

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

о диссертации Петухова Максима Ивановича «Тепловая конвекция в узких каналах и полостях с учетом сорбционных процессов и температурной зависимости вязкости», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы.

Диссертация Петухова М.И. посвящена теоретическому и численному исследованию конвективных течений жидкости с в узких каналах и полостях с учетом сил плавучести, эффектов Марангони, температурной зависимости вязкости. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка цитируемой литературы. Диссертация изложена на 158 страницах, включает 52 рисунка, 9 таблиц и список из 148 литературных источников.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследований, указаны практическая значимость и новизна полученных результатов, сформулированы положения, выносимые на защиту, отражена структура диссертации.

В первой главе приводится достаточно подробный обзор литературы, описывающий современное состояние теоретических и экспериментальных исследований явлений в жидкостях с неоднородными локальными характеристиками.

Во второй главе исследуется тепло- и массоперенос в жидкости в ячейке Хеле-Шоу при равномерном подогреве снизу. Для теоретического описания течения жидкости используется система уравнений Навье-Стокса в приближении Буссинеска. При этом учитывается температурная зависимость вязкости, которая в данной работе предполагалась линейной. Показано, что в зависимости от надкритичности могло реализовываться несколько типов стационарных режимов. Интегральной мерой интенсивности диссипативных процессов являлось производство энтропии. Учет температурной зависимости вязкости в расчетах позволил реализовываться сценарию развития течения, соответствующему экспериментальному. Обосновывается, что конвективная система подчиняется вариационному принципу минимума энтропии перехода.

В третьей главе рассматривается задача разделения двухкомпонентных эвтектических смесей жидких металлов в тонком алундовом или кварцевом капилляре в неизотермических условиях. Предполагается полная несмачиваемость рабочими жидкостями стенок капилляров, и, как следствие, существенное влияние эффектов Марангони – термокапиллярного и концентрационнокапиллярного на течение жидкости. Кроме того, учитываются эффекты адсорбции и десорбции. Численное моделирование показало, что в таких системах возникает перераспределение компонентов в изначально однородной смеси. Проанализировано влияние угла наклона капилляра относительно вектора силы тяжести на возникающий

перепад концентрации на торцах капилляра. Обнаружено наличие локальных максимумов перепада концентрации, что согласуется с экспериментом.

В четвертой главе изучается динамика поверхностно-активного вещества на свободной поверхности ячейки Хеле-Шоу, нагреваемой неоднородно сверху с линейной плотностью теплового потока. Решалось две задачи: с не растворимым поверхностно-активным веществом и растворимым. Проанализировано влияние параметра упругости на положение точки стагнации на поверхности жидкости и картину течения в целом. Для растворимого сурфактанта характерных точек стагнации не получено.

Актуальность избранной темы. Неизотермические течения жидкости с локальными неоднородностями вязкости и поверхностного натяжения широко встречаются в природе и технологиях. Задачи по этой теме в настоящее время привлекают многих исследователей в мире, причем как экспериментаторов, так и теоретиков. Развитие современных технологий тепло- и массообмена, создание новых материалов с заданными свойствами требуют новых знаний о поведении жидких сред.

Обоснованность научных положений, выводов, рекомендаций. Достоверность полученных результатов обеспечена корректной постановкой задач, использованием физически обоснованных математических моделей для описания неизотермических течений жидкости с осложняющими факторами, сравнением результатов данной работы с теоретическими и экспериментальными результатами других авторов.

Научная новизна полученных результатов не вызывает сомнений. Следующие научные результаты впервые получены в данной работе и являются оригинальными:

- Установлена определяющая роль температурной неоднородности вязкости жидкости при смене стационарных режимов течения в ячейке Хеле – Шоу, равномерно подогреваемой снизу. Для данной гидродинамической системы сформулирован вариационный принцип, согласно которому происходит выбор наиболее предпочтительного течения при конкуренции нескольких стационарных режимов.

- Построена математическая модель, объясняющая процесс разделения двухкомпонентных эвтектических металлических расплавов в тонких капиллярах. Проведено численное моделирование процесса разделения в задачах с различными рабочими смесями и геометрическими постановками.

- Выявлено влияние фазового перехода в пленке нерастворимого поверхностно-активного вещества на образование и динамику точки стагнации на поверхности жидкости при неоднородном нагреве сверху. Для случая растворимого сурфактанта определены условия возникновения области нейтральной плавучести струйного движения, несущего примесь.

Практическая значимость. Полученные модели, решения, алгоритмы, результаты численных расчетов и их анализа будут использоваться для разработки и совершенствования перспективных теплообменных устройств,

а также могут быть использованы в технологиях производства новых сверхчистых материалов.

В качестве замечаний следует отметить:

1. В диссертации, на стр. 9 в пункте «Теоретическая и практическая значимость» говорится: «Отбор того или иного сценария установления течения, умение управлять этим процессом, однозначно определенный выход на тот или иной нужный режим представляются чрезвычайно актуальными при конструировании, а также эксплуатации различных теплообменных устройств и технологических линий». Далее на той же странице: «Выявленные механизмы позволяют управлять концентрацией сурфактанта на поверхности в зависимости от внешних условий». О каком управлении идет речь? Есть ли конкретные технологические идеи по управлению режимами и очисткой поверхности? С какими индустриальными партнерами идет работа по тематике диссертации?
2. Зависимость вязкости от температуры в работе «для простоты» предполагается линейная. Зависимость вязкости большинства жидкостей нелинейная. Обоснований того, что здесь можно использовать линейное приближение зависимости вязкости от температуры не приводится.
3. В главе 2: «Сходимость метода проверялась сравнением максимальных значений функции тока для разного количества вычислительных узлов сетки (Таб. 2.1, рис. 2.3)». Далее: «Для проведения основных расчетов количество узлов в сечении канала было выбрано 25:46». Из таблицы 3.1. и рис. 2.3. сложно сделать вывод об относительной ошибке для максимума функции тока для точного решения. Можно только надеяться, что точность численного решения порядка 1,3 %.
4. Хотя в целом диссертация написана аккуратно и хорошим языком, все же в работе имеются незначительные опечатки: стр 55. 9 строка снизу «вес же». На Рис. 3.1 обозначена координата z , а затем в уравнениях используется y . На стр. 131: рис. 4b, должно быть 4.4b.

Указанные замечания не носят принципиального характера, не влияют на достоверность полученных результатов и не снижают ценность диссертационной работы М. И. Петухова, выполненной на достаточно высоком научном уровне. Полученные результаты обладают новизной и их достоверность не вызывает сомнения.

Основные результаты диссертации опубликованы в 30 работах, в том числе 8 статей в периодических изданиях, входящих в перечень ВАК, из них 7 в журналах, включенных в международные базы цитирования Scopus и Web of Science. Результаты, приведенные в диссертационной работе, прошли

всестороннюю апробацию на многочисленных российских и международных конференциях. Автореферат составлен с соблюдением установленных требований и в полной мере отражает содержание диссертации.

Тематика и содержание диссертации М.И. Петухова отвечают паспорту специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы по формуле специальности и области исследования.

Диссертация М.И. Петухова является завершенной научно-исследовательской работой, совокупность новых результатов и положений которой можно квалифицировать как решение научной задачи, имеющей существенное значение для механики жидкости – тепловая конвекция жидкости в узких каналах и полостях и отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Петухов Максим Иванович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы.

Официальный оппонент,

декан Механико-математического факультета Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»

Тел. +79139058917, e-mail: marchuk@itp.nsc.ru

д.ф.-м.н., (01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника), доцент

Марчук Игорь Владимирович
01.06.2020 г.

Почтовый адрес: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет», 630090, г. Новосибирск, ул. Пирогова, д. 1..

Сайт: <https://www.nsu.ru/n/>

Тел.: +7 (383) 363-43-53,

Подпись Марчука Игоря Владимировича удостоверяю:

Ученый секретарь НГУ,
к.х.н. Тарабан Елена Анатольевна

Место для гербовой печати

