

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Дементьева Юрия Анатольевича

«Экспериментальное исследование двухфазных течений в плоских микроканалах»

на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы

Автор рассматривает актуальную научно-техническую проблему гидродинамики и теплообмена двухфазных течений в плоских микроканалах малой высоты, что имеет прямое отношение к разработке перспективных систем охлаждения микроэлектроники, микрофлюидных и теплообменных устройств. Основное внимание уделено экспериментальному исследованию режимов течения, межфазных взаимодействий и перепада давления в диапазоне высот каналов 10–55 мкм, где наблюдаются эффекты, ранее не описанные в литературе. Подчёркнута роль капиллярно-модуляционных неустойчивостей и сжимаемости газовой фазы, определяющих особенности формообразования двухфазных потоков.

Проведён комплекс детальных экспериментов с применением современных методов визуализации, включая шпирен-съёмку, высокоскоростную запись и измерение температурных характеристик при локальном подводе тепла. Описаны струйные, вспененные, капельно-кольцевые и другие режимы течения, а также выявлены новые варианты их развития в ультратонких каналах. Особое внимание уделено картам режимов в безразмерных координатах (капиллярное число жидкости Ca_l и число Вебера газа We_g), что обеспечило возможность сопоставления данных для каналов различной высоты и жидкостей с различными физическими свойствами. Установлено, что развитие неустойчивостей осуществляется в области малых значений Ca_l и We_g , что демонстрирует их неклассическую природу и выводит на новый уровень понимание динамики межфазной границы.

Работа предлагает комплексный подход к исследованию двухфазных течений на микромасштабе. Разработана модификация модели Локхарта–Мартинелли с учётом квазисжимаемости газа, а также корреляция параметра межфазного взаимодействия, позволяющая предсказывать двухфазный перепад давления с высоким уровнем точности. Получены данные по влиянию теплового потока на эволюцию структуры течения и перепад давления, что важно для проектирования микроканальных систем охлаждения.

Сформулированные в автореферате цель и задачи исследования выполнены в полном объёме. Разработаны экспериментальные стенды, исследованы режимы без нагрева и при локальном тепловом воздействии, построены режимные карты, выявлены механизмы эволюции межфазных структур и перепада давления. Результаты обладают высокой фундаментальной и прикладной значимостью и могут быть использованы для разработки микроканальных теплообменников, МЭМС-устройств и биомедицинских реакторов, а также для верификации моделей двухфазных течений.

Автореферат диссертации Дементьева Ю.А. дает представление об авторе исследования, как о подготовленном, квалифицированном специалисте, обладающем необходимыми профессиональными знаниями, способном решать сложные научно-технические задачи.

Необходимо отметить, что по тексту автореферата возникает ряд вопросов и замечаний:

1. Как изменение физико-химических свойств рабочей жидкости, например вязкости или поверхностного натяжения в зависимости от температуры или состава, сказывается на границах режимов течений и на параметре межфазного взаимодействия? В работе использованы три жидкости, однако неясно, рассматривались ли дополнительные вариации свойств внутри каждого диапазона, что могло бы уточнить универсальность обобщённых зависимостей.

2. В каких режимах проявляются наиболее существенные расхождения между модифицированной моделью раздельного течения и экспериментальными данными? Хотелось бы увидеть границы применимости разработанной корреляции в части предельных значений массовых скоростей и степеней осушения стенок, особенно при локальном теплообмене.

Отмеченные вопросы не снижают значимости работы. Диссертация представляет собой завершённое исследование, отличается внутренней логикой, новизной и достоверностью выводов. Поставленные задачи выполнены на высоком уровне, получены результаты, имеющие существенный вклад в развитие теплофизики микроканальных систем и методологии экспериментальных исследований на микромасштабе.

Оценивая автореферат в целом, учитывая глубину проработки задач исследования, актуальность и практическую значимость, считаю, что работа выполнена на высоком научном уровне, отвечает требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Дементьев Юрий Анатольевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы.

Доцент кафедры «Теплоэнергетика
и теплотехника»,
Кандидат технических наук



Панкратов
Евгений
Владимирович

24.11.2025

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова», 163002, Россия, г. Архангельск, набережная

Северной Двины, д. 17
тел.: +7 (8182) 21-89-47

e-mail: e.pankratov@narfu.ru



личную подпись Панкратова Е.В.
веряю: ученый секретарь ученого совета САФУ
Давыд Е.Б. Раменская
"24" ноября 2025 г.