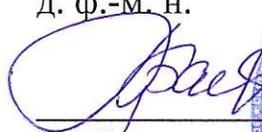


УТВЕРЖДАЮ

И. о. директора Федерального
государственного бюджетного
учреждения науки Институт
теоретической и прикладной механики
им. С.А. Христиановича Сибирского
отделения Российской академии наук,

Д. ф.-м. н.


Е. И. Краус
« 09 » _____ 2025 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Галеевой Дилары Рустэмовны
«Моделирование одно- и двухфазных неизотермических течений
термовязких жидкостей в каналах», представленную на соискание ученой
степени кандидата физико-математических наук по научной
специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы.

Актуальность исследования

Существуют жидкости с аномальной зависимостью вязкости от температуры, у которых в определённом температурном диапазоне происходят процессы полимеризации или деполимеризации. Исследование таких жидкостей является актуальной задачей как в нефтехимической промышленности, так и в медицине, а также других отраслях человеческой деятельности. Например, в процессах переработки нефти может присутствовать жидкая сера, вязкость которой в определенном температурном диапазоне резко повышается, что может привести к закупорке трубы теплообменника, в результате чего теплообменник выходит из строя. Поэтому важно правильно рассчитывать температурные условия, чтобы не допускать повышения вязкости. В медицине активно развивается направление разработки термочувствительных систем доставки лекарств в организме, которые меняют свою вязкость в ответ на изменение температуры. Исследование их свойств сейчас особенно актуально.

Моделирование неизотермических течений гетерогенных сред с учетом аномальной зависимости вязкости от температуры является не достаточно изученной задачей, поэтому актуальной проблемой является построение новых и совершенствование существующих математических моделей такого рода течений, а также способов их численной реализации.

ВХОД. № 3459-13
« 17 » 09. 2025г.

Научная новизна работы

Автором выполнено численное моделирование течения термовязкой жидкости в коническом диффузоре с учетом зависимости вязкости от температуры, в том числе с аномальной вязкостью. Исследованы зависимости расхода и гидравлического сопротивления диффузоров при течении термовязкой жидкости от угла раскрытия диффузора и параметров теплообмена. Разработан численный алгоритм для решения задачи разделения фаз методом фазового поля на основе метода контрольного объема. Построена новая математическая модель двухфазного течения жидкости на основе модели фазового поля с учетом температурной зависимости вязкости. Установлен характер деформации капель в потоке аномально термовязкой жидкости в зависимости от поверхностных свойств капли; проанализировано влияние вязкого барьера на скорость движения капли.

Достоверность и обоснованность результатов исследования

Обоснованность и достоверность полученных автором в диссертационной работе результатов обеспечивается использованием классических уравнений механики многофазных сред при построении математических моделей рассматриваемых процессов; использованием апробированных численных методов; сравнением полученных результатов с известными аналитическими решениями в частных случаях и с данными физических экспериментов.

Научная и практическая значимость

Результаты диссертационного исследования расширяют и дополняют знания в области течения дисперсных систем с температурной зависимостью вязкости в каналах различной геометрии. Полученные выводы имеют практическую направленность и могут применяться при разработке технологических аппаратов в различных сферах промышленности. Например, результаты моделирования двухфазных систем методом фазового поля могут быть использованы при разработке новых технологий разделения водонефтяных эмульсий.

Характеристика содержания диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы из 135 наименований. Общий объем диссертации составляет 125 страниц, включая 66 рисунков.

Во введении обоснована актуальность, научная новизна, обоснованность и достоверность результатов, поставлены цели и задачи, перечислены методы исследования, публикации, апробация, приведены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе приведен литературный обзор теоретических и экспериментальных работ, посвященных исследованию динамики течения дисперсных систем. Подробно рассмотрены основные теоретические подходы к решению рассматриваемых задач.

Во второй главе исследована динамика термовязкой жидкости в коническом диффузоре. Рассмотрены разные виды зависимости вязкости

от температуры: монотонная и аномальная. Рассчитаны расход и гидравлическое сопротивление диффузора для разных углов раскрытия диффузора. Показано, что расход охлаждающейся жидкости с учетом зависимости вязкости от температуры при увеличении угла раскрытия диффузора снижается более интенсивно, чем в случае изотермического течения.

В третьей главе разработана численная схема для моделирования динамики двухфазных систем методом фазового поля. Проведена верификация алгоритма путем сравнения с одномерным точным решением, проведены численные тесты.

В четвертой главе решена задача о деформации капли в плоском канале с термовязкой жидкостью. Исследовано влияние переменной вязкости на скорость и деформацию капли. Рассматриваются случаи разной температуры и температуропроводности капли. Установлено, что относительная скорость капли в потоке аномально вязкой жидкости выше, чем в потоке жидкости с постоянной минимальной вязкостью. Показано, что чем больше параметр аномалии вязкости, тем сильнее ускорение капли и выше относительная скорость капли.

В заключении кратко сформулированы основные результаты работы.

Замечания по диссертационной работе:

1. В диссертационной работе следовало уделить больше внимания описанию практической значимости полученных результатов. Соискатель в своей работе лишь очерчивает потенциальные способы их применения в промышленности и медицине, но не приводит конкретных примеров их использования.

2. В качестве научной новизны работы на с. 6 написано, что «... Численно реализована модель двухфазного течения жидкости с температурным воздействием в плоском канале и коническом диффузоре с учетом температурной зависимости вязкости...». Однако расчеты выполнены для течения жидкости с одиночной каплей в плоском канале. Для указанного пункта научной новизны более целесообразным является представление результатов для случая течения двухфазной жидкости в канале и диффузоре.

3. При исследовании течения термовязкой жидкости в коническом диффузоре представлена математическая модель и проведена ее численная реализация. При дискретизации используемых дифференциальных уравнений производилась разбивка расчетной области, но при этом не указано, какая использовалась сетка (прямоугольная или криволинейная). Также не представлено описание реализации условий на границах диффузора в конечно-разностном виде.

4. В разделе 4.1 подробно описано различие между диффузионным числом Пекле и температурным. Однако описание физической интерпретации числа Кана на с.69 достаточно скудно. Также желательно было бы провести более подробное описание физической интерпретации химического потенциала η , присутствующего в постановке задачи.

Указанные замечания не снижают общего положительного впечатления о работе и не носят принципиального характера.

Заключение по диссертационной работе

Диссертационная работа Галеевой Д.Р. является законченным диссертационным исследованием, ее результаты имеют научно-практическую значимость. Исследование выполнено на актуальную тему, представляет теоретический и практический интерес. Материалы диссертационной работы докладывались на международных и российских научных конференциях. По материалам диссертации опубликовано 12 научных работ, в том числе 1 научная статья в журнале, входящем в базу данных RSCI, 2 научные статьи в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК, 9 работ, входящих в перечень РИНЦ. Получено 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

По своему содержанию диссертационная работа Галеевой Д.Р. соответствует паспорту научной специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы. Исследование выполнено в соответствии с пунктами паспорта специальности:

3. Гидравлические модели и методы расчета течений в водоемах, технологических устройствах и энергетических установках.

4. Ламинарные и турбулентные течения.

7. Течения многофазных сред (газожидкостные потоки, пузырьковые среды, газовзвеси, аэрозоли, суспензии и эмульсии).

Автореферат диссертации составлен с соблюдением установленных требований, дает полное и правильное представление о работе.

По актуальности, новизне, практической значимости диссертация соответствует пп. 9-11, 13, 14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 (с изменениями и дополнениями), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор Галеева Дилара Рустэмовна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы.

Диссертационная работа Галеевой Д.Р. и отзыв обсуждены на научном семинаре Тюменского филиала Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук (ТюмФ ИТПМ СО РАН), протокол № 1 от 04.09.2025 г.

Директор ТюмФ ИТПМ СО РАН,
доктор физико-математических наук (специальность 01.02.05.
Механика жидкости, газа и плазмы), профессор



Мусакаев Наиль Габсалямович

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук (ИТПМ СО РАН)

Адрес: 630090, Новосибирск, ул. Институтская, 4/1,

телефон: +7(383) 330-85-34,

адрес электронной почты: admin@itam.nsc.ru

Подпись д.ф.-м.н., профессора Мусакаева Н.Г. удостоверяю
Ученый секретарь ТюмФ ИТПМ СО РАН,
к.ф.-м.н.

09.09.2025



Бородин

Бородин С.Л.