель разъясняет сложные моменты на консультациях.

### **Виды самостоятельной работы**

Обязательными при изучении дисциплины являются следующие виды самостоятельной работы:

- самостоятельное решение задач по темам практических занятий;

– разбор и самостоятельное изучение теоретического материала по конспектам лекций и по учебным пособиям из списка источников литературы;

– подготовка к зачету.

Эти виды самостоятельной работы студентов контролируются в ходе проверки домашних заданий, контрольных работ, зачетов и экзамена.

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.

Для выполнения домашнего практического задания необходимо разобрать материал по соответствующей теме практического занятия. При этом используются указания, данные преподавателем в ходе занятия, а также теоретический материал, в краткой форме имеющийся в учебных пособиях из списка основной литературы. Если студент не смог понять приведенный в указанных источниках разбор типовых примеров в той степени, чтобы самостоятельно использовать предложенный алгоритм для решения задания, то он может получить консультацию преподавателя.

<b>Вид работы (индивидуальное задание)</b>	<b>Сроки выполнения (недели семестра)</b>	<b>Форма отчетности</b>
ИЗ№1: Программная реализация алгоритмов численных методов (средствами языка Maple): интерполяция функций, численное дифференцирование и интегрирование, задача Коши и краевая задача.	15	Защита

ИЗ№2: Программная реализация алгоритмов численных методов (средствами языка Maple): системы линейных уравнений, нелинейные алгебраические уравнения, уравнения в частных производных.	15	Защита
---	----	--------

**ИЗ№1: Программная реализация алгоритмов численных методов  
(средствами языка Maple):  
интерполяция функций, численное дифференцирование  
и интегрирование, задача Коши и краевая задача.**

Ниже перечислены варианты задач, которые необходимо выполнить в системе Maple (или в системе MathCAD) применительно к данным, записанным в виде текстовых файлов (имя файла означает номер варианта). *Номер задачи совпадает с номером варианта данных (номером по списку группы).*

**Задача 1.** Дан файл с  $n$  значениями некоторой функции  $f(x)$ . Интерполировать  $f(x)$  с помощью многочлена Лагранжа в  $10n$  точках, построить график и сравнить с линейной интерполяцией. *Проверить результат с помощью модуля `nitapprox`.*

**Задача 2.** Дан файл с  $n$  значениями некоторой функции  $f(x)$ . Интерполировать  $f(x)$  с помощью многочлена Ньютона в  $10n$  точках, построить график и сравнить с линейной интерполяцией. *Проверить результат с помощью модуля `nitapprox`.*

**Задача 3.** Дан файл с  $n$  значениями некоторой функции  $f(x)$ . Интерполировать  $f(x)$  с помощью кубических сплайнов (со свободными концами) в  $10n$  точках, построить график и сравнить с линейной интерполяцией. *Проверить результат с помощью модуля `nitapprox`.*

**Задача 4.** Дан файл с  $n$  значениями некоторой функции  $f(x)$ . Интерполировать  $f(x)$  с помощью кубических сплайнов (периодических) в  $10n$  точках, построить график и сравнить с линейной интерполяцией. *Проверить результат с помощью модуля `nitapprox`.*

**Задача 5.** Дан файл с  $n$  значениями некоторой функции  $f(x)$ . Найти численную производную и построить её график. *Проверить результат с помощью оператора `diff`.*

**Задача 6.** Дан файл с  $n$  значениями некоторой функции  $f(x)$ . Найти численную производную с помощью многочлена Лагранжа и построить её график. *Проверить результат с помощью оператора `diff`.*

**Задача 7.** Дан файл с  $n$  значениями некоторой функции  $f(x)$ . Найти численную производную с помощью кубического сплайна и построить её график. Проверить результат с помощью оператора *diff*.

**Задача 8.** Дан файл с  $n$  значениями некоторой функции  $f(x)$  с шумом  $\varepsilon(x)$ ,  $0 \leq x \leq n-1$ , шаг по  $x$  равен 1. Сгладить значения функции и построить её график. Проверить результат с помощью модуля *nitapprox*.

**Задача 9.** Дан файл с  $n$  значениями некоторой функции  $f(x)$  с шумом  $\varepsilon(x)$ ,  $0 \leq x \leq n-1$ , шаг по  $x$  равен 1. Найти производную от  $f(x)$  и построить её график. Проверить результат с помощью модуля *nitapprox*.

**Задача 10.** Дан файл с  $n$  значениями некоторой функции  $f(x)$  на некотором отрезке. Найти определённый интеграл по формуле трапеций. Проверить результат с помощью оператора *int*.

**Задача 11.** Дан файл с  $n$  значениями некоторой функции  $f(x)$  на некотором отрезке. Найти определённый интеграл по формуле Симпсона. Проверить результат с помощью оператора *int*.

**Задача 12.** Дан файл с  $n$  значениями некоторой функции  $f(x)$  на некотором отрезке. Найти определённый интеграл методом Монте-Карло. Проверить результат с помощью оператора *int*.

**Задача 13.** Дан файл с таблично заданной функцией  $f(x,y)$ . Найти решения задачи Коши 
$$\begin{cases} \frac{dy}{dx} = f(x,y) \\ y(0) = \text{№варианта} \end{cases}$$
 методом Рунге-Кутта (предиктор-корректор). Проверить результат с помощью оператора *dsolve* или модуля *DEtools*.

**Задача 14.** Дан файл с таблично заданной функцией  $f(x,y)$ . Найти решения задачи Коши 
$$\begin{cases} \frac{dy}{dx} = f(x,y) \\ y(0) = \text{№варианта} \end{cases}$$
 усовершенствованным методом Эйлера. Проверить результат с помощью оператора *dsolve* или модуля *DEtools*.

**Задача 15.** Дан файл с таблично заданной функцией  $f(x,y)$ . Найти решения задачи Коши 
$$\begin{cases} \frac{dy}{dx} = f(x,y) \\ y(0) = \text{№варианта} \end{cases}$$
 методом Рунге-Кутта (4-го порядка точности). Проверить результат с помощью оператора *dsolve* или модуля *DEtools*.

**Задача 16.** Дан файл с таблично заданной функцией  $f(x,y)$ . Найти решения задачи Коши 
$$\begin{cases} \frac{dy}{dx} = f(x,y) \\ y(0) = \text{№варианта} \end{cases}$$
 методом Адамса. Проверить результат с помощью оператора *dsolve* или модуля *DEtools*.

**Задача 17.** Дан файл с таблично заданной функцией  $f(x)$ ,  $a \leq x \leq b$ . Найти решение краевой задачи  $\begin{cases} \frac{d^2 y}{dx^2} + x \cdot \frac{dy}{dx} + x^2 \cdot y = f(x) \\ y(a) = y(b) = 0 \end{cases}$  разностным методом. Проверить результат с помощью оператора *dsolve* или модуля *DEtools*.

**Задача 18.** Дан файл с таблично заданной функцией  $f(x)$ ,  $a \leq x \leq b$ . Найти решение краевой задачи  $\begin{cases} \frac{d^2 y}{dx^2} + x \cdot \frac{dy}{dx} + x^2 \cdot y = f(x) \\ y(a) = y(b) = 0 \end{cases}$  методом минимизации невязки (коллокаций). Проверить результат с помощью оператора *dsolve* или модуля *DEtools*.

**Задача 19.** Дан файл с таблично заданной функцией  $f(x)$ ,  $a \leq x \leq b$ . Найти решение краевой задачи  $\begin{cases} \frac{d^2 y}{dx^2} + x \cdot \frac{dy}{dx} + x^2 \cdot y = f(x) \\ y(a) = y(b) = 0 \end{cases}$  методом минимизации невязки (интегральный МНК). Проверить результат с помощью оператора *dsolve* или модуля *DEtools*.

**Задача 20.** Дан файл с таблично заданной функцией  $f(x)$ ,  $a \leq x \leq b$ . Найти решение краевой задачи  $\begin{cases} \frac{d^2 y}{dx^2} + x \cdot \frac{dy}{dx} + x^2 \cdot y = f(x) \\ y(a) = y(b) = 0 \end{cases}$  методом минимизации невязки (дискретный МНК). Проверить результат с помощью оператора *dsolve* или модуля *DEtools*.

**Задача 21.** Дан файл с таблично заданной функцией  $f(x)$ ,  $a \leq x \leq b$ . Найти решение краевой задачи  $\begin{cases} \frac{d^2 y}{dx^2} + x \cdot \frac{dy}{dx} + x^2 \cdot y = f(x) \\ y(a) = y(b) = 0 \end{cases}$  методом минимизации невязки (подобластей). Проверить результат с помощью оператора *dsolve* или модуля *DEtools*.

**Задача 22.** Дан файл с таблично заданной функцией  $f(x)$ ,  $a \leq x \leq b$ . Найти решение краевой задачи  $\begin{cases} \frac{d^2 y}{dx^2} + x \cdot \frac{dy}{dx} + x^2 \cdot y = f(x) \\ y(a) = y(b) = 0 \end{cases}$  методом Галёркина. Проверить результат с помощью оператора *dsolve* или модуля *DEtools*.

## **ИЗ№2: Программная реализация алгоритмов численных методов**

**(средствами языка Maple):**

**системы линейных уравнений, нелинейные алгебраические уравнения,  
уравнения в частных производных.**

Ниже перечислены варианты задач, которые необходимо выполнить в системе Maple (или в системе MathCAD) применительно к данным, записанным в виде текстовых файлов (имя файла означает номер варианта). *Номер задачи указывается при выдаче задания и не обязательно совпадает с номером варианта данных (номером по списку группы).*

**Задача 1.** Дан файл с матрицей  $A$  размером  $n \times n$  и вектором  $\vec{b}$  размерности  $n=10$ . Решить систему линейных уравнений  $A \cdot \vec{x} = \vec{b}$  методом Гаусса. *Проверить результат с помощью модуля linalg.*

**Задача 2.** Дан файл с матрицей  $A$  размером  $n \times n$ ,  $n=10$ . Найти обратную матрицу к  $A$  методом Гаусса. *Проверить результат с помощью модуля linalg.*

**Задача 3.** Дан файл с матрицей  $A$  размером  $n \times n$ ,  $n=10$ . Найти определитель матрицы  $A$  методом Гаусса. *Проверить результат с помощью модуля linalg.*

**Задача 4.** Дан файл с матрицей  $A$  размером  $n \times n$  и вектором  $\vec{b}$  размерности  $n=10$ . Решить систему линейных уравнений  $A \cdot \vec{x} = \vec{b}$  методом Зейделя. *Проверить результат с помощью модуля linalg.*

**Задача 5.** Дан файл с матрицей  $A$  размером  $n \times n$ ,  $n=10$ . Найти максимальное собственное значение матрицы  $A$ . *Проверить результат с помощью модуля linalg.*

**Задача 6.** Даны выражения 2-х некоторых аналитически заданных функций  $f(x)$ . Найти все решения уравнений  $f(x)=0$  методом Ньютона. *Проверить результат с помощью оператора fsolve.*

**Задача 7.** Даны выражения 2-х некоторых аналитически заданных функций  $f(x)$ . Найти все решения уравнений  $f(x)=0$  методом простых итераций. *Проверить результат с помощью оператора fsolve.*

**Задача 8.** Даны выражения 2-х некоторых аналитически заданных функций  $f(x)$ . Найти все решения уравнений  $f(x)=0$  методом секущих. *Проверить результат с помощью оператора fsolve.*

**Задача 9.** Даны выражения функций  $f_1(x,y)$  и  $f_2(x,y)$ . Найти все решения системы уравнений  $f_1(x,y)=0$  и  $f_2(x,y)=0$  методом Ньютона. *Проверить результат с помощью оператора fsolve.*

**Задача 10.** Даны выражения функций  $f_1(x,y)$  и  $f_2(x,y)$ . Найти все решения системы уравнений  $f_1(x,y)=0$  и  $f_2(x,y)=0$  методом градиентного спуска. *Проверить результат с помощью оператора fsolve.*

**Задача 11.** Дан файл с таблично заданной функцией  $f(x)$ ,  $a \leq x \leq b$ . Найти решение краевой задачи 1-го порядка  $\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u}{\partial x} = f(x)$  с однородными граничными и начальными условиями

с помощью явной разностной схемы. Проверить результат с помощью оператора *PDEplot*.

**Задача 12.** Дан файл с таблично заданной функцией  $f(x)$ ,  $a \leq x \leq b$ . Найти решение краевой задачи 1-го порядка  $\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u}{\partial x} = f(x)$  с однородными граничными и начальными условиями с помощью неявной разностной схемы. Проверить результат с помощью оператора *PDEplot*.

**Задача 13.** Дан файл с таблично заданной функцией  $f(x)$ ,  $a \leq x \leq b$ . Найти решение краевой задачи 1-го порядка  $\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u}{\partial x} = f(x)$  с однородными граничными и начальными условиями методом дробных шагов. Проверить результат с помощью оператора *PDEplot*.

**Задача 14.** Дан файл с таблично заданной функцией  $f(x)$ ,  $a \leq x \leq b$ . Найти решение краевой задачи уравнения теплопроводности  $\frac{\partial u}{\partial t} - \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = f(x)$  с однородными граничными и начальными условиями с помощью явной разностной схемы. Проверить результат с помощью оператора *PDEplot*.

**Задача 15.** Дан файл с таблично заданной функцией  $f(x)$ ,  $a \leq x \leq b$ . Найти решение краевой задачи уравнения теплопроводности  $\frac{\partial u}{\partial t} - \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = f(x)$  с однородными граничными и начальными условиями с помощью неявной разностной схемы. Проверить результат с помощью оператора *PDEplot*.

**Задача 16.** Дан файл с таблично заданной функцией  $f(x)$ ,  $a \leq x \leq b$ . Найти решение краевой задачи уравнения теплопроводности  $\frac{\partial u}{\partial t} - \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = f(x)$  с однородными граничными и начальными условиями методом дробных шагов. Проверить результат с помощью оператора *PDEplot*.

**Задача 17.** Дан файл с таблично заданной функцией  $f(x)$ ,  $a \leq x \leq b$ . Найти решение краевой задачи волнового уравнения  $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = f(x)$  с однородными граничными и начальными условиями с помощью явной разностной схемы. Проверить результат с помощью оператора *PDEplot*.

**Задача 18.** Дан файл с таблично заданной функцией  $f(x)$ ,  $a \leq x \leq b$ . Найти решение краевой задачи волнового уравнения  $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = f(x)$  с однородными граничными и начальными условиями с помощью неявной разностной схемы. Проверить результат с помощью оператора *PDEplot*.

**Задача 19.** Дан файл с таблично заданной функцией  $f(x)$ ,  $a \leq x \leq b$ . Найти решение краевой задачи волнового уравнения  $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = f(x)$  с однородными граничными и начальными условиями методом дробных шагов. Проверить результат с помощью оператора *PDEplot*.

**Задача 20.** Дан файл с таблично заданной функцией  $f(x,y)$ . Найти решение задачи Дирихле для уравнения Пуассона  $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = f(x, y)$  с однородными граничными условиями с помощью прямых методов решения сеточных эллиптических уравнений. *Проверить результат с помощью оператора PDEplot.*

**Задача 21.** Дан файл с таблично заданной функцией  $f(x,y)$ . Найти решение задачи Дирихле для уравнения Пуассона  $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = f(x, y)$  с однородными граничными условиями с помощью итерационных методов решения сеточных эллиптических уравнений. *Проверить результат с помощью оператора PDEplot.*

**Задача 22.** Дан файл с таблично заданной функцией  $f(x,y)$ . Найти решение задачи Дирихле для уравнения Пуассона  $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = f(x, y)$  с однородными граничными условиями методом релаксации. *Проверить результат с помощью оператора PDEplot.*

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

### **7.1 Перечень информационно-коммуникационных технологий**

- Проверка домашних заданий и консультирование посредством электронной почты.
- Использование электронных презентаций при проведении лекционных и практических занятий.

### **7.2 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения**

1. Mathematica Computer Aided Design (MathCAD) 2001 Professional, (MathSoft Inc., USA) или более новая версия.
2. Maple ver. 8.0, (Maple Waterloo Inc., Canada) или более новая версия.
3. Statistica ver.5.5, (StatSoft Inc., USA) или более новая версия.

4. Microsoft Office (MS Word, MS Excel) 2010 или более новая версия.

### 7.3 Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU  
(<http://www.elibrary.ru/>)

### 8. Материально-техническое обеспечение 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 (ПО): Microsoft Windows10, Microsoft Office 2010, MathCAD14, Maple18
2.	Лабораторные занятия	Компьютерный класс, оснащенный программным обеспечением (ПО): Microsoft Windows10, Microsoft Office 2010, MathCAD14, Maple18
3.	Групповые (индивидуальные) консультации	Компьютерный класс, оснащенный программным обеспечением (ПО): Microsoft Windows10, Microsoft Office 2010, MathCAD14, Maple18
4.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Компьютерный класс, оснащенный программным обеспечением (ПО): Microsoft Windows10, Microsoft Office 2010, MathCAD14, Maple18
5.	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, а также оснащенный ПО: Microsoft Windows10, Microsoft Office 2010, MathCAD14, Maple18