

ОТЗЫВ

официального оппонента д.ф.-м.н. Бердникова В.С. на диссертацию Рысина Кирилла Юрьевича “Экспериментальное исследование вибрационной тепловой конвекции во вращающемся плоском слое”, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы»

В диссертационной работе Рысина К.Ю. систематизированы результаты экспериментальных исследований вибрационной тепловой конвекции во вращающихся плоских слоях жидкости при различных углах наклона оси вращения. Определены границы возбуждения вибрационной и термогравитационной конвекции в зависимости от скорости вращения слоев, ориентации оси вращения и перепадов температуры между границами слоев. Исследованы осредненные эффекты, возникающие в виде приливных колебаний при вращении и при наличии модуляции сил плавучести. Определены пороги возникновения конвекции и пространственные формы надкритических и докритических конвективных течений, исследовано влияние особенностей конвективных течений на осредненные характеристики полей температуры и теплообмен.

Актуальность темы работы определяется в первую очередь наличием большого разнообразия технологических процессов и технических систем, в которых сочетаются конвективный теплообмен, вращение и вибрации. Все реальные процессы и оборудование находятся под воздействием вибраций в широком диапазоне частот и амплитуд. Для разработки методов управления режимами конвективного теплообмена в таких системах в первую очередь необходимы фундаментальные знания о возможных режимах течения. Полученные в работе данные могут быть полезными при анализе процессов конвективного теплообмена в различных технологиях. Технологическими примерами вращающихся полостей с жидкими средами являются тигли в методах Бриджмена-Стокбаргера и Чохральского, используемых для получения совершенных монокристаллов. Есть варианты ампульных технологий получения монокристаллов с произвольной ориентацией вращающихся контейнеров с расплавами относительно вектора силы тяжести. При адекватном использовании теорий подобия и аналогий результаты лабораторных экспериментов могут быть полезны при анализе крупномасштабных геофизических (возможные приливные процессы в жидких ядрах вращающихся планет при наличии спутников) и астрофизических (звезды) процессов. Результаты данной работы являются вкладом в разработку направления - технологическая гидродинамика. Актуальность работы не вызывает сомнений.

Новизна результатов работы обусловлена в первую очередь тем, что впервые выполнены систематические экспериментальные исследования структуры течения и теплообмена в

режимах вибрационной тепловой конвекции в плоском горизонтальном слое при нагреве сверху и при круговых поступательных вибрациях. Исследовано и доказано стабилизирующее влияние наложенного равномерного вращения. Впервые выполнены систематические экспериментальные исследования структуры течения и теплообмена в плоском слое, нагреваемом сверху, в режимах равномерного вращения в зависимости от угла наклона оси вращения. В том и другом случаях определены пороги переходов от режимов теплопроводности к режимам конвективного теплообмена между границами слоя, нагретыми до разных температур. Пространственная форма слоев жидкости была цилиндрической.

Достоверность результатов и обоснованность научных положений и выводов представленных в диссертации обеспечивается применением современных апробированных экспериментальных методов измерений и техники; тщательной калибровкой датчиков и зондов; сопоставлением полученных результатов с известными результатами теоретических и экспериментальных работ других авторов. Эксперименты выполнены на уникальном вибростенде, позволяющего независимо задавать круговые поступательные вибрации и вращение, с использованием современного тепловизора и термохромной пленки при измерениях полей температуры, скоростной видеокамеры для проверки параметров вибростенда.

Научная значимость результатов работы заключается в том, что результаты диссертации важны с общетеоретической точки зрения для развития знаний в области вибрационной гидродинамики и тепло-массообмена во вращающихся системах с неоднородными пространственно-временными распределениями температуры жидкостей. Эти результаты могут быть полезны при моделировании технологических процессов получения особо чистых веществ, при выращивании монокристаллов, в химической промышленности.

Практическая значимость результатов работы состоит в том, что изученные в ней процессы играют определяющую роль в таких технологических процессах, как например выращивание кристаллов различными методами направленной кристаллизации. Полученные данные необходимы для понимания причин переходов к различным режимам теплообмена и осознанного поиска методов управления и оптимизации технологических процессов.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 3 глав, заключения и списка литературы, включающего 139 наименований. Работа содержит 69 рисунков. Общий объем диссертации составляет 139 страниц.

Во введении обоснована актуальность темы исследований, степень ее разработанности, сформулированы цели и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, кратко описаны методологии и методы исследований, перечислены положения, выносимые на защиту, приведены сведения об апробации результатов и информация о структуре работы.

В первой главе представлено описание рабочего участка экспериментального стенда и методик исследований, контроля температуры на границах слоя жидкости и измерений интегральных тепловых потоков. Представлены результаты исследований влияния равномерного вращения на пороги возбуждения и подавления рэлей-бенаровской конвекции в слое жидкости, подогреваемом снизу. Эти эксперименты представлены как тестовые, но они дополняют имеющиеся данные предшествующих работ. Представлены результаты экспериментальных исследований структуры конвективного течения и устойчивости режима теплопроводности при вертикальной ориентации слоя жидкости, вращающегося вокруг горизонтальной оси.

Во второй главе диссертации представлены результаты экспериментальных исследований во вращающемся наклонном слое со стенками, нагретыми до разных температур. Исследования выполнены при расположениях нагретой стенки снизу и сверху при различных перепадах температуры между границами слоя и различных углах наклона. Изучена зависимость режимов теплообмена от природы конвективных течений. Определены пороги переходов от режимов теплопроводности к режимам гравитационного и теплового вибрационного конвективного течения.

В третьей главе диссертации представлены результаты экспериментального исследования вибрационной тепловой конвекции в горизонтальном слое при круговых поступательных вибрациях слоя без вращения слоя и с равномерным вращением. Исследован теплообмен при нагревах слоя снизу и сверху. Определены границы переходов к различным режимам течений.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы
Замечания по содержанию и оформлению диссертации.

1. Замечания к Введению: Этот раздел плохо отредактирован. Здесь много неаккуратных выражений, приводящих к искажению смысла предложений или делающих их бессмысленными. Например, на стр.6: “Результаты данного исследования, полученные вместо обычного усеченного преобразования Фурье, интересны в метеорологии”, стр. 7 “В прикладных задачах, связанных с переносом энергии, для правильного проектирования корпусов с целью достижения более высоких скоростей важен учет боковых стенок”, стр. 8 “... модель, которая содержит фундаментальные силы, применимые к описанию циркуляции атмосферы и океана”, стр. 9 “Линейная устойчивость вращающейся конвекции для бесконечно протяженного слоя ...”

2. Замечания по главе1: 1) Эксперименты проведены при относительно высоких скоростях вращения слоя жидкости. Исходное состояние системы – неподвижный вертикальный слой жидкости цилиндрической формы с вертикальными стенками нагретыми до разных температур не исследовано. Поэтому не понятно, какое влияние на наблюдаемые пространственные формы течения в режимах с вращением оказывает сложная пространственная фор-

