

Секция «Математика и механика»

Развитие конвективной неустойчивости в проникающей конвекции в слое воды.

Сибгатуллин И.Н.¹, Кузнецова Д.В.²

1 - Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Механико-математический факультет, 2 - Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Механико-математический факультет, Москва, Россия
E-mail: *ilias_s@mail.ru*

Рассматривается возникновение и развитие неустойчивости в плоском горизонтальном слое воды. Поскольку плотность воды имеет максимум при 4°C , зависимость плотности от температуры при небольших отклонениях от 4°C предполагается квадратичной [2]. В качестве граничных условий берутся свободные изотермические границы, на которых поддерживаются постоянные температуры T_b и T_u (на нижней и верхней границах соответственно).

Для системы уравнений Навье-Стокса, неразрывности и энергии принимается приближение Буссинеска [1]. Задача предполагается двумерной. Скорость и температура раскладываются по методу Галеркина в ряд Фурье. Принимается условие периодичности по горизонтали и условие отсутствия касательных напряжений на вертикальных границах, которое в этой задаче соответствует условию отсутствия среднего потока в горизонтальном направлении. Изучается случай, когда точка максимума плотности находится посередине слоя.

Поскольку в статическом состоянии точка максимума плотности находится внутри слоя, он делится на устойчивую (верхнюю) и неустойчивую (нижнюю) области. При развитии возмущений в неустойчивой области они проникают в устойчивую. Влияние устойчивого слоя характеризуется появлением дополнительных вихрей вблизи верхней границы. Температура в ячейке в среднем близка к температуре на нижней границе. Периодический режим, возникающий в проникающей конвекции, характеризуется симметричными колебаниями вытянутых профилей температуры, начинающихся в верхней части слоя (своеобразных «хвостов»).

Чтобы выбрать горизонтальный масштаб ячейки для изучения перехода к хаосу, проводились расчеты на больших длинах периода. Структура решения, полученная на малых длинах, совпадает со структурой, найденной при расчетах на больших горизонтальных масштабах. (Для стохастического режима также заметны характерные масштабы, несмотря на непериодичность движения.) При изучении структуры течения для выбранной длины горизонтального периода были найдены области гистерезиса. При малых числах Рэлея существует как статическое, так и стационарное решение. При увеличении надкритичности существуют решения с разной структурой. Данные решения характеризуются различными тепловыми потоками. Получено существование двух различных кривых, на каждой из которых сохраняется характерная структура решения. Для одной из них возможен только стационарный режим (при увеличении надкритичности он становится неустойчивым), для второй при увеличении надкритичности происходит смена режимов.

Для описания перехода к хаосу использовалось построение аттракторов и сечений Пуанкаре в фазовом пространстве. Найдены периодические аттракторы и квазипериодические аттракторы с соответствующим сечением Пуанкаре в виде замкнутой кривой. Для стохастических режимов характерна перемежаемость.

Литература

1. Надолин К.А. О проникающей конвекции в приближении изотермически несжимаемой жидкости. // Изв. РАН. МЖГ. 1996. No.2. С.40-52.
2. Veronis G. Penetrative convection. // Astrophys. J. 1963. V. 137. P. 641-663.

Слова благодарности

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 09-08-00390-а.