



Федеральное государственное бюджетное научное
учреждение «Федеральный исследовательский
центр «Красноярский научный центр Сибирского
отделения Российской академии наук»
(ФИЦ КНЦ СО РАН)

Институт вычислительного моделирования
Сибирского отделения Российской академии наук –
обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН
(ИВМ СО РАН)

Академгородок, д. 50, стр. 44, Красноярск, 660036

тел.: (391) 243-27-56, факс (391) 290-74-76

e-mail: sek@icm.krasn.ru; <http://icm.krasn.ru>

ОКПО 05239177, ОГРН 1022402133698,

ИНН/КПП 2463002263/246345005

08.12.2021 № 15303 - 20/03-16
на № _____ от _____

Отзыв на автореферат

Учёному секретарю
диссертационного совета
24.1.129.01
В. В. Терехову

пр. Академика Лаврентьева, д. 1,
г. Новосибирск, 630090,

Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
Институт теплофизики
им. С. С. Кутателадзе Сибирского
отделения Российской академии наук

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Минакова Андрея Викторовича
«Изучение многофазных потоков в микроканалах и теплофизических
характеристик наножидкостей»

на соискание учёной степени доктора физико-математических наук по специальности
1.1.9 – Механика жидкости, газа и плазмы

Последние десятилетия отмечены качественным скачком в развитии промышленной, лабораторной и экспериментальной гидродинамики. Это связано с широким применением жидкостных технологий в разнообразных системах. Примерами могут служить системы жидкостного охлаждения, технологии вытеснения нефти и химического синтеза, микрофлюидные чипы. Отличительной особенностью подобных систем являются малые размеры, наличие узлов/компонентов оборудования, в которых реализуются большие тепловые потоки, использование многокомпонентных рабочих сред, в том числе в условиях фазовых превращений, движение жидкости в поровом пространстве, особые реологические свойства несущей среды и т.п. При описании процессов, протекающих в микромасштабах, важно учитывать, что жидкости со свободными границами в микрообъёмах весьма чувствительны к внешним воздействиям (тепловым, гравитационным, механическим), которые могут приводить к новым эффектам и существенно изменять область течений и характеристики возникающих режимов движения. Кроме того, реология рабочей жидкости и свойства вмещающего пространства могут существенно менять характер процессов тепло- и массообмена. В ряде случаев смещение баланса силовых, энергетических и массовых потоков, свойственное микрогазовым жидкостным системам или проявляющееся при движении в поровом пространстве, поддаётся управлению и может использоваться для многократной интенсификации процессов, или наоборот, для подавления нежелательных кризисных явлений, создания комбинации технологических условий, недостижимых в обычном оборудовании (в обычных условиях) или при использовании однородных жидкостей. Диссертационная работа Минакова А. В., посвящённая моделированию тепло- и массопереноса в многокомпонентных

жидких средах или многофазных потоках в различных условиях, на основе физических и вычислительных экспериментов, позволяет продвинуться в понимании сложных механизмов и особенностей динамики тепло- и массообмена в жидкостях, в том числе со сложной реологией. Следует отметить, что тематика исследований относится к приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники РФ («Индустрия наносистем», «Рациональное природопользование») и входит в перечень критических технологий РФ («Технологии наноустройств и микросистемной техники», «Технологии поиска, разведки, разработки месторождений полезных ископаемых и их добычи»). Полученные результаты имеют теоретическое и практическое значение, а актуальность проведенных исследований не подлежит сомнению.

При разработке и апробации жидкостных технологий неизбежно возникает потребность в получении предварительных эффективных характеристик, оценке характера и степени влияния различных факторов на характер возникающих обменных процессов, определении способов управления возникающими режимами движения и подавления нежелательных кризисных явлений. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент представляют мощный инструмент для решения указанных задач.

В диссертации впервые проведён систематический анализ характеристик режимов смешения в типичных микромиксерах, установлены факторы, определяющие тот или иной режим, и выделены оптимизирующие критерии. Разработан вычислительный алгоритм для расчёта многофазных течений жидкостей с различными свойствами в условиях осложняющих факторов, а именно: с учётом эффектов поверхностного натяжения межфазных границ, динамического контактного угла и термодиффузионного эффекта. Следует отметить, что численная методика позволяет получить решение соответствующей задачи, когда наряду с основными искомыми функциями необходимо определить величину контактного угла. Сложность выбора эффективного подхода к решению подобных задач состоит в том, что задача о движении точки (линии) трёхфазного контакта до сих пор не имеет корректного замыкания. В рамках численного моделирования процесса вытеснения нефти наножидкостью из микропористой среды определён один из способов, обеспечивающий увеличение коэффициента извлечения нефти. Проведено экспериментальное изучение теплофизических свойств наножидкостей, исследован характер экспериментальных зависимостей для коэффициентов вязкости и теплопроводности от размера и концентрации частиц, свойств дисперсных сред и материала диспергированной фазы. Выполнен анализ параметров теплоотдачи и сопротивления, а также ламинарно-турбулентного перехода для течений наножидкостей в цилиндрическом канале. Систематически исследован кризис кипения нанодисперсий. Получены экспериментальные зависимости критических тепловых потоков при кипении для разных концентраций, размера и материала наночастиц.

К работе имеется несколько замечаний:

1. Из текста автореферата остаётся неясным проводилась ли верификация численных моделей? Исследовалось ли влияние способа осреднения для метода, используемого в главе 2, на результаты моделирования?

2. В автореферате не упоминаются причины, обеспечивающие изменение смачиваемости нефтью вмещающих пород, при использовании наножидкостей. Проводился ли анализ механизмов, в результате которых меняются свойства смачиваемости?

Указанные замечания не влияют на качество полученных результатов, достоверность которых обеспечивается применением корректных физически обоснованных математических моделей при численном моделировании, использованием надёжного современного измерительного оборудования и экспериментальных методик. Результаты диссертационной работы с достаточной полнотой опубликованы в печатных работах в высокорейтинговых рецензируемых журналах.

В рецензируемой научно-квалификационной работе на основе выполненных соискателем исследований разработаны положения теоретических основ для разработки высокоэффективных компактных систем жидкостного охлаждения и микрореакторных устройств химического синтеза, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области математического и экспериментального моделирования процессов тепло- и массообмена в жидких средах с особыми свойствами. На основании ознакомления с авторефератом диссертации можно заключить, что диссертация А. В. Минакова является законченной научной работой, которая по содержанию, качеству и научному уровню удовлетворяет всем требованиям и критериям пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённым постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г., № 842, предъявляемым ВАК России к докторским диссертациям. Автор диссертации, Минаков Андрей Викторович, заслуживает присуждения ему учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 1.1.9 – Механика жидкости, газа и плазмы.

Я, Бекежанова Виктория Бахытовна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Доктор физико-математических наук
(01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы)

Ведущий научный сотрудник,
заведующий отделом дифференциальных
уравнений механики ИВМ СО РАН


Виктория Бахытовна Бекежанова

8 декабря 2021 г.

Подпись Бекежановой Виктории Бахытовны заверяю

Учёный секретарь ИВМ СО РАН
к.ф.-м.н.




А. В. Вяткин

Почтовый адрес: 660036, г. Красноярск, Академгородок, 50/44

Телефон, e-mail: 8(391)290-51-42; vbek@icm.krasn.ru

Наименование организации: Институт вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук (ИВМ СО РАН) – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, отдел дифференциальных уравнений механики