

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. проректора по научной и
исследовательской деятельности
Южный федеральный университет
доктор химических наук, доцент
А.В. Метелица
сентября 2018 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» о диссертационной работе Ишутова Сергея Михайловича «Волновые режимы конвекции молекулярных бинарных смесей и колloidных суспензий», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы

Актуальность темы. Работа Ишутова С.М. посвящена исследованию возникновения и развития конвекции в многокомпонентных смесях. Решение подобных задач является актуальным для проблем энергетики, геофизики и экологии. В частности, актуальными остаются задачи о возбуждении конвекции в бинарных смесях под воздействием гравитационных и вибрационных сил с разными углами между этими силами. Математические формулировки соответствующих моделей даются в виде систем нелинейных уравнений в частных производных, при исследовании которых необходимо применение численных методов.

Научная новизна диссертационной работы заключается в исследовании явлений, связанных с величиной интенсивности и угла наклона направления высокочастотных вибраций. Изучены бифуркационные характеристики возникающих конвективных течений для слоя и замкнутого объема. Определены интервалы управляющих параметров, соответствующие формированию в слое различных типов бегущих волн. Найден новый режим модулированных бегущих волн. Изучены бифуркационные явления для наклоненной к горизонту замкнутой прямоугольной области.

Научная и практическая значимость результатов диссертации состоит в обнаружении и анализе свойств новых устойчивых режимов течения в жидкостных смесях и коллоидных суспензиях в виде модулированных бегущих волн. Полученные результаты могут быть использованы при планировании экспериментов по конвекции многокомпонентных систем, а также при решении практических задач, требующих эффективного управления течением и тепломассопереносом.

Апробация работы. Основные результаты работы были хорошо представлены на конференциях в России и за рубежом.

Публикации. По материалам работы опубликовано 15 работ, в том числе семь статей, четыре из которых напечатаны в журналах из перечня ВАК РФ.

Достоверность результатов обосновывается применением корректных постановок и методов дискретизации, подтверждается сравнением некоторых результатов бифуркационного анализа и численных экспериментов с данными других исследователей.

Оценка содержания диссертации. Представленная диссертационная работа характеризуется достаточной полнотой и завершенностью. Текст диссертации включает постановку задач, описание применяемых методов исследования, изложен на требуемом научном уровне.

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка литературы.

Во введении охарактеризована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цели и задачи исследования, кратко изложено содержание работы.

В **первой главе** описано современное состояние тематики конвективных течений бинарных жидкостей при вибрационных воздействиях и конвекции коллоидных суспензий, а также дано обоснование актуальности темы диссертационной работы.

Во **второй главе** описана постановка задачи о конвекции бинарной смеси, обладающей аномальной термодиффузией, в горизонтальном слое под действием высокочастотных вибраций, направленных под углом к горизонту. Кратко описан конечно-разностный метод, используемый для дискретизации

задачи, и проведено численное исследование формирующихся конвективных структур. Впервые определено влияние интенсивности вибраций и наклона их оси к горизонтали на границы существования бегущих волн. Показано, что для горизонтальных вибраций рост числа Гершуни приводит к понижению границ перехода от режима бегущих волн к теплопроводному режиму или к режиму стационарной конвекции.

В третьей главе диссертации рассматривается конвекция бинарной смеси в слое при действии вертикальных вибраций. Анализируются конвективные режимы смеси спирт-вода в горизонтальном слое при подогреве снизу и вертикальных высокочастотных вибрациях. Построено приближенное аналитическое решение для определения пороговых конвективных значений: получены зависимости критического числа Релея и частоты нейтральных колебаний от числа Гершуни (вибрационного числа Релея). В нелинейной задаче рассмотрен случай сильного вибрационного воздействия. Рассчитаны области управляющих параметров, для которых реализуются разные типы бегущих волн.

В четвертой главе диссертации рассматриваются течения суспензии в замкнутой области, наклоненной к горизонту. Представлено исследование взаимодействия гравитационной стратификации и конвективного переноса. В численном эксперименте получены интересные результаты по формированию модулированных бегущих волн и сложных конвективных режимов. Проанализированы бифуркационные диаграммы решений при увеличении угла наклона.

В заключении приведены итоги работы, а также рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы.

Следует отметить полученные в диссертации основные результаты:

1. Получение бифуркационных диаграмм и характеристик пространственно-временного поведения структур в горизонтальном слое под действием высокочастотных вибраций.
2. Продемонстрировано, что высокочастотные вертикальные вибрации стабилизируют режим слабонелинейных бегущих волн, неустойчивый в статическом поле тяжести, что аналогично вибрационной стабилизации верхнего положения маятника Капицы.
3. Вывод о том, что при увеличении угла наклона конвективной ячейки,

заполненной коллоидной суспензией, усложняется характер бифуркационной диаграммы: появляются более сложные режимы течения, отсутствующие в случае горизонтальной ячейки (например, бегущие волны, меняющие направление движения).

К недостаткам работы можно отнести:

1. При моделировании не дается оценки отброшенных в системах уравнений членов, которые бы позволили учесть эффект Дюфора.
2. В некоторых параграфах изложение излишне сжато, что затрудняет чтение работы. Так, отсутствуют подробности аппроксимации системы уравнений, в частности, краевых условий (параграф 2.3). Там же опущена расшифровка обозначений к рис. 2.2, которая, однако, приводится в гл. 3 (стр. 64).
3. Из текста неясно, на каком основании выбран размер ячейки для численного моделирования в случае слоя, см. гл.2 и рис. 2.7.
4. Имеются ошибки с выбором символики. Например, буквой Θ обозначены разность температур на горизонтальных границах (стр. 38) и возмущение (стр. 42), а буквой ϕ – возмущение для функции тока (стр. 42) и завихренность (стр. 44).

Указанные выше недостатки не влияют существенно на оценку работы и в некоторой мере являются пожеланиями на будущее.

Диссертационная работа выполнена автором на современном уровне и является завершенной научно-исследовательской работой в области теоретического исследования конвекции молекулярных бинарных жидкостей и коллоидных суспензий. Применяемые в диссертации подходы могут быть использованы при изучении актуальных задач конвекции. Представленные в работе исследования достоверны, выводы обоснованы.

Диссертационная работа содержит достаточное количество рисунков и графиков, представляющих результаты расчетов. По каждой главе и работе в целом имеются выводы.

Автореферат правильно и достаточно полно отражает содержание диссертации.

Таким образом, представленная диссертация «Волновые режимы конвекции молекулярных бинарных смесей и коллоидных суспензий» удовлетворяет всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней,

утвержденных постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013, а ее автор – Ишутов Сергей Михайлович – заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы.

Отзыв подготовлен доктором физико-математических наук (специальность 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), доцентом Цибулиным Вячеславом Георгиевичем, заведующим кафедрой теоретической и компьютерной гидроаэродинамики (344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Мильчакова 8-А, Институт математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича ЮФУ, тел. +7(863)2-975-111, e-mail: ygcibulin@sfedu.ru, vtsybulin04@gmail.com).

Отзыв о диссертации обсужден и утвержден на совместном заседании кафедры теоретической и компьютерной гидроаэродинамики и кафедры вычислительной математики и математической физики Института математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича Южного федерального университета (протокол № 1 от 30 августа 2018 г.).

Председатель заседания, заведующий кафедрой теоретической и компьютерной гидроаэродинамики Института математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича Южного федерального университета, д.ф.-м.н., доцент

Вячеслав Георгиевич Цибулин

Заведующий кафедрой вычислительной математики и математической физики Института математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича Южного федерального университета, д.ф.-м.н., профессор



Михаил Юрьевич Жуков

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
личную подпись Жукова М.Ю.

ЗАВЕРЯЮ:

Специалист по работе с персоналом
I категории Мир. Годунова М.Ю.
«18» сентября 2018 г.