

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ У.Д. АЛИЕВА»

Физико-математический факультет
Кафедра математического анализа

УТВЕРЖДАЮ
И. о. проректора по УР
М. Х. Чанкаев
«30» апреля 2025 г., протокол № 8

Рабочая программа дисциплины
**ЦИФРОВЫЕ МОДЕЛИ И ЧИСЛЕННЫЕ
МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ**

(наименование дисциплины (модуля))

Направление подготовки

01.04.02 Прикладная математика и информатика

(шифр, название направления)

Направленность (профиль) программы:

**Математическое и компьютерное моделирование
в экономике и управлении**

Квалификация выпускника
магистр

Форма обучения

Очная

Год начала подготовки - **2025**

Карачаевск, 2025

Составитель: канд. физ.-мат. наук, доцент Лайпанова З.М.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 января 2018 г. № 13, (с изменениями и дополнениями). Редакция с изменениями № 1456 от 26.11.2020, с изменениями и дополнениями от 8 февраля 2021г., на основании учебного плана подготовки магистров по направлению 01.04.02 Прикладная математика и информатика, направленность (профиль) программы: Математическое и компьютерное моделирование в экономике и управлении», локальных актов КЧГУ.

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры математического анализа на 2025-2026 учебный год, протокол № 8 от 28 апреля 2025г.

Оглавление

1. Наименование дисциплины (модуля)	4
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы	4
3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	4
4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся	5
5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий	6
5.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах).....	6
6. Основные формы учебной работы и образовательные технологии, используемые при реализации образовательной программы.....	7
7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).....	9
7.1. Индикаторы оценивания сформированности компетенций.....	9
7.2. Перевод балльно-рейтинговых показателей оценки качества подготовки обучающихся в отметки традиционной системы оценивания	10
7.3. Типовые контрольные вопросы и задания, необходимые для оценивания сформированности компетенций в процессе освоения учебной дисциплины.....	10
7.3.1. Перечень вопросов для зачета.....	10
7.3.2. Тестовый материал для диагностики индикаторов оценивания сформированности компетенций	11
7.3.3. Оценочные материалы. Типовые темы к письменным работам, <u>докладам</u> и выступлениям	11
8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)	12
8.1. Основная литература.....	12
8.2. Дополнительная литература	12
9. Требования к условиям реализации рабочей программы дисциплины (модуля)	12
9.1. Общесистемные требования.....	12
9.2. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины	13
9.3. Необходимый комплект лицензионного программного обеспечения	13
9.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы ..	13
10. Особенности организации образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями здоровья	14
11. Лист регистрации изменений.....	15

1. Наименование дисциплины (модуля): Цифровые модели и численные методы решения обратных задач

Целью изучения дисциплины является:

- теоретическое и практическое освоение обучающимися основных ее тем и разделов, необходимых для понимания ее роли в профессиональной деятельности;
- способности к восприятию, обобщению, применению методов решения обратных задач и их составления;
- освоения основных методов данной дисциплины, применяемых в решении профессиональных задач и научно-исследовательской деятельности, формирования знаний, умений и навыков построения цифровых моделей;
- принятия решений о спецификации и идентификации указанных моделей, выбора метода оценки параметров цифровых моделей, интерпретации результатов и получения прогнозных оценок.

Для достижения цели ставятся задачи:

- сформировать представление об истории возникновения необходимости решения обратных задач;
- овладеть теоретическими и практическими знаниями в области цифрового моделирования;
- изучить количественные и качественные характеристики поставленных задач с помощью численных методов решения обратных задач;
- обучить методологии и методике построения и применения цифровых моделей экономических объектов;
- научить прогнозированию недоступных для наблюдения количественных характеристик объекта по его известным количественным характеристикам;
- научить теории и практике анализа обратных задач, необходимых для принятия обоснованных математических решений.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина ФТД.02 «Цифровые модели и численные методы решения обратных задач» относится к блоку – «ФТД. Факультативные дисциплины».

Дисциплина (модуль) изучается на 2 курсе в 3 семестре.

МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПВО	
Индекс	ФТД.02
Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
Для успешного освоения дисциплины обучающийся должен иметь базовую подготовку в объеме программы бакалавриата, знать основы таких дисциплин как «Математический анализ», «Линейная алгебра», «Теория вероятностей», «Математическая статистика», «Программирование», «Экономика», «Статистика».	
Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
Дисциплина «Цифровые модели и численные методы решения обратных задач» является основой для успешного освоения дисциплин, формирующих компетенции ОПК-3, ПК-1, а также для прохождения определенных видов практик.	

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

Процесс изучения дисциплины «Цифровые модели и численные методы решения обратных задач» направлен на формирование следующих компетенций обучающегося:

Код компетенций	Содержание компетенции в соответствии с ФГОС ВО/ОПВО	Индикаторы достижения сформированности компетенций
ОПК-3	Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности	ОПК-3.1. Знает методы и приемы разработки и анализа математических моделей при решении актуальных и значимых проблем в области математических и прикладных наук ОПК-3.2. Умеет разрабатывать и строить математические модели и проводить их исследование методами прикладной математики и информатики ОПК-3.3. Владеет навыками разработки создания и совершенствования математических и компьютерных моделей в экономике и управлении
ПК-1	Способен демонстрировать фундаментальные знания математических и прикладных наук	ПК-1.1. Знает способы демонстрации и применения фундаментальных знаний в области математических и прикладных наук ПК-1.2. Умеет строить математические и компьютерные модели и исследовать их аналитическими и численными методами ПК-1.3. Владеет способностью к созданию, анализу и реализации математических и компьютерных моделей в областях профессиональной деятельности

4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины (модуля) составляет 2 ЗЕТ, 72 академических часа.

Объем дисциплины	Всего часов		
	Очная форма обучения	Очно-заочная форма обучения	Заочная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины	72		
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего)			
Аудиторная работа (всего):	36		
в том числе:			
лекции	18		
семинары, практические занятия	18		
практикумы			
лабораторные работы			
Внеаудиторная работа:			
консультация перед экзаменом			
Внеаудиторная работа также включает индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, групповые, индивидуальные консультации и иные виды учебной			

деятельности, предусматривающие групповую или индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, творческую работу (эссе), рефераты, контрольные работы и др.				
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	36			
Контроль самостоятельной работы				
Вид промежуточной аттестации обучающегося (зачет/экзамен)	Зачет			

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

**5.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий
(в академических часах)**

Очная форма обучения

№ п/п	Курс /семе- стр	Раздел, тема дисциплины	Общая трудо- емкость (в часах)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)		
				Всего	Аудиторные уч. занятия	
				72	Лек.	Пр.
2/3		<i>Раздел 1. Основные понятия прямых и обратных задач, цифровое моделирование</i>	34	8	6	20
1.		Классификация обратных задач математической физики.		2		
2.		Коэффициентные обратные задачи.		2		
3.		Граничные обратные задачи.		2		
4.		Эволюционные обратные задачи.				4
5.		Корректность математических задач.			2	
6.		Основы компьютерного моделирования.		2		
7.		Трехмерное моделирование в среде Autodesk AutoCAD.				4
8.		Моделирование в среде Autodesk AutoCAD.			2	
9.		Моделирование в среде Autodesk 3 dsMax.				4
10.		Изучение взаимосвязей по моделям и реализация типовых задач на компьютере.			2	
11.		Создание каркасных моделей.				4
12.		Моделирование сезонных колебаний с помощью фиктивных переменных.				4
		<i>Раздел 2. Методы решения обратных задач.</i>	38	10	12	16
13.		Методы решения граничных обратных задач для уравнения параболического типа.		2		
14.		Методы решения граничных обратных задач для уравнения параболического типа прямыми численными методами.			2	

15.	Метод регуляризации по Тихонову.		2		
16.	Метод квазиобращения.			2	
17.	Обратная граничная задача для упругого режима фильтрации.		2		
18.	Решение задач параболического типа в математическом пакете Mathcad.			2	
19.	Решение задач гиперболического типа в математическом пакете Mathcad.		2		
20.	Решение задач эллиптического типа в математическом пакете Mathcad.			2	
21.	Модельная дифференциальная задача.				4
22.	Схемы метода конечных интервалов.				4
23.	Метод баланса.			2	
24.	Разностные тождества.		2		
25.	Сходимость разностных схем.				2
26.	Решение сеточной задачи (критерии) устойчивости.				6
27.	Метод прогонки.			2	
	ИТОГО:	72	18	18	36

6. Основные формы учебной работы и образовательные технологии, используемые при реализации образовательной программы

Лекционные занятия. Лекция является основной формой учебной работы в вузе, она является наиболее важным средством теоретической подготовки обучающихся. На лекциях рекомендуется деятельность обучающегося в форме активного слушания, т.е. предполагается возможность задавать вопросы на уточнение понимания темы и рекомендуется конспектирование основных положений лекции. Основная дидактическая цель лекции - обеспечение ориентировочной основы для дальнейшего усвоения учебного материала. Лекторами активно используются: лекция-диалог, лекция - визуализация, лекция - презентация. Лекция - беседа, или «диалог с аудиторией», представляет собой непосредственный контакт преподавателя с аудиторией. Ее преимущество состоит в том, что она позволяет привлекать внимание слушателей к наиболее важным вопросам темы, определять содержание и темп изложения учебного материала с учетом особенностей аудитории. Участие обучающихся в лекции – беседе обеспечивается вопросами к аудитории, которые могут быть как элементарными, так и проблемными.

Главной задачей каждой лекции является раскрытие сущности темы и анализ ее основных положений. Рекомендуется на первой лекции довести до внимания студентов структуру дисциплины и его разделы, а в дальнейшем указывать начало каждого раздела (модуля), суть и его задачи, а, закончив изложение, подводить итог по этому разделу, чтобы связать его со следующим. Содержание лекций определяется настоящей рабочей программой дисциплины. Для эффективного проведения лекционного занятия рекомендуется соблюдать последовательность ее основных этапов:

1. формулировку темы лекции;
2. указание основных изучаемых разделов или вопросов и предполагаемых затрат времени на их изложение;
3. изложение вводной части;
4. изложение основной части лекции;
5. краткие выводы по каждому из вопросов;
6. заключение;
7. рекомендации литературных источников по излагаемым вопросам.

Практические занятия. Дисциплины, по которым планируются практические занятия, определяются учебными планами. Практические занятия относятся к основным видам учебных занятий и составляют важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки. Выполнение студентом практических занятий направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам дисциплин математического и общего естественно-научного, общепрофессионального и профессионального циклов;
- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;
- развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;
- выработку при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива. Методические рекомендации разработаны с целью единого подхода к организации и проведению практических занятий.

Практическое занятие — это форма организации учебного процесса, направленная на выработку у студентов практических умений для изучения последующих дисциплин (модулей) и для решения профессиональных задач. Практическое занятие должно проводиться в учебных кабинетах или специально оборудованных помещениях. Необходимыми структурными элементами практического занятия, помимо самостоятельной деятельности студентов, являются анализ и оценка выполненных работ и степени овладения студентами запланированными умениями. Дидактические цели практических занятий: формирование умений (аналитических, проектировочных, конструктивных), необходимых для изучения последующих дисциплин (модулей) и для будущей профессиональной деятельности.

В процессе подготовки к практическим занятиям, обучающимся необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной учебно-методической (а также научной и популярной) литературы. Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной литературой, материалами периодических изданий и Интернета, статистическими данными является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у обучающихся свое отношение к конкретной проблеме. Более глубокому раскрытию вопросов способствует знакомство с дополнительной литературой, рекомендованной преподавателем по каждой теме семинарского или практического занятия, что позволяет обучающимся проявить свою индивидуальность в рамках выступления на данных занятиях, выявить широкий спектр мнений по изучаемой проблеме.

Образовательные технологии. При проведении учебных занятий по дисциплине используются традиционные и инновационные, в том числе информационные образовательные технологии, включая при необходимости применение активных и интерактивных методов обучения.

Традиционные образовательные технологии реализуются, преимущественно, в процессе лекционных и практических занятий. Инновационные образовательные технологии используются в процессе аудиторных занятий и самостоятельной работы студентов в виде применения активных и интерактивных методов обучения. Информационные образовательные технологии реализуются в процессе использования электронно-библиотечных систем, электронных образовательных ресурсов и элементов электронного обучения в электронной информационно-образовательной среде для активизации учебного процесса и самостоятельной работы студентов.

Практические занятия могут проводиться в форме групповой дискуссии, «мозговой атаки», разборка кейсов, решения практических задач, публичная презентация проекта и

др. Прежде, чем дать группе информацию, важно подготовить участников, активизировать их ментальные процессы, включить их внимание, развивать коопeração и сотрудничество при принятии решений.

7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

7.1. Индикаторы оценивания сформированности компетенций

Компетенции	Зачтено			Не зачтено
	Высокий уровень (отлично) (86-100% баллов)	Средний уровень (хорошо) (71-85% баллов)	Низкий уровень (удовлетворительно) (56-70% баллов)	Ниже порогового уровня (неудовлетворительно) (до 55% баллов)
ОПК-2: Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач	ОПК-2.1. Полностью знает достоинства и недостатки применения конкретных методов для решения прикладных задач в области математических и прикладных наук	ОПК-2.1. Знает основные достоинства и недостатки применения конкретных методов для решения прикладных задач в области математических и прикладных наук	ОПК-2.1. В целом знает достоинства и недостатки применения конкретных методов для решения прикладных задач в области математических и прикладных наук	ОПК-2.1. Знает фрагментарно достоинства и недостатки применения конкретных методов для решения прикладных задач в области математических и прикладных наук
	ОПК-2.2. Умеет совершенствовать и реализовывать математические методы решения прикладных задач в научных и прикладных исследованиях	ОПК-2.2. Умеет совершенствовать и реализовывать математические методы решения прикладных задач в научных и прикладных исследованиях	ОПК-2.2. В целом умеет совершенствовать и реализовывать математические методы решения прикладных задач в научных и прикладных исследованиях	ОПК-2.2. Не умеет совершенствовать и реализовывать математические методы решения прикладных задач в научных и прикладных исследованиях
	ОПК-2.3. Владеет навыками совершенствования и реализации новых математических методов решения прикладных задач в соответствии с тематикой проводимых исследований	ОПК-2.3. Владеет основными навыками совершенствования и реализации новых математических методов решения прикладных задач в соответствии с тематикой проводимых исследований	ОПК-2.3. В целом владеет навыками совершенствования и реализации новых математических методов решения прикладных задач в соответствии с тематикой проводимых исследований	ОПК-2.3. Не владеет навыками совершенствования и реализации новых математических методов решения прикладных задач в соответствии с тематикой проводимых исследований
ПК-1: Способен демонстрировать фундаментальные знания математических и прикладных наук	ПК-1.1. В полном объеме знает способы демонстрации и применения фундаментальных знаний в области математических и прикладных наук	ПК-1.1. Знает способы демонстрации и применения фундаментальных знаний в области математических и прикладных наук	ПК-1.1. Знает способы демонстрации фундаментальных знаний в области математических и прикладных наук	ПК-1.1. Знает фрагментарно способы демонстрации фундаментальных знаний в области математических и прикладных наук

	ПК-1.2. Умеет в полном объеме строить математические и компьютерные модели и исследовать их аналитическими и численными методами	ПК-1.2. Умеет строить математические и компьютерные модели и исследовать их аналитическими и численными методами	ПК-1.2. Умеет в целом строить математические и компьютерные модели и исследовать их аналитическими и численными методами	ПК-1.2. Не умеет строить математические и компьютерные модели и исследовать их аналитическими и численными методами
	ПК-1.3. Полностью владеет навыками к созданию, анализу и реализации математических и компьютерных моделей в областях профессиональной деятельности	ПК-1.3. Владеет навыками к созданию, анализу и реализации математических и компьютерных моделей в областях профессиональной деятельности	ПК-1.3. В целом владеет способностью к созданию, анализу и реализации математических и компьютерных моделей в областях профессиональной деятельности	ПК-1.3. Не владеет способностью к созданию, анализу и реализации математических и компьютерных моделей в областях профессиональной деятельности

7.2. Перевод балльно-рейтинговых показателей оценки качества подготовки обучающихся в отметки традиционной системы оценивания

Порядок функционирования внутренней системы оценки качества подготовки обучающихся и перевод балльно-рейтинговых показателей обучающихся в отметки традиционной системы оценивания проводится в соответствии с положением КЧГУ «Положение о балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся», размещенным на сайте Университета по адресу: <https://kchgu.ru/inye-lokalnye-akty/>

7.3. Типовые контрольные вопросы и задания, необходимые для оценивания сформированности компетенций в процессе освоения учебной дисциплины

7.3.1. Перечень вопросов для зачета

1. Корректность по Адамару. Примеры некорректных задач.
2. Примеры некорректных задач. Суммирование рядов Фурье.
3. Примеры некорректных задач. Интегральные уравнения Фредгольма первого рода.
4. Примеры некорректных задач. Интегральные уравнения Вольтерра первого рода.
5. Примеры некорректных задач. Задача Коши для уравнения теплопроводности с обратным временем.
6. Примеры некорректных задач. Коэффициентная обратная задача теплопроводности.
7. Условно корректные задачи.
8. Квазирешение.
9. Метод Лаврентьева.
10. Метод регуляризации Тихонова.
11. Применение метода Тихонова к операции дифференцирования.
12. Градиентные методы.
13. Начально – краевая задача для уравнения Лапласа.
14. Начально – краевая задача для уравнения теплопроводности с обратным временем.
15. Методы регуляризации решений уравнений в свертках.
16. Итерационные методы регуляризации.
17. Обратная задача для уравнения Штурма-Лиувилля.
18. Обратная динамическая задача.

19. Обратная задача для параболических уравнений.
20. Обратная задача для гиперболических уравнений.

7.3.2. Тестовый материал для диагностики индикаторов оценивания сформированности компетенций

7.3.3. Оценочные материалы. Типовые темы к письменным работам, докладам и выступлениям.

Типовые темы к письменным работам, докладам и выступлениям.

Раздел 1. Основные понятия обратных задач и цифрового моделирования.

1. Корректность по Адамару. Примеры некорректных задач.
2. Примеры некорректных задач. Суммирование рядов Фурье.
3. Примеры некорректных задач. Интегральные уравнения Фредгольма первого рода.
4. Примеры некорректных задач. Интегральные уравнения Вольтерра первого рода.
5. Примеры некорректных задач. Задача Коши для уравнения теплопроводности с обратным временем.
6. Примеры некорректных задач. Коэффициентная обратная задача теплопроводности.
7. Условно корректные задачи.
8. Квазирешение.
9. Понятие и определение цифровой модели местности (ЦММ), требования, предъявляемые к созданию цифровых моделей.
10. Понятие о векторном и растровом изображениях. Исходные материалы.
11. Современные технологии получения данных для создания ЦММ.
12. Основные идеи, заложенные в основу глобальных навигационных спутниковых систем.
13. Источники погрешностей, влияющие на точность спутниковых определений.
14. Понятие о глобальной системе позиционирования GPS. Общие сведения, принципы работы. Главные сегменты спутниковой системы.
15. Понятие о глобальной системе позиционирования ГЛОНАСС. Общие сведения, принципы работы. Главные сегменты спутниковой системы.
16. Геоцентрическая система координат WGS-84.
17. Геоцентрическая система координат ПЗ – 90.
18. Государственные системы координат СК- 42 и СК – 95.

Раздел 2. Методы решения обратных задач

1. Метод Лаврентьева.
2. Метод регуляризации Тихонова.
3. Применение метода Тихонова к операции дифференцирования.
4. Градиентные методы.
5. Начально – краевая задача для уравнения Лапласа.
6. Начально – краевая задача для уравнения теплопроводности с обратным временем.
7. Методы регуляризации решений уравнений в свертках.
8. Итерационные методы регуляризации.
9. Обратная задача для уравнения Штурма-Лиувилля.
10. Обратная динамическая задача.
11. Обратная задача для параболических уравнений.
12. Обратная задача для гиперболических уравнений.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

8.1. Основная литература

1. Немцова, О. М. Методы решения обратных задач, выраженных интегральными уравнениями Фредгольма первого рода / О. М. Немцова. - Текст : электронный // Вестник Удмуртского университета. Серия 4. Физика и химия. - 2005. - №4. - С. 23-34. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/> – Режим доступа: по подписке.
2. Пименов, В. Г. Численные методы решения уравнения теплопроводности с запаздыванием / В. Г. Пименов. - Текст : электронный // Вестник Удмуртского университета. Серия 1. Математика. Механика. Компьютерные науки. - 2008. - №2. - С. 113-116. - URL: <https://znanium.com/catalog/> – Режим доступа: по подписке.
3. Горбачев, М. В. Вычислительная математика: численные методы решения задач тепломассообмена : учебно-методическое пособие / М. В. Горбачев, М. С. Макаров. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2018. - 64 с. - ISBN 978-5-7782-3786-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/> – Режим доступа: по подписке.
4. Кудряшов, С. Н. Кудряшов, С. Н. Основные методы решения практических задач в курсе «Уравнения математической физики» : учеб. пособие / С. Н. Кудряшов. - Ростов-на-Дону : Издательство ЮФУ, 2011. - 308 с. - ISBN 978-5-9275-0879-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/556282> – Режим доступа: по подписке.

8.2. Дополнительная литература

1. Пантелеев, А. В. Численные методы. Практикум : учебное пособие / А. В. Пантелеев, И. А. Кудрявцева. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 512 с. — (Высшее образование). - ISBN 978-5-16-018445-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2002583> – Режим доступа: по подписке.
2. Веремчук, Н. С. Численные методы в техническом вузе : учебно-методическое пособие / Н. С. Веремчук. - Омск : СибАДИ, 2022. - 80 с. - ISBN 978-5-00113-191-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2111376> – Режим доступа: по подписке.

9. Требования к условиям реализации рабочей программы дисциплины (модуля)

9.1. Общесистемные требования

Электронная информационно-образовательная среда ФГБОУ ВО «КЧГУ»

Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС) Университета из любой точки, в которой имеется доступ к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», как на территории Университета, так и вне ее.

Функционирование ЭИОС обеспечивается соответствующими средствами информационно-коммуникационных технологий и квалификацией работников, ее использующих и поддерживающих. Функционирование ЭИОС соответствует законодательству Российской Федерации.

Адрес официального сайта университета: <http://kchgu.ru>.

Адрес размещения ЭИОС ФГБОУ ВО «КЧГУ»: <https://do.kchgu.ru>.

Электронно-библиотечные системы (электронные библиотеки)

Учебный год	Наименование документа с указанием реквизитов	Срок действия документа
--------------------	--	--------------------------------

2025-2026 учебный год	Электронно-библиотечная система ООО «Знаниум». Договор № 249 эбс от 14.05.2025 г. Электронный адрес: https://znanium.com	от 14.05.2025г. до 14.05.2026г.
2025-2026 учебный год	Электронно-библиотечная система «Лань». Договор № 10 от 11.02.2025 г. Электронный адрес: https://e.lanbook.com	от 11.02.2025г. до 11.02.2026г.
2025-2026 учебный год	Электронно-библиотечная система КЧГУ. Положение об ЭБ утверждено Ученым советом от 30.09.2015г. Протокол № 1. Электронный адрес: http://lib.kchgu.ru	Бессрочный
2025-2026 учебный год	Национальная электронная библиотека (НЭБ). Договор №101/НЭБ/1391-п от 22.02.2023 г. Электронный адрес: http://rusneb.ru	Бессрочный
2025-2026 учебный год	Научная электронная библиотека «ELIBRARY.RU». Лицензионное соглашение №15646 от 21.10.2016 г. Электронный адрес: http://elibrary.ru	Бессрочный
2025-2026 учебный год	Электронный ресурс Polpred.comОбзор СМИ. Соглашение. Бесплатно. Электронный адрес: http://polpred.com	Бессрочный

9.2. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины

Занятия проводятся в учебных аудиториях, предназначенных для проведения занятий лекционного и практического типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в соответствии с расписанием занятий по образовательной программе. С описанием оснащенности аудиторий можно ознакомиться на сайте университета, в разделе материально-технического обеспечения и оснащенности образовательного процесса по адресу: <https://kchgu.ru/sveden/objects/>

9.3. Необходимый комплект лицензионного программного обеспечения

- Microsoft Windows (Лицензия № 60290784), бессрочная
- Microsoft Office (Лицензия № 60127446), бессрочная
- ABBY FineReader (лицензия № FCRP-1100-1002-3937), бессрочная
- CalculateLinux (внесён в ЕРРП Приказом Минкомсвязи №665 от 30.11.2018-2020), бессрочная
- Google G Suite for Education (IC: 01i1p5u8), бессрочная
- Kaspersky Endpoint Security (Лицензия № 280E-210210-093403-420-2061), с 25.01.2023 г. по 03.03.2025 г.
- Kaspersky Endpoint Security. Договор №0379400000325000001/1 от 28.02.2025г. Срок действия лицензии с 27.02.2025г. по 07.03.2027г.

9.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Федеральный портал «Российское образование» - <https://edu.ru/documents/>
2. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов (Единая коллекция ЦОР) – <http://school-collection.edu.ru/>
3. Базы данных Scopus издательства Elsevier <http://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic>.

4. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования - <http://fgosvo.ru>.
5. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (ФЦИОР) – <http://edu.ru>.
6. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов (Единая коллекция ЦОР) – <http://school-collection.edu.ru>.
7. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» (ИС «Единое окно») – <http://window.edu.ru>.

10. Особенности организации образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями здоровья

В ФГБОУ ВО «Карачаево-Черкесский государственный университет имени У.Д. Алиева» созданы условия для получения высшего образования по образовательным программам обучающихся с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ).

Специальные условия для получения образования по ОПВО обучающимися с ограниченными возможностями здоровья определены «[Положением об обучении лиц с ОВЗ](#) в КЧГУ», размещенным на сайте Университета по адресу: <http://kchgu.ru>.

11. Лист регистрации изменений

В рабочей программе внесены следующие изменения:

Изменение	Дата и номер протокола ученого совета факультета/ института, на котором были рассмотрены вопросы о необходимости внесения изменений в ОПВО	Дата и номер протокола ученого совета Университета, на котором были утверждены изменения в ОПВО