

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

27-06 2022г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
Магистерская диссертация

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ
01.04.01. Математика

Магистерская программа <<Вычислительная механика>>


Выполнили работу
Студенты 2 курса
очной формы обучения

 Склуюев Константин Станиславович
 Ленц Евгений Альбертович

Руководитель работы
д.ф.-м.н., профессор

 Зубков Павел Тихонович

Рецензент
к.т.н., научный сотрудник
ТюмФ ИТПМ СОРАН

 Мусакаев Эмиль Наилевич

Тюмень
2022

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Глава 1. Введение в численные методы.....	5
1.1. Понятие численного решения	5
1.2. Получение дискретных аналогов	5
1.3. Стационарная одномерная теплопроводность	7
1.3.1 Дискретный аналог	7
1.3.2 Формирование источникового члена	9
1.3.3 Граничные условия	12
1.3.4 Решение системы алгебраических уравнений.....	15
1.4. Нелинейность.....	18
1.5. Линеаризация граничных условий	18
1.6. Линеаризация источникового члена.....	19
1.7. Релаксация.....	20
1.8. Построение контрольных объёмов.....	22
1.9. Обобщённая математическая постановка задачи.....	24
Глава 2. Численная схема и её реализация	29
2.1. Расчётная сетка и контрольные объёмы	29
2.2. Обобщённое дискретное уравнение	31
2.3. Представление граничных условий.....	33
2.4. Решение системы алгебраических уравнений.....	34
Глава 3. Практическая часть	38
Заключение	47
Литература	48
Приложение	50

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия изучение переноса тепла в замкнутых областях, актуально для нашего времени. Этот интерес продиктован ролью, которую играют такие задачи, в многочисленных промышленных областях, как: охлаждение электронных компонентов, кондиционирование, теплообменники, атомные электростанции и так далее.

Многие исследования были проведены с использованием: цифровых экспериментов (численное моделирование) и практическое (лабораторный опыт). Вполне вероятно, что лабораторные эксперименты имеют решающее значение чтобы подтвердить первый подход, однако он по-прежнему затруднен из-за высокой стоимости материал и сложность реализации.

В свою очередь, цифровой эксперимент является дешёвым и приемлемым способом. За прошлый век скорость развития электроники сделала большой рывок, благодаря этому понимание процессов конвекции, а также теплового излучения дало значительный прогресс в исследованиях и взаимосвязи этих явлений.

Изучение естественной конвекции в замкнутых пространствах все еще является предметом исследования, как в численном, так и в экспериментальном отношении. Различные режимы теплопередачи (конвекция, проводимость, радиация) могут взаимодействовать друг с другом, в частности, через стены.

Однако, когда рассматривается перенос излучения, возникает особая проблема, когда сама жидкость ведет себя как полупрозрачная среда, то есть она поглощает и испускает излучение.

Когда полости заполнены газом, влияние радиационного обмена между поверхности через среду, которая испускает излучение при собственной локальной температуре, поглощает и рассеивает поступающее излучение в любой точке (полупрозрачная среда).

Целью моей выпускной квалификационной работы состоит:

- изучение выбранного научного материала для численного решения задач теплопроводности
- создание теоретической базы по изученному материалу
- создание программного кода, для численного решения задач по теплопереносу
- сделать выводы по полученным результатам

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Главную роль в создании технических устройств играет численное моделирование, характеризующее перенос тепла и течения жидкости. Методы этого моделирования, реализованные в компьютерном коде, позволяют заменить экспериментальные измерения, благодаря скорости и оптимизации ресурсов. Данные об особенностях геометрии, материалах, скоростях, полях температуры, граничных условий и прочих, имеют так или иначе элементы численного анализа. Практическое использование вычислительных программ позволяет полностью реализовать анализ и проектирование каких-либо объектов и систем. Если есть нужда в том, чтобы проделать какой-либо лабораторный эксперимент, то благодаря вычислительным программам или моделированию, можно не только облегчить сам процесс эксперимента, но и расширить итоговые результаты исследования.

В ходе выполнения этой работы была достигнута поставленная цель: изучен метод решения задачи теплопроводности и реализация его в коде.

В коде программы был использован метод итерации из-за нелинейности граничных условий. Особенности геометрии тела в данной задаче были не сложными, на поверхностях вырезов была задана температура, которая регулировалась значениями теплопроводности, которые были очень большими.

Особенно хочется отметить удобство программы CONDUCT, где основной «алгоритм» задачи реализован в неизменяемой части программы, а пользователю остаётся только задать начальные условия, построить сетку, по которой программа будет работать, сделать некоторые расчёты, например, в этой задаче, нужно было линеаризовать граничные условия или сделать большой источниковый внутри выреза для соответствия начальным условиям.

Данная работа помогла понять особенности решения двумерной задачи теплопроводности, что облегчит переход к более сложным задачам, а возможно и трёхмерным. Так как трёхмерная задача имеет особый интерес и практическое применение.

ЛИТЕРАТУРА

1. С.В. Патанкар “Численное решение задач теплопроводности и конвективного теплообмена при течении в каналах” перевод Е.В. Калабина ред. Г.Г. Янькова
2. Карки К.С., Патанкар С.В. Методика расчета вязких несжимаемых течений в сложной геометрии // Теплопередача. 1988г. С. 295.
3. Кейс В.М., Кроуфорд М.Е. Конвективный тепломассоперенос. Нью-Йорк: МакГроу-Хилл, 1980.
4. Launder В.Е., Spalding D.B. The Numerical Computation of Turbulent Flow // Comp. Methods Appl. Mech. Eng. 1974. Vol. 3. P. 269. Leinhard J.H. Heat Conduction through «Yin-Yang» Bodies // J. Heat Transfer. 1981. Vol. 103. P. 600.
5. Patankar S.V. A Numerical Method for Conduction in Composite Materials, Flow in Irregular Geometries and Conjugate Heat Transfer // Proc. 6th Int. Heat Transfer Conf. Toronto, 1978. Vol. 3. P. 297.
6. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости: Пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 1984.
7. Patankar S.V. A Calculation Procedure for Two-Dimensional Elliptic Situations // Num. Heat Transfer. 1981. Vol. 4. P. 409.
8. Patankar S.V., Acharya S. Development of a Turbulence Model for Rectangular Passages // Trans. CSME. 1984. Vol. 8. P. 146.
9. Patankar S.V., Baliga B.R. A New Finite-Difference Scheme for Parabolic Equations // Num. Heat Transfer. 1978. Vol. 1. P. 27.
10. Patankar S.V., Ivanovic M., Sparrow E.M. Analysis of Turbulent Flow and Heat Transfer in Internally Finned Tubes and Annuli // J. Heat Transfer. 1979. Vol. 101. P. 29.
11. Prakash C., Patankar S.V. Combined Free and Forced Convection in Vertical Tubes with Radial Internal Fins // J. Heat Transfer. 1981. Vol. 103. P. 566.

12. 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.
13. Shah R.K., London A.L. *Laminar Flow Forced Convection in Ducts*. New York: Academic Press, 1978.
14. Sparrow E.M., Baliga B.R., Patankar S.V. Forced Convection Heat Transfer from a Shrouded Fin Array with and without Tip Clearance // *J. Heat Transfer*. 1978. Vol. 100. P. 572.
15. Sparrow E.M., Patankar S.V. Relationships among Boundary Conditions and Nusselt Numbers for Thermally Developed Duct Flows // *J. Heat Transfer*. 1977. Vol. 99. P. 483.
16. Sparrow E.M., Patankar S.V., Shahrestani H. Laminar Heat Transfer in a Pipe Subjected to a Circumferentially Varying External Heat Transfer Coefficient // *Num. Heat Transfer*. 1978. Vol. 1. P. 117.
17. Zhang Z., Patankar S.V. Influence of Buoyancy on the Vertical Flow and Heat Transfer in a Shrouded Fin Array // *J. Heat Mass Transfer*. 1984. Vol. 27. P. 137.