

*Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Северо-Осетинский государственный университет
имени Коста Левановича Хетагурова»*



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Численные методы решения задач математической физики»**

Направление подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Профиль: "Математическое моделирование и вычислительная математика"

Форма обучения – очная

Владикавказ, 2017

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, профиль: "Математическое моделирование и вычислительная математика", утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12.03.2015 г. № 228, учебным планом подготовки бакалавриата по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, профиль: "Математическое моделирование и вычислительная математика" утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «СОГУ» от 27.04.2020 г. № 11.

Составитель: к.ф.-м.н., доцент Худалов М.З.

Рабочая программа обсуждена и утверждена на заседании кафедры прикладной математики протокол №8 от 30.03.2017.

Одобрена советом факультета математики и информационных технологий
протокол №5 от 31.03.2017г.

1. Структура и общая трудоемкость дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачётных единиц. (288 час.).

	Очная Форма обучения
Курс	3/4
Семестр	6/7
Лекции	16/36
Практические занятия	50/36
Лабораторные занятия	-
Консультации	-/+
Итого аудиторных занятий	66/72
Самостоятельная работа	78/45
Курсовая работа	-
Зачет	+/-
Экзамен	-/27
Общее количество часов	288 час.

2. Цели освоения дисциплины

Целью преподавания дисциплины «Численные методы решения задач математической физики» является подготовка студентов к разработке и применению компьютерно-ориентированных вычислительных алгоритмов решения математических задач, возникающих в процессе познания реального мира посредством математического моделирования.

Задачи дисциплины:

- освоению методов решения прикладных задач современной вычислительной физики: методы построения и анализа разностных схем, численные методы решения смешанных краевых задач, численные методы моделирования физических систем;
- фундаментальному изучению вопросов построения, исследования и применения численных методов решения задач математической физики, составляющих теоретический фундамент для описания и разработки дискретных математических моделей объектов различной физической природы;
- научно-исследовательской работе в области информационных технологий и математической физики, связанной с выбором необходимых методов и алгоритмов, используемых в различных технических системах;
- изучению новых научных результатов, научной литературы и непрерывному профессиональному самосовершенствованию.

3. Место дисциплины в структуре ОПОП:

Дисциплина «Численные методы решения задач математической физики» относится к дисциплинам Блок 1. Дисциплины (модули). Вариативная часть. Б1.В.05.02.

Для изучения дисциплины необходимы знания, полученные обучающимися в рамках школьной программы, а также в результате освоения дисциплин: «Математический анализ», «Линейная алгебра», «Дифференциальные уравнения», «Теория функций комплексного переменного», «Функциональный анализ», «Уравнения математической физики», «Численные методы».

Приступая к изучению дисциплины «Численные методы решения задач математической физики», студент должен иметь представление о классических постановках краевых задач математической физики.

4. Требования к результатам освоения дисциплины

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями (результатами освоения образовательной программы):

ОПК-3 -способность к разработке алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования, математических, информационных и имитационных моделей, созданию информационных ресурсов глобальных сетей, образовательного контента, прикладных баз данных, тестов и средств тестирования систем и средств на соответствие стандартам и исходным требованиям;

ПК-1 -способность собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям;

ПК-2 -способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат.

Взаимосвязь планируемых результатов обучения по дисциплине с формируемыми компетенциями ОПОП:

Компетенции		Планируемые результаты обучения, соответствующие формируемым компетенциям ОПОП		
Код	Формулировка			
		Знать:	Уметь	Владеть:
ОПК-3	способность к разработке алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования, математических, информационных и имитационных моделей, созданию информационных ресурсов глобальных сетей, образовательного контента, прикладных баз данных, тестов и средств тестирования систем и средств на соответствие	основы теории алгоритмов, теорию вычислимости рекурсивных функций, основы теории формальных языков.	разрабатывать алгоритмы и оценивать время выполнения. Самостоятельно строить процесс овладения информацией об алгоритмах и способах исследования их эффективности.	навыками использования алгоритмов для решения прикладных задач

	стандартам и исходным требованиям			
ПК-1	способность собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям	основные информационные источники, посвященные теории сложных вычислений и алгоритмов.	проводить сравнительный анализ результатов решения задач; употреблять специальную математическую символику для постановки краевых задач	способностями разрабатывать алгоритмы численного решения современных задач математической физики
ПК-2	способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат	основные постановки краевых задач математической физики; численные методы решения типовых математических задач.	применять математические методы и вычислительную технику для решения практических задач; программировать на одном из алгоритмических языков;	навыками применения математических пакетов при численном решении прикладных задач

При проведении учебных занятий обеспечивается развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений, лидерских качеств (включая при необходимости проведение интерактивных лекций, групповых дискуссий, ролевых игр, тренингов, анализ ситуаций и имитационных моделей, преподавание дисциплин (модулей) в форме курсов, составленных на основе результатов научных исследований, в том числе с учетом региональных особенностей профессиональной деятельности выпускников и потребностей работодателей).

5. Содержание и учебно-методическая карта дисциплины

Таблица 5.1

Номер недели	Наименование тем (вопросов), изучаемых по данной дисциплине	Занятия		Самостоятельная работа студентов		Формы контроля	Баллы		Литература
		лекции	пр	Содержание	Часы		min	max	
1	Введение в построение разностных схем	2	2	Методы построения и анализа разностных схем.	8	Опрос			[1]-[8]
2	Аппроксимация дифференциальных уравнений	2	8	Аппарат дифференциальных приближений	10	Опрос			[1]-[8]
3	Исследование аппроксимации и сходимости	2	8	Аппроксимация, устойчивость и сходимость	10	Опрос			[1]-[8]
4	Метод прогонки	2	8	Построение и реализация вычислительного алгоритма	10	Опрос			[1]-[8]
5	Разностная задача. Погрешность аппроксимации и погрешность схемы.	2	8	Аппроксимация, устойчивость и сходимость	10	Опрос			[1]-[8]
6	Разностная задача. Устойчивость и сходимость. Исследование аппроксимации и сходимости	2	8	Аппроксимация, устойчивость и сходимость	10	Опрос			[1]-[8]
7	Аппроксимация дифференциального уравнения.	2	4	Аппроксимация, устойчивость и сходимость	10	Опрос			[1]-[8]
8	Аппроксимация граничного условия. Уравнение для погрешности	2	4	Аппроксимация, устойчивость и сходимость	10	Опрос			[1]-[8]
9	Принцип максимума для разностных схем.	2	2	Применение основных теоремы принципа максимума	2	Опрос			[1]-[8]
10	Основные теоремы принципа максимума.	2	2	Применение основных теоремы принципа максимума	2	Опрос			[1]-[8]
11	Методы решения сеточных уравнений	2	2	Применение основных теоремы принципа максимума	2	Опрос			[1]-[8]
12	Дробные интегралы Римана - Лиувилля и дробные производные	2	2	Дробные производные Капуто-Герасимова	4	Опрос			[1]-[8]
13	Задача типа Коши для уравнения с дробной производной.	2	2	Построение и реализация вычислительного алгоритма	4	Опрос			[1]-[8]
14	Построение разностных схем.	2	2	Построение и реализация вычислительного алгоритма	4	Опрос			[1]-[8]

15	Начально краевая задача для уравнения теплопроводности с дробной производной по времени.	2	2	Решение краевых задач для одномерного уравнения теплопроводности методом сеток.	4	Опрос			[1]-[8]
16	Априорная оценка.	2	2	Лемма Гронуолла	3	Опрос			[1]-[8]
17	Построение разностной схемы.	2	2	Построение и реализация вычислительного алгоритма	2	Опрос			[1]-[8]
18	Устойчивость и сходимость разностной схемы.	2	2	Устойчивость разностных схем для уравнений в частных производных.	2	Опрос			[1]-[8]
19	Краевая задача для уравнения типа диффузии дробного порядка в криволинейных координатах.	2	2	Построение и реализация вычислительного алгоритма	2	Опрос			[1]-[8]
20	Построения разностной схемы для обобщенного уравнения переноса дробного порядка..	2	2	Построение и реализация вычислительного алгоритма	2	Опрос			[1]-[8]
21	Построение разностных схем для нестационарного уравнения на фракталах.	2	2	Построение и реализация вычислительного алгоритма	2	Опрос			[1]-[8]
22	Сходимость и устойчивость разностных схем для нестационарного уравнения	2	2	Анализ численных экспериментов для решения нестационарных уравнений	2	Опрос			[1]-[8]
23	Методы решения сеточных уравнений.	2	2	Построение и реализация вычислительного алгоритма	2	Опрос			[1]-[8]
24	Метод Якоби. Метод Зейделя.	2	2	Построение и реализация вычислительного алгоритма	2	Опрос			[1]-[8]
25	Метод верхней релаксации.	2	2	Построение и реализация вычислительного алгоритма	2	Опрос			[1]-[8]
26	Явный итерационный метод с чебышевскими параметрами	2	2	Построение и реализация вычислительного алгоритма	2	Опрос			[1]-[8]
	ИТОГО	52	86		123		0	10 0	

Примечания:

- Все виды учебной работы могут проводиться дистанционно на основании локальных нормативных актов.
- В целях реализации индивидуального подхода к обучению студентов, осуществляющих учебный процесс по индивидуальной траектории в рамках индивидуального рабочего плана, изучение данной дисциплины может осуществляться через индивидуальные консультации преподавателя очно, в часы

консультаций, по электронной почте и с использованием платформ дистанционного обучения.

6. Образовательные технологии

В соответствии с государственными образовательными стандартами высшего образования реализация учебного процесса должна предусматривать проведение занятий в интерактивных и активных формах. Внедрение этих форм обучения – одно из важнейших направлений совершенствования подготовки студентов в современном вузе. Цель – повышение эффективности образовательного процесса, достижение всеми обучающимися высоких результатов обучения.

Интерактивные формы проведения занятий предполагают обучение в сотрудничестве. Все участники образовательного процесса (преподаватель и студенты) взаимодействуют друг с другом, обмениваются информацией, совместно решают проблемы, моделируют ситуации. Суть использования активных и интерактивных форм проведения состоит в погружении студентов в реальную атмосферу делового сотрудничества по разрешению проблем, оптимальную для выработки навыков и качеств будущего специалиста.

Для решения воспитательных и учебных задач преподавателем могут быть использованы следующие интерактивные формы обучения.

Традиционные лекции и практические (семинарские) занятия с использованием современных интерактивных технологий.

Лекция-диалог – содержание подается через серию вопросов, на которые студент должен отвечать непосредственно в ходе лекции.

Онлайн-семинар – разновидность веб-конференции, проведение онлайн-встреч или презентаций через Интернет в режиме реального времени. Каждый из участников находится у своего компьютера (средства связи), а связь между ними поддерживается через Интернет посредством загружаемого приложения, установленного на компьютере каждого участника.

Видеоконференция – сеанс видеоконференцсвязи (ВКС) – это технология интерактивного взаимодействия двух и более участников образовательного процесса для обмена информацией в реальном режиме времени.

Видео-лекция – снятая на камеру сокращенная лекция, дополненная фотографиями и схемами, иллюстрирующая подаваемый в лекции материал.

Технология электронного обучения (реализуется при помощи электронной образовательной среды СОГУ при использовании ресурсов ЭБС, при проведении автоматизированного тестирования и т. д.).

Творческое задание составляет содержание (основу) любой интерактивной формы проведения занятия. Выполнение творческих заданий требует от студента воспроизведения полученной ранее информации в форме, определяемой преподавателем и требующей творческого подхода: 1) подборка примеров из практики; 2) подборка материала по определенной проблеме;

Публичная презентация проекта - самый эффективный способ донесения важной информации при публичных выступлениях. Слайд-презентации позволяют эффектно и наглядно представить содержание, выделить и проиллюстрировать сообщение.

Интерактивная лекция представляет собой выступление преподавателя перед аудиторией студентов с применением следующих интерактивных форм обучения: 1. управляемая дискуссия или беседа; 2. демонстрация слайдов или учебных фильмов; 3. мозговой штурм; 4. мотивационная речь и др.

Разработка проекта позволяет участникам мысленно выйти за пределы аудитории и составить проект своих действий по обсуждаемому вопросу. Участники могут обратиться за консультацией, дополнительной литературой в специализированные учреждения, библиотеки и т.д.

Проблемное обучение - поиск ответов на вопросы по теме.

7. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Самостоятельная работа обучающихся является одним из видов учебных занятий. Самостоятельная работа проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений обучающихся студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развития исследовательских умений.

К видам самостоятельной работы при изучении данной дисциплины относятся: написание докладов, эссе, подготовка презентаций, самостоятельное изучение литературы по теме и составление по ней конспектов, работа со справочными материалами (терминологическими и иными словарями, энциклопедиями) и т.д.

Темы и формы внеаудиторной самостоятельной работы, ее трудоёмкость содержатся в разделе 5, табл. 5.1.

Методические рекомендации по дисциплине прилагаются.

8. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, рубежной аттестации и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Рабочая программа предусматривает проведение лекционных и практических занятий, а также следующие виды работ: самостоятельную работу студентов по подготовке устных сообщений, написанию докладов, подготовку презентаций и обсуждений по темам дисциплины - работу в активной и интерактивной формах.

Рабочая программа предполагает текущий и промежуточный контроль знаний.

Текущий контроль – это непрерывно осуществляемый мониторинг уровня усвоения знаний и формирования умений и навыков в течение семестра или учебного года. Текущий контроль знаний, умений и навыков студентов осуществляется в ходе учебных (аудиторных) занятий, проводимых по расписанию. Формами текущего контроля выступают опросы на занятиях с целью проверки наличия знаний, необходимых для усвоения нового материала или для выяснения степени усвоения изложенного материала.

Рубежный контроль осуществляется по окончании изучения материала модуля в заранее установленное время. Рубежный контроль проводится с целью определения качества усвоения материала учебного модуля в целом. В течение семестра такие контрольные мероприятия проводятся по графику.

Контрольные задания (демоверсии) для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Контрольная работа №1

1. Принцип максимума.
2. Разностная задача Дирихле для уравнения Пуассона;

3. Найти приближенное решение задачи

$$\begin{cases} (1+ax^2)y'' + 2axy' + x^2y = e^{bx} \\ y(0) = y(1) = 0 \end{cases}$$

, используя метод Галеркина и метод коллокаций.

Критерии оценивания представлены в таблице 8.1.

Примеры тестовых заданий по дисциплине:

1. Каков порядок аппроксимации разностного уравнения

$$\frac{1}{12} \frac{u_{m+1}^{n+1} - u_{m+1}^n}{\tau} + \frac{5}{6} \frac{u_m^{n+1} - u_m^n}{\tau} + \frac{1}{12} \frac{u_{m-1}^{n+1} - u_{m-1}^n}{\tau} = \frac{1}{2} \left(\frac{u_{m-1}^{n+1} - 2u_m^{n+1} + u_{m+1}^{n+1}}{h^2} + \frac{u_{m-1}^n - 2u_m^n + u_{m+1}^n}{h^2} \right)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} ?$$

аппроксимирует дифференциальное уравнение

- $O(h + \tau^2)$

- $O(h^2 + \tau)$

- $O(h^2 + \tau^2)$

+ $O(h^4 + \tau^2)$

Методика формирования результирующей оценки

Таблица 8.1

Этап	Форма контроля	Критерии оценивания (процент от максимального кол-ва баллов)			
		86-100 %	71–85%	60–70%	Менее 60%
1. Текущий контроль (max 25 баллов за 1 модуль)					
		7-8 баллов	6–7 баллов	4–5 баллов	0–3 баллов
	Посещение занятий (max 8 б.)	Студент посетил более 85% занятий	Студент посетил 71–85% занятий	Студент посетил 56–70% занятий	Студент посетил менее 56% занятий
		9–10 баллов	7–8 баллов	6–7 баллов	0–5 баллов
	Текущая работа в течение модуля (max 10б.)	Студент активно работает на занятиях, превосходно выполняет все задания преподавателя.	Студент активно работает на занятиях, хорошо выполняет задания преподавателя.	Студент недостаточно активно работает на занятиях, удовлетворительно выполняет задания преподавателя.	Студент недостаточно активно работает на занятиях, неудовлетворительно выполняет задания преподавателя.
		3/2 балла	2 балла	1 балл	0 баллов
	Доклад, презентация (max 3б.) / опорный конспект (max 2б.)	Тема полностью раскрыта. Превосходное владение материалом. Высокий уровень самостоятельности, логичности, аргументированно	Тема в основном раскрыта. Хорошее владение материалом. Средний уровень самостоятельности, логичности, аргументированно	Тема частично раскрыта. Удовлетворительное владение материалом. Низкий уровень самостоятельности, логичности, аргументированно	Тема не раскрыта. Неудовлетворительное владение материалом. Недостаточный уровень самостоятельности, логичности, аргументированно

		сти. Превосходный стиль изложения.	сти. Хороший стиль изложения.	сти. Удовлетворительный стиль изложения.	сти. Неудовлетворительный стиль изложения.
2. Рубежный контроль (25б. за 1 модуль)					
		22–25 баллов	18–21 балл	14–17 баллов	0–13 баллов
	Контрольная работа	Правильно выполнены все задания. Продemonстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продemonстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продemonстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продemonстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.
3. Итоговый контроль по дисциплине					
		43–50 баллов	36–42 балла	28–35 баллов	0–27 баллов
	Экзамен/зачет	Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос. Ответ формулируется в терминах науки, изложен литературным языком, логичен, доказателен, демонстрирует авторскую позицию студента.	Дан полный ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Но допущены незначительные ошибки, исправленные студентом с помощью «наводящих» вопросов преподавателя.	Дан недостаточно полный ответ. Студент не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Речевое оформление требует поправок, коррекции.	Не получены ответы по базовым вопросам дисциплины или дан неполный ответ и допущены грубые ошибки. Речь неграмотная. Уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.

Студенты, получившие в ходе текущего и рубежного контроля 56-100 баллов, автоматически получают «Зачет» или соответствующую шкале экзаменационную оценку. Результирующая оценка складывается по соответствующей БРС формуле.

Вопросы для подготовки к зачёту/экзамену:

1. Виды краевых задач для основных типов уравнений с частными производными.
2. Способы построения конечно-разностных схем.
3. Сетка, сеточные функции и разностные отношения.
4. Основные понятия разностных схем: аппроксимация, устойчивость и сходимость.

5. Исследование аппроксимации схем методом рядов Тейлора.
6. Исследование устойчивости схем методом Неймана.
7. Анализ разностных схем с помощью их дифференциальных приближений.
8. Явные и неявные разностные схемы, свойства их устойчивости.
9. Построение схем для одномерных нестационарных задач.
10. Схема Лакса для одномерного уравнения переноса.
11. Схема Кранка-Николсона для одномерного уравнения колебаний.
12. Многомерные явные схемы и условия их устойчивости.
13. Многомерные неявные экономичные схемы.
14. Алгоритм метода переменных направлений.
15. Построение факторизованных схем.
16. Схемы с суммарной аппроксимацией.
17. Схемы с весами.
18. Локально-одномерные схемы.
19. Численные алгоритмы решения стационарных краевых задач для уравнения Пуассона.
20. Прямые методы на основе Фурье преобразований.
21. Алгоритм быстрого преобразования Фурье.
22. Итерационные методы решения стационарных краевых задач.
23. Явные и неявные итерационные методы.
24. Итерационные параметры, анализ скорости сходимости.
25. Многослойные итерационные схемы.
26. Интеграл дробного порядка в смысле Римана-Лиувилля дробная...

Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Уровень сформированности компетенций			
«Минимальный уровень не достигнут» (менее 60 баллов)	«Минимальный уровень» (60-70 баллов)	«Средний уровень» (71-85 баллов)	«Высокий уровень» (86-100 баллов)
<p><u>Компетенции не сформированы.</u></p> <p>Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы.</p>	<p><u>Компетенции сформированы.</u></p> <p>Сформированы базовые структуры знаний. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.</p>	<p><u>Компетенции сформированы.</u></p> <p>Знания обширные, системные. Умения носят репродуктивный характер, применяются к решению типовых заданий. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка.</p>	<p><u>Компетенции сформированы.</u></p> <p>Знания твердые, аргументированные, всесторонние. Умения успешно применяются к решению как типовых, так и нестандартных творческих заданий. Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка</p>
Описание критериев оценивания			

<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> - существенные пробелы в знаниях учебного материала; - допускаются принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы, отсутствует знание и понимание основных понятий и категорий; - непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий; - отсутствие умения выполнять практические задания, предусмотренные программой дисциплины; - отсутствие готовности (способности) к дискуссии и низкую степень контактности. 	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> - знания теоретического материала; - неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов; - неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы; - недостаточное владение литературой, рекомендованной программой дисциплины; - умение без грубых ошибок решать практические задания, которые следует выполнить. 	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> - знание и понимание основных вопросов контролируемого объема программного материала; - твердые знания теоретического материала. - способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, выявлять противоречия, проблемы и тенденции развития; - правильные и конкретные, без грубых ошибок, ответы на поставленные вопросы; - умение решать практические задания, которые следует выполнить; - владение основной литературой, рекомендованной программой дисциплины; - наличие собственной обоснованной позиции по обсуждаемым вопросам. Возможны незначительные оговорки и неточности в раскрытии отдельных положений вопросов, присутствует неуверенность в ответах. 	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> - глубокие, всесторонние и аргументированные знания программного материала; - полное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, точное знание основных понятий в рамках обсуждаемых заданий; - способность устанавливать и объяснять связь практики и теории; - логически последовательные, содержательные, конкретные и исчерпывающие ответы на все задания, а также дополнительные вопросы экзаменатора; - умение решать практические задания; - свободное использование в ответах на вопросы материалов рекомендованной основной и дополнительной литературы.
<p>Оценка «неудовлетворительно» / не зачтено</p>	<p>Оценка «удовлетворительно» / «зачтено»</p>	<p>Оценка «хорошо» / «зачтено»</p>	<p>Оценка «отлично» / «зачтено»</p>

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Балабко, Л.В. Численные методы : учебное пособие / Л.В. Балабко, А.В. Томилова ; Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова. – Архангельск : Северный (Арктический) федеральный университет (САФУ), 2014. – 163 с. : схем., табл., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436331> . – ISBN 978-5-261-00962-7. – Текст : электронный.
 2. Орешкова, М.Н. Численные методы: теория и алгоритмы / М.Н. Орешкова ; Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова. – Архангельск : Северный (Арктический) федеральный университет (САФУ), 2015. – 120 с. : схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436397> . – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-261-01040-1. – Текст : электронный.
 3. Самарский, А.А. Методы решения сеточных уравнений / А.А. Самарский, Е.С. Николаев ; ред. Т.Н. Галишникова. – Москва : Наука, 1978. – 592 с. : Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457050> – Текст : электронный..
- б) дополнительная литература:**
4. Мицель, А.А. Вычислительные методы : учебное пособие / А.А. Мицель ; Томский Государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР). – Томск : Эль Контент, 2013. – 197 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480612> . – Библиогр.: с. 183-184. – ISBN 978-5-4332-0121-7. – Текст : электронный.
 5. Пименов, В.Г. Численные методы : учебное пособие : в 2 ч. / В.Г. Пименов, А.Б. Ложников ; Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, Ю.А. Меленцова. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014. – Ч. 2. – 107 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275819> . – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7996-1342-6. – Текст : электронный.
 6. Соболева, О.Н. Введение в численные методы : учебное пособие / О.Н. Соболева. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2011. – 64 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229144> . – ISBN 978-5-7782-1776-8. – Текст : электронный.
 7. Турчак, Л.И. Основы численных методов : учебное пособие / Л.И. Турчак, П.В. Плотников. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Физматлит, 2002. – 304 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69329> . – ISBN 5-9221-0153-6. – Текст : электронный.
 8. Захаров, Ю.Н. Итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений : учебное пособие / Ю.Н. Захаров. – Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2011. – 170 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232659> . – ISBN 978-5-8353-1209-2. – Текст : электронный.

в) электронные библиотечные системы, с которыми у СОГУ имеется действующий договор, современные профессиональные базы, информационные справочные системы:

- eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека. – URL: <http://www.elibrary.ru>.
- База данных «ЭБС elibrary»: <http://elibrary.ru>
- Издательство «Юрайт» [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. – URL: <http://biblio-online.ru>.
- Университетская библиотека online [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. – URL: <http://www.biblioclub.ru>.

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Занятия по дисциплине проводятся в аудиториях, обеспеченных компьютерами, имеющими доступ к сети Интернет, интерактивными досками и мультимедийным оборудованием.

Лицензионное программное обеспечение:

1. Windows 10 Pro for Workstations, (№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016г);
2. Office Standard 2016 (№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016г);
3. Система поиска текстовых заимствований «Антиплагиат ВУЗ»;

Перечень ПО в свободном доступе:

1. Kaspersky Free;
2. WinRar;
3. Google Chrome;
4. Yandex Browser;
5. OperaBrowser;

11. Лист обновления/актуализации

1. Рабочая программа

пересмотрена и актуализирована на заседании кафедры прикладной математики протокол № 8 от 20.03.2018г.;

одобрена на заседании совета факультета математики и информационных технологий, протокол № 5 от 30.03.2018 г.

2. Рабочая программа

пересмотрена и актуализирована на заседании кафедры прикладной математики протокол № 8 от 14.03.2019г.;

одобрена на заседании совета факультета математики и информационных технологий, протокол № 5 от 29.03.2019 г.

3. Рабочая программа

пересмотрена и актуализирована на заседании кафедры прикладной математики протокол № 7 от 19.03.2020г.;

одобрена на заседании совета факультета математики и информационных технологий, протокол № 5 от 27.03.2020 г.