


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК
Кафедра фундаментальной математики и механики

РЕКОМЕНДОВАНО К ЗАЩИТЕ
В ГЭК

Заведующий кафедрой
(к.ф.-м.н.)


А. П. Девятков
19 июня 2023 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
магистра

РАСЧЁТ СТАЦИОНАРНОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПРИ НАЛИЧИИ
ВНУТРЕННЕГО ИСТОЧНИКА
01.04.01 «Математика»
Магистерская программа «Вычислительная механика»

Выполнил работу
студент 2 курса
очной
формы обучения



Трофимеко
Максим
Эдуардович

Научный руководитель
(д.ф.-м.н., профессор)



Зубков
Павел
Тихонович

Рецензент
(к.ф.-м.н., доцент, профессор
кафедры моделирования физических
процессов и систем, ТюмГУ)



Шевелев
Александр
Павлович

Тюмень
2023 год

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	3
Глава 1. Теоретическая часть	8
1.1. Описание уравнения энергии	8
1.2. Краевые условия задачи.....	12
1.3. Численный метод.....	13
1.4. Неявная схема уравнения теплопроводности.....	18
1.5. Алгоритм прогонки	20
1.6. Решение системы уравнений.....	23
1.7. Нелинейности искомых параметров.....	25
1.8. Источниковый член. Нелинейность и линеаризация.....	26
1.9. Релаксация	29
1.10. Устойчивость.....	31
Глава 2. Практическая часть	33
2.1. Задача 1	33
2.2. Задача 2	36
2.3. Задача 3	37
2.4. Задача 4	40
2.5. Задача 5	44
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	49
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	50

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире задачи по тепломассообмену и гидродинамике, представляющие интерес как для науки, так и для промышленности, которыми занимаются исследователи и инженеры не поддаются точному (аналитическому) решению, а единственный способ их теоретического анализа — это использование численных методов в решении задачи.

В данной работе для нахождения численного решения используется метод контрольных объемов, на котором базируется программа CONDUCT. Благодаря этой программе смоделировано такое физическое явление как теплопроводность или перенос тепла. Численное моделирование подразумевает создание математической модели изучаемой системы и дальнейшая реализация этой модели на компьютере. Такой способ решения задачи можно использовать либо как реальную альтернативу экспериментальным измерениям, либо как вспомогательный инструмент в планировании и разработке экспериментов, своего рода начальное приближение, это позволит обогатить результаты, минимизировать ошибки, уменьшить стоимость.

Развитие численных методов дало возможность существенно расширить круг задач доступных анализу; полученные на их основе результаты используются в промышленности, строительстве и во многих областях науки и техники. Особенно велика их роль в таких областях как ракетная техника, авиация, энергетика (в частности, ядерная), в этих отраслях численные методы активно используются в практике.

В данной работе проведены вычислительные эксперименты. Что такое вычислительный эксперимент? Опираясь на [5] сформулируем два определения.

Вычислительный эксперимент — технология научных исследований, целью которой является координация и связь между теоретическими и экспериментальными исследованиями, для углубления и обогащения знаний. Это определение в широком методологическом смысле. Приведем определение в более узкое смысле.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В конце подведем итоги исследования и покажем какие задачи достигнуты, для реализации цели.

В первой части работы проведен анализ фундаментальной литературы. На основании этого анализа описан процесс теплопроводности, в частности стационарной. После чего представлен вывод уравнения энергии. Рассмотрено понятие краевых условий.

Далее логическим продолжением работы стало рассмотрение возможности решения полученных уравнений в другом виде, с помощью концепции дискретизации, то есть численно, но с сохранением исходного смысла и логики. Описаны особенности численного метода.

В практической части реализованы пять задач в каждой из которых рассмотрены определенные особенности применения численного метода для поиска стационарного поля температур.

Вычислительный эксперимент проведенный в задаче 1, показал, что расчетной сетки 35×35 для решения задачи вполне достаточно. Выявлено что с увеличением расчетной сетки, увеличивается и время для нахождения решения. Из чего сделан вывод что в зависимости от требуемой точности необходимо подбирать расчетную сетку.

В задаче 2 показано, что безразмерная температура является функцией безразмерных координат и изменение исходных данных никак на это не влияет.

В задаче 3 построены зависимости температуры от времени на основании которых сделан вывод: величина источникового члена не влияет на время выхода в стационарный режим.

В задаче 4 показан способ решения задач используя свойства симметрии.

Последней стала практическая задача об остывании асфальтобетонной смеси в кузове автосамосвала. Получено представление о свойстве материала, что потенциально можно использовать в конструкторском деле.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патанкар С.В. Численное решение задач теплопроводности и конвективного теплообмена при течении в каналах: пер. с англ. Е.В. Калабина — М.: Издательство МЭИ, 2003. — 312 с.
2. Патанкар С.В. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости: пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 1984
3. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи М.: «Энергия», 1977
4. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики М.: Наука, 2004. — 800 с.
5. Самарский А.А., Вабищевич П.Н. Вычислительная теплопередача. — М.:Едиториал УРСС, 2003. — 784 с.
6. Киреев В. И., Пантелеев А. В. Численные методы в примерах и задачах: Учебное пособие. — 4-е изд., испр. — СПб.: Издательство «Лань», 2015. — 448 с.
7. Роуч П. Вычислительная гидродинамика: пер. с англ. Учебное пособие, 1980.— 616 с.
8. Лыков А.В. Теория теплопроводности: Издательство «Высшая школа», 1966. — 600 с.
9. Бахвалов Н.С. Численные методы. Решения задач и упражнения: Учебное пособие / Н.С. Бахвалов, А.А Корнев - М.: Бином, 2016. — 352 с.
10. Patankar S.V. A Calculation Procedure for Two-Dimensional Elliptic Situations // Num. Heat Transfer. 1981. Vol. 4. P. 409.
11. Settari A., Aziz K. A Generalization of the Additive Correction Methods for the Iterative Solution of Matrix Equations // SIAM J. Num. Analysis. 1973. Vol. 10. P. 506.
12. Moukalled F., Mangani L., Darwish M. The finite volume method in computational fluid dynamics// Springer. 2016. P.816.
13. Versteeg H., Malalasek W. Introduction to computational fluid dynamics The finite volume method// Pearson. 2007. P.520.