

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Некрасова Олега Олеговича «**Электроконвекция слабопроводящей жидкости в горизонтальном слое при нагреве сверху**», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 – Механика жидкости, газа и плазмы

Актуальность темы диссертации. Электрические поля при воздействии на конвекцию в слабопроводящих жидкостях могут приводить к появлению различных колебательных и хаотических течений, что представляет интерес точки зрения фундаментальной теории. Кроме того, электрическое поле оказывает влияние на процессы тепло- и массообмена, что имеет значение для технических применений. Электротермоконвекция может быть использована для управления процессом теплообмена в различных системах жидкого охлаждения. С помощью электрического поля можно контролировать эффективность процессов теплообмена.

Структура и основное содержание работы. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка литературы, содержащего 125 наименований. Общий объём диссертации составляет 115 страниц, включая 53 рисунка и 3 таблицы.

Во введении приводится обоснование актуальности задач, исследуемых в диссертации, их научная и практическая значимость, сформулирована цель работы, описана методология исследования, изложены основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена обзору литературы.

Во второй главе изучаются колебательные режимы электротермоконвекции в переменном электрическом поле при электрокондуктивном зарядообразовании.

В третьей главе исследуется нелинейная эволюция течения слабопроводящей жидкости в горизонтальном конденсаторе при нагреве сверху и при модулированной инжекции заряда.

Четвёртая глава посвящена изучению электротермоконвекции в постоянном и переменном электрических полях для случая автономной инжекции заряда на катоде.

В заключении приводятся основные результаты.

Научная новизна результатов диссертационной работы. Для задачи о влиянии переменного электрического поля на колебательные режимы конвекции в жидкостях с электропроводностью, зависящей от температуры, при нагреве сверху впервые с использованием маломодового подхода определены границы устойчивости основного состояния, а также получена зависимость числа Нуссельта от электрического числа Релея для нелинейных режимов конвекции, обнаружено явление гистерезиса. Построена карта различных нелинейных режимов движения. Определены сценарии перехода к хаосу.

Для задачи о модуляции заряда, инжектируемого с помощью электрического поля, на катоде при нагреве сверху обнаружены новые режимы электротермоконвекции, проведено сравнение со случаем постоянного электрического поля, изученного ранее. Получены временные зависимости характерных значений функции тока, построены распределения полей функции тока для различных частот модуляции инжекции заряда.

Для задачи об автономной инжекции заряда на катоде для постоянного и переменного электрического полей построены нейтральные кривые устойчивости основного состояния, бифуркационная диаграмма нелинейных режимов электротермоконвекции.

Достоверность и обоснованность результатов и выводов. Автор использует физически обоснованные математические модели, апробированные численные методы. Его результаты согласуются с данными, полученными ранее для изотермической жидкости. Результаты линейной теории устойчивости слоя слабопроводящей жидкости находятся в хорошем согласии с характеристиками электроконвективных течений на пороге их возникновения, полученными в ходе нелинейного анализа.

Практическая и теоретическая значимость полученных результатов. Результаты данной диссертации служат вкладом в теорию нелинейных колебательных и волновых течений жидкости под действием модулированных внешних полей. Они могут быть использованы для планирования новых экспериментов в данной области науки. Также данные результаты могут использоваться для проектирования различных технических устройств, управляющих процессами теплопереноса, в системах, использующих жидкое охлаждение.

Автореферат в целом отражает содержание диссертации.

Замечания по диссертационной работе. По данной работе имеются следующие замечания:

1. Имеются некоторые замечания по поводу русского языка. В диссертации имеется предложение: «Целью работы является изучение электроконвективных колебаний и волновых структур в нагреваемом сверху горизонтальном слое, 1) заполненном слабопроводящей жидкостью, проводимость которой зависит от температуры, или 2) диэлектрической жидкостью при наличии инъекции; анализ и классификация отклика системы на внешнее воздействие; исследование эволюции течений». Союз «или» в данном случае создаёт некоторую двусмысленность. Поскольку были исследованы оба случая, то следовало бы это сформулировать это иначе. Имеется ещё пара мест, где союз «или» используется аналогичным образом. Иногда встречаются опечатки. Например, в списке литературы в одном месте написано «ноя.».

2. На рисунках 2.6 и 2.7 использован один не самый удачный способ иллюстрации. Часть рисунка обводится кругом, а в смещённом круге эта часть рисунка показывается в увеличенном масштабе. Но не каждый читатель поймёт этот способ иллюстрации. Эти круги, соединённые к тому же линиями, можно принять за часть графика. В тексте же нет никаких комментариев по этому поводу.

3. В третьей главе используется безындукционное приближение. Представляется, что это неудачное название для данного приближения по двум причинам. Во-первых, значение для напряжённости электрического поля находится хоть и для стационарного случая, но с учётом уравнения Пуассона для электрического потенциала (хотя это не сказано в тексте диссертации явно), т.е. учитывается обратное влияние перераспределения заряда на электрическое поле. Во-вторых, уравнение, описывающее закон сохранения заряда, записано в такой форме, что частично учитывает влияние перераспределения заряда на электрическое поле. Данное влияние входит через слагаемое, пропорциональный квадрату плотности заряда. Это слагаемое получено с учётом уравнения Пуассона.

Данное замечание не относится к первой главе, где также используется безындукционное приближение, но там не учитывается обратное влияние перераспределения электрического заряда.

4. В списке литературы в диссертации отсутствует одна публикация автора, которая присутствует в автореферате.

5. В автореферате указано, что у автора 8 работ, 6 из которых из списка ВАК. В списке публикаций автора 2 работы, которые не входят в список ВАК, не приводятся. Можно бы-

ло бы включить данные работы в список публикаций в диссертации.

Тем не менее, сделанные замечания не умаляют ценности данной работы.

Заключение (выводы о работе). Диссертация Некрасова Олега Олеговича «Электроконвекция слабопроводящей жидкости в горизонтальном слое при нагреве сверху» является законченной научно-квалификационной работой и полностью соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013г. (в ред. от 18.03.2023), а её автор, Некрасов Олег Олегович, заслуживает присвоения степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 – Механика жидкости, газа и плазмы.

Официальный оппонент:

Научный сотрудник лаборатории
вычислительной гидродинамики

Института механики сплошных сред УрО РАН (ИМСС УрО РАН)

— филиала ФГБУН «Пермский федеральный исследовательский центр УрО РАН»,

кандидат физ.-мат. наук Садиллов Евгений Сергеевич

Сад / Садиллов Е. С.

12 октября 2023 г.

Почтовый адрес: 614018, г. Пермь, ул. Академика Королёва, 1

Тел.: +7 (342) 237-78-86

E-mail: sadilove@icmm.ru

Подпись Евгения Сергеевича Садилова заверяю.

Подтверждаю, что Е.С. Садиллов не входит в состав членов диссертационного совета Д.004.036.01, утвержденных приказом Минобрнауки России № 87/нк от 26 января 2018 г.

Ученый секретарь ИМСС УрО РАН



Н.А. Юрлова