



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Факультет математики и компьютерных наук

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Численное исследование математических моделей теплопереноса

Кафедра прикладной математики факультета математики и
компьютерных наук

**Образовательная программа магистратуры
01.04.02 - Прикладная математика и информатика**

Направленность (профиль) программы
Математическое моделирование и вычислительная математика

Форма обучения
Очная

Статус дисциплины: **входит в обязательную часть ОПОП**

Махачкала, 2022

Рабочая программа дисциплины «Численное исследование математических моделей теплопереноса» составлена в 2022 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО магистратуры по направлению подготовки 01.04.02 – прикладная математика и информатика от 10.01.2018 г. № 13

Разработчики:

1. кафедра прикладной математики, Бейбалаев В.Д. к.ф.-м. н., доцент;

Рабочая программа дисциплины одобрена:

на заседании кафедры прикладной математики от «25» 02 2022 г., протокол № 6

Зав. кафедрой  Кадиев Р.И.

на заседании Методической комиссии факультета математики и компьютерных наук от «24» 03 2022 г., протокол № 4.

Председатель  Ризаев М.К.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением « 31 » 03 2022 г. 

(подпись)

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина Численное исследование математических моделей теплопереноса входит в базовую часть направления образовательной программы *магистратуры* по направлению подготовки 01.04.02 – Прикладная математика и информатика.

Дисциплина реализуется на факультете математики и компьютерных наук кафедрой прикладной математики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с численным исследованием различных процессов теплопереноса и освоением методов разработки математических моделей, а также умением проводить расчетно-графические работы.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: профессиональных – ОПК-4, ПК-3.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: *лекции, практические занятия и самостоятельная работа.*

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме контрольных и лабораторных работ и промежуточный контроль в форме зачета.

Объем дисциплины 4 зачетных единиц, в том числе в академических часах 144 по видам учебных занятий

Семес тр	Учебные занятия						СРС, в том числе экза мен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцирован ный зачет, экзамен
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
	Всег о	из них						
Лекц ии		Лабораторн ые занятия	Практиче ские занятия	КСР	консульта ции			
9	144	14		16			78	экзамен
Итого:	144	14		16			78	36

1. Цели освоения дисциплины

Цель изучения курса «Численное исследование математических моделей теплопереноса» - владение студентами навыков исследования математических моделей процессов теплопереноса и умение проводить расчетно-графические работы.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры

Дисциплина «Численное исследование математических моделей теплопереноса» входит в базовую часть образовательной программы *магистратуры* по направлению подготовки 01.04.02 – Прикладная математика и информатика.

Курс «Численное исследование математических моделей теплопереноса» вводится после изучения дисциплин алгебра, информатика, математический анализ, дифференциальные уравнения, так как для успешного усвоения этого курса студентам необходимы знания по указанным дисциплинам.

Изученные в курсе математические модели могут использоваться при моделировании различных процессов теплопереноса.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения) .

Код и наименование компетенции ОПОП	и из	Код и наименование индикатора достижения компетенций (в соответствии с ОПОП)	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ОПК-4- Способен комбинировать и адаптировать существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности		ОПК-4.1. Знает основные положения и концепции прикладного и системного программирования, архитектуры компьютеров и сетей (в том числе и глобальных), современные языки программирования, технологии создания и эксплуатации программных продуктов и	Знает основные положения и концепции прикладного и системного программирования, архитектуры компьютеров и сетей (в том числе и глобальных), современные языки программирования, технологии создания и эксплуатации программных продуктов и программных комплексов. Умеет использовать их в профессиональной деятельности.. Владеет практическими навыками разработки программного обеспечения.	Контрольные работы, лабораторные работы, зачет

	<p>программных комплексов. ОПК-4.2. Умеет использовать их в профессиональной деятельности. ОПК-4.3. Имеет практические навыки разработки программного обеспечения.</p>		
<p>ПК-3- Способен понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат, системное и прикладное программное обеспечение для решения задач научной и проектно-технологической деятельности.</p>	<p>ПК-3.1 Знает принципы построения совершенствования и применения современного математического аппарата. ПК-3.2 Умеет решать научные задачи в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой. ПК-3.3 Имеет практический опыт использования математического аппарата, международных и профессиональные стандарты в области информационных технологий.</p>	<p>Знает принципы построения совершенствования и применения современного математического аппарата. Умеет решать научные задачи в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой. Владеет практическим опытом использования математического аппарата, международных и профессиональные стандарты в области информационных технологий.</p>	<p>Контрольные работы, лабораторные работы, зачет</p>

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы 108 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)
				Лекции	Практические занятия	Лаб. Раб.	Сам. раб	Подг. к экз.	Общ. тр	Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
Модуль 1. Линейные задачи теплопроводности				4	6		26		36	
1	Одномерное уравнение теплопроводности. Конечно-разностная аппроксимация граничных условий второго и третьего рода.	9	1-2	2	2		6		10	Индивидуальный фронтальный опрос, лабораторная работа.
2	Задача теплопроводности с внутренними источниками.	9	3		2		6		8	
3	Двумерная задача теплопроводности для однородного тела		4	2			8		10	
4	Двумерная задача теплопроводности для неоднородного тела		5		2		6		8	
Модуль 2. Нелинейные задачи теплопроводности				4	4		28		36	----

5	Одномерное уравнение теплопроводности с зависящим от температуры коэффициентом теплопроводности	9	6-7	2	2		14		18	-----
6	Одномерное уравнение теплопроводности с нелинейными граничными условиями.	9	8-9	2	2		14		18	---
Модуль 3. Численное исследование математических моделей теплопроводности				6	6		24		36	
7	Численное исследование процесса теплопроводности в случае фазового перехода на границе.	9	10-11	2	2		8		12	---
6	Численное исследование процесса теплопроводности в случае термического разложения	9	12-13	2	2		8		12	
7	Численное исследование процесса теплопроводности в случае промерзания	9	14-15	2	2		8		12	---

	влажного грунта								
	Модуль 4. Подготовка к экзамену						36		экзамен
ИТОГО:			14	16		78	36	144	

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

Модуль 1. Линейные задачи теплопроводности.

Тема 1. Одномерное уравнение теплопроводности. Одномерное уравнение теплопроводности. Конечно-разностная аппроксимация граничных условий второго и третьего рода.

Тема 2. Задача теплопроводности с внутренними источниками. Математическая постановка задачи. Конечно-разностная аппроксимация нелинейных граничных условий. Порядок аппроксимации.

Тема 3. Двумерная задача теплопроводности для однородного тела. Математическая постановка задачи. Конечно-разностная аппроксимация нелинейных граничных условий. Порядок аппроксимации.

Тема 4. Двумерная задача теплопроводности для неоднородного тела. Математическая постановка задачи. Конечно-разностная аппроксимация нелинейных граничных условий. Порядок аппроксимации.

Модуль 2. Нелинейные задачи теплопроводности

Тема 5. Одномерное уравнение теплопроводности с зависящим от температуры коэффициентом теплопроводности. Одномерное уравнение теплопроводности с зависящим от температуры коэффициентом теплопроводности. Разностная аппроксимация. Сходимость. Алгоритм численного моделирования.

Тема 6. Одномерное уравнение теплопроводности с нелинейными граничными условиями. Одномерное уравнение теплопроводности с нелинейными граничными условиями. Разностная аппроксимация. Сходимость. Алгоритм численного моделирования.

Модуль 3. Численное исследование математических моделей теплопроводности

Тема 7. Численное исследование процесса теплопроводности в случае фазового перехода на границе. Математическая постановка задачи. Разностная аппроксимация. Алгоритм численного моделирования.

Тема 8. Численное исследование процесса теплопроводности в случае термического разложения. Математическая постановка задачи. Разностная аппроксимация. Алгоритм численного моделирования.

Тема 9. Численное исследование процесса теплопроводности в случае промерзания влажного грунта. Математическая постановка задачи. Разностная аппроксимация. Алгоритм численного моделирования.

5. Образовательные технологии

Практические занятия проводятся в компьютерных классах с использованием меловой доски и мультимедийного проектора. Для проведения лабораторных занятий необходима аудитория, оснащенная компьютерами, мультимедиа-проектором, экраном, доской, ноутбуком (с программным обеспечением для демонстрации слайд-презентаций).

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

6.1. Виды и порядок выполнения самостоятельной работы

1. Изучение рекомендованной литературы.
2. Подготовка к отчетам по лабораторным занятиям.
5. Подготовка к зачету.

№	Виды самостоятельной работы	Вид контроля	Учебно-методич. обеспечения
1	Изучение рекомендованной литературы	Устный опрос по разделам дисциплины	См. [1-3] раздел 8
2	Подготовка к экзамену	Устный опрос, либо компьютерное тестирование	См. [1-3] раздел 8

Текущий контроль: проверка отчетов по лабораторным работам, защита.

Текущий контроль: проверка рефератов, ответы на вопросы из предложенного преподавателем списка.

Промежуточная аттестация: коллоквиум.

Текущий контроль успеваемости осуществляется непрерывно, на протяжении всего курса. Прежде всего, это устный опрос по ходу практических и лабораторных занятий, выполняемый для оперативной активизации внимания студентов и оценки их уровня усвоения тем. Результаты устного опроса учитываются при выборе индивидуальных задач для решения. Каждую неделю осуществляется проверка выполнения заданий, лабораторных.

Промежуточный контроль проводится в форме коллоквиума, в которых содержатся практические задачи и теоретические вопросы.

Итоговый контроль проводится либо в виде устного зачета, либо в форме тестирования.

6.2. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Темы рефератов:

1. Теплопроводность через однослойную цилиндрическую стенку.
2. Теплопроводность через однослойную шаровую стенку.
3. Уравнение Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи.
4. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена.

Темы для самостоятельного изучения.

- Двумерное уравнение теплопроводности с излучением на границах.
- Двумерное уравнение теплопроводности с фазовым переходом на одной из границ.
- Теплопроводность при стационарном режиме.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

7.1. Типовые лабораторные работы

Лабораторная работа № 1.

Линейные задачи теплопроводности

1. Математическая постановка задачи.
2. Разностная схема, аппроксимирующая краевую задачу для уравнения теплопроводности.
3. Алгоритм решения задачи.
4. Программа с применением объектно-ориентированного

программирования.

5. Результаты и выводы.

Лабораторная работа № 2

Задача теплопроводности с внутренними источниками

1. Математическая постановка задачи.
2. Разностная схема, аппроксимирующая краевую задачу для уравнения теплопроводности.
3. Алгоритм решения задачи.
4. Программа с применением объектно-ориентированного программирования.
5. Результаты и выводы.

Лабораторная работа № 3

Двумерная задача теплопроводности для однородного тела

1. Математическая постановка задачи.
2. Разностная схема, аппроксимирующая краевую задачу для уравнения теплопроводности.
3. Алгоритм решения задачи.
4. Программа с применением объектно-ориентированного программирования.
5. Результаты и выводы.

Лабораторная работа № 4

Двумерная задача теплопроводности для неоднородного тела

1. Математическая постановка задачи.
2. Разностная схема, аппроксимирующая краевую задачу для уравнения теплопроводности.
3. Алгоритм решения задачи.
4. Программа с применением объектно-ориентированного программирования.
5. Результаты и выводы.

Лабораторная работа № 5

Одномерное уравнение теплопроводности с зависящим от температуры коэффициентом теплопроводности

1. Математическая постановка задачи.
2. Разностная схема, аппроксимирующая краевую задачу для уравнения теплопроводности.
3. Алгоритм решения задачи.
4. Программа с применением объектно-ориентированного программирования.
5. Результаты и выводы.

Лабораторная работа № 6
**Одномерное уравнение теплопроводности с нелинейными
граничными условиями**

1. Математическая постановка задачи.
2. Разностная схема, аппроксимирующая краевую задачу для уравнения теплопроводности.
3. Алгоритм решения задачи.
4. Программа с применением объектно-ориентированного программирования.
5. Результаты и выводы.

Лабораторная работа № 7
**Численное исследование процесса теплопроводности в случае
фазового перехода на границе**

1. Математическая постановка задачи.
2. Разностная схема, аппроксимирующая краевую задачу для уравнения теплопроводности.
3. Алгоритм решения задачи.
4. Программа с применением объектно-ориентированного программирования.
5. Результаты и выводы.

Лабораторная работа № 8
**Численное исследование процесса теплопроводности в случае
термического разложения**

1. Математическая постановка задачи.
2. Разностная схема, аппроксимирующая краевую задачу для уравнения теплопроводности.
3. Алгоритм решения задачи.
4. Программа с применением объектно-ориентированного программирования.
5. Результаты и выводы.

Лабораторная работа № 9
**Численное исследование процесса теплопроводности в случае
промерзания влажного грунта**

1. Математическая постановка задачи.
2. Разностная схема, аппроксимирующая краевую задачу для уравнения теплопроводности.
3. Алгоритм решения задачи.
4. Программа с применением объектно-ориентированного программирования.
5. Результаты и выводы.

Ориентировочный перечень вопросов к экзамену по всему курсу
Общие вопросы.

1. Одномерное уравнение теплопроводности. Конечно-разностная аппроксимация граничных условий второго и третьего рода.
2. Задача теплопроводности с внутренними источниками. Математическая постановка задачи. Конечно-разностная аппроксимация нелинейных граничных условий. Порядок аппроксимации.
3. Двумерная задача теплопроводности для однородного тела. Математическая постановка задачи. Конечно-разностная аппроксимация нелинейных граничных условий. Порядок аппроксимации.
4. Двумерная задача теплопроводности для неоднородного тела. Математическая постановка задачи. Конечно-разностная аппроксимация нелинейных граничных условий. Порядок аппроксимации.
5. Одномерное уравнение теплопроводности с зависящим от температуры коэффициентом теплопроводности. Одномерное уравнение теплопроводности с зависящим от температуры коэффициентом теплопроводности. Разностная аппроксимация. Сходимость. Алгоритм численного моделирования.
6. Одномерное уравнение теплопроводности с нелинейными граничными условиями. Одномерное уравнение теплопроводности с нелинейными граничными условиями. Разностная аппроксимация. Сходимость. Алгоритм численного моделирования.
7. Численное исследование процесса теплопроводности в случае фазового перехода на границе. Математическая постановка задачи. Разностная аппроксимация. Алгоритм численного моделирования.
8. Численное исследование процесса теплопроводности в случае термического разложения. Математическая постановка задачи. Разностная аппроксимация. Алгоритм численного моделирования.
9. Численное исследование процесса теплопроводности в случае промерзания влажного грунта. Математическая постановка задачи. Разностная аппроксимация. Алгоритм численного моделирования.

7.2. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля – 50 % и промежуточного контроля – 50 %.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 15 баллов,
- участие на лабораторных занятиях - 20 баллов,

- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 15 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- лабораторная работа - 20 баллов,

- письменная контрольная работа - 30 баллов,

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

а) основная литература:

1. Кузнецов Г.В., Шеремет М.А. Разностные методы решения задач теплопроводности.-Из-во ТомПУ.-2007.-172 с.
2. Брюханов, О. Н. Тепломассообмен: учебное пособие / О. Н. Брюханов, С. Н. Шевченко. – М.: АСВ, 2005. – 460 с.
3. Нащекин, В. В. Техническая термодинамика и теплопередача: учеб. пособие / В. В. Нащекин. – 4-е изд., стер. – М.: Аз-бук, 2008. – 469 с.
4. Мирам, А. О. Техническая термодинамика. Тепломассообмен /А. О. Мирам, В. А. Павленко. – М.: АСВ, 2011. – 352 с.

б) дополнительная литература:

1. Кудинов, А. А. Тепломассообмен: учебное пособие для вузов / А. А. Кудинов – М.: ИНФРА-М, 2012. – 374 с.204.
2. Цветков, Ф. Ф. Тепломассообмен: учеб. пособие для студ. вузов / Ф. Ф. Цветков, Б. А. Григорьев. – М.: Изд-во МЭИ, 2006. – 549 с.
3. Исаченко, В. П. Теплопередача / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. – М.: Энергия, 1981. – 416 с.

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

1. Информационная система «Динамические модели в биологии». Реестр моделей [Электронный ресурс]: / Руководитель проекта Ризниченко Г. Ю. URL: <http://www.dmb.biophys.msu.ru/registry?article=53>.

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Для успешного освоения курса студентам рекомендуется проводить самостоятельный разбор материалов лабораторных занятий в течении семестра. В случае затруднений в понимании и освоении каких-либо тем решать дополнительные задания из учебных пособий, рекомендуемых к данному курсу.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

Для успешного освоения дисциплины, обучающийся использует следующие программные средства: пакеты для решения задач математического программирования: MathCAD и Mat LAB, объектно-ориентированное программирование в среде Delphi и C++.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Специальные помещения представляют собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа и групповых и индивидуальных консультаций. Кабинет для текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

Все лекционные аудитории укомплектованы мультимедийными и техническими средствами обучения. В каждой аудитории 35 рабочих мест. Лабораторные занятия проводятся по подгруппам в компьютерных классах. Компьютерные классы оснащены необходимым числом компьютеров и мультимедийным оборудованием. На компьютерах установлено необходимое программное обеспечение.

Электронно-библиотечные системы (электронная библиотека) и электронная информационно-образовательная среда обеспечивает одновременный доступ обучающихся, включая удаленный доступ к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.