

Программа курса “Моделирование термической конвекции”

Лектор проф. В.Д. Котелкин

1. Модель (замкнутая система уравнений) термической конвекции. Приближение Буссинеска. Запись уравнений в безразмерных переменных, числа Рэлея, Грасгофа, Пекле и Прандтля.
2. Классическая задача термической конвекции – горизонтальный слой весомой жидкости, подогреваемой снизу. Критическое значение числа Рэлея. Опыты Бенара, валиковая и ячейковая конвекция.
3. Неединственность решений и явление гистерезиса. Зависимость вязкости от температуры, различие жидкостей и газов.
4. Экспериментальные данные по влиянию на конвекцию чисел Рэлея и Прандтля.
5. Организация работы программы в диалоговом режиме. Визуализация двумерных массивов на Фортране.
6. Запись уравнений термической конвекции в переменных «функция тока – вихрь» (ψ, ω).
7. Конечно-разностная аппроксимация производных и уравнений термической конвекции.
8. Характеристики гиперболических уравнений, моделирование конвективного переноса, критерий устойчивости Куранта, Тестирование алгоритма, схемная вязкость и способы её уменьшения.
9. Задача Коши для параболических уравнений. Схема «крест» для оператора Лапласа и попеременно-треугольный метод интегрирования уравнений теплопроводности и диффузии завихренности.
10. Эллиптическое уравнение для функции тока. Постановка и решение краевой задачи для уравнения Пуассона. Ускорение сходимости попеременно-треугольных итераций. Тестирование алгоритма, контроль невязки, сравнение результатов расчета с аналитическими решениями.
11. Тепловые и кинематические граничные условия, вывод условий для функции тока и завихренности. Конечно-разностные аппроксимации граничных условий.
12. Алгоритм для численного интегрирования системы уравнений термической конвекции. Динамическая визуализация процесса. Тестирование алгоритма, сравнение с экспериментальными данными, аналитическими и численными решениями.
13. Моделирование процесса в горизонтальном слое. Определение теплового потока, число Нуссельта.
14. Моделирование процесса в треугольной области. Определение завихренности на наклонных границах расчетной области. Симметричные и асимметричные режимы термической конвекции, зависимость от числа Рэлея.
15. Моделирование вихревых солитонов (ураганов и смерчей). Условия самообразования концентрированных вихрей, роль вращения Земли и силы Кориолиса.

16. Термическая модель конвекции земной мантии, безинерционное приближение. Учет зависимости вязкости от температуры. Явление солидуса. Эндотермический фазовый переход и разделение на верхнюю и нижнюю мантии

17. Прямоугольная и разнесенная (rectangular & staggered grid) сетки. Алгоритм для расчета распределения давления.