

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора физико-математических наук, профессора Губайдуллина Амира Анваровича на диссертацию Ягодницыной Анны Александровны «Экспериментальное исследование локальных характеристик двухкомпонентных течений жидкостей в микроканалах Т-типа», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 — «Механика жидкости, газа и плазмы»

Актуальность темы исследования

Диссертационная работа А. А. Ягодницыной посвящена экспериментальному исследованию двухкомпонентных течений смешивающихся и несмешивающихся жидкостей в микроканалах Т-образной формы. Микроканальные технологические устройства широко используются в различных отраслях современной промышленности, так как обладают рядом преимуществ: высокое отношение площади поверхности к объему, высокие тепловые потоки с единицы площади, высокая безопасность технологических процессов, минимальные объемы рабочих тел. Микроканалы Т-типа с прямоугольным сечением в силу простоты изготовления и удобства подвода жидкостей наиболее часто используются при создании таких устройств. Однако при проектировании и оптимизации микроканальных технологических устройств с использованием микроканалов Т-образной формы, в которых рабочими телами являются многофазные системы, недостаточно наличие таких данных, как расход и перепад давления. Требуется знание ряда других параметров, таких как толщина пленки жидкости на стенке микроканала, контактный угол, поверхностное натяжение на межфазных границах и др. Для этого необходимо развивать экспериментальные методы диагностики потоков на микроуровне, в частности, бесконтактные оптические методы измерения полей скоростей и концентраций. Необходимо проведение экспериментальных исследований с целью построения баз данных и карт режимов. Все это определяет актуальность настоящей работы.

Обоснованность и достоверность полученных результатов подтверждаются использованием апробированных методик экспериментов, постановками специальных тестовых экспериментов и воспроизводимостью

экспериментальных режимов. Полученные результаты согласуются с экспериментальными и теоретическими данными других авторов.

Научная новизна полученных результатов

Существенной новизной обладает раздел работы, посвященный исследованию течения двухкомпонентных несмешивающихся жидкостей в прямых микроканалах Т-формы. В частности, с применением трех наборов жидкостей, обладающих существенно отличающимися физическими свойствами, получен обширный набор режимов в широком диапазоне управляющих параметров. Обнаружен новый, не описанный ранее, режим течения – серпантинный. Впервые предложен безразмерный параметр для обобщения режимных карт, который признан и используется зарубежными исследователями.

Кроме того, в работе развиты методики измерения полей скорости и концентрации в микроканалах. Предложен новый подход, позволяющий производить сравнение данных эксперимента и результатов численного моделирования.

Микрофлюидика является активно развивающимся разделом гидродинамики. Новые результаты, полученные в данной работе, способствуют повышению авторитета России в мировой науке.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов

Значимость работы заключается в том, что развитые в работе технологии эксперимента являются универсальными и могут быть применены для исследования широкого круга научных задач динамики жидкости на микромасштабах. Данные по эффективности перемешивания в микроканале Т-типа и безразмерный критерий для обобщения режимов течения несмешивающихся жидкостей могут быть использованы при проектировании и оптимизации различных микроканальных технологических устройств, например, микромиксеров, других элементов «лабораторий на чипе» в химии и фармацевтике.

Оценка содержания диссертации, ее завершенности

Диссертация содержит 130 страниц, включая 68 рисунков, 7 таблиц, и состоит из введения, 4 глав, заключения и списка литературы из 92 работ.

Во введении обосновывается актуальность темы исследования, формулируются цели и задачи работы, ее научная новизна, теоретическая и практическая значимость, а также формулируются положения, выносимые на защиту.

В первой главе приводится обширный обзор литературы по теме диссертации. Отмечается отсутствие комплексных экспериментальных данных по полям скорости и концентрации в Т-образных микроканалах при перемешивании жидкостей, которые нужны для валидации данных численного моделирования. Дано описание результатов существующих работ по исследованию течений несмешивающихся жидкостей в микроканалах Т-формы, отмечено отсутствие безразмерного критерия для построения карт режимов течения несмешивающихся жидкостей с различными физическими свойствами.

Во второй главе приводятся результаты разработки бесконтактных методов исследования потоков с микронным разрешением – micro-PIV и micro-LIF. Дается описание экспериментальной установки и тестовых экспериментов по измерению полей скорости в прямом микроканале, а также в испаряющейся капле на подложке и биочипе с пульсирующим течением. Представлена модель пространственного усреднения метода micro-LIF и ее обоснование.

Третья глава посвящена экспериментальному исследованию гидродинамики течения и процессов перемешивания в микроканале Т-типа с помощью разработанных автором методов измерения полей скорости и концентрации. Представлена структура течения в микроканале при различных числах Рейнольдса, показано значительное повышение эффективности перемешивания жидкостей в несимметричном вихревом режиме.

В четвертой главе исследуется течение несмешивающихся жидкостей в микроканале Т-формы с различными физическими свойствами. Проведена визуализация режимов течения в широком диапазоне безразмерных параметров, построены карты режимов течения. Проведен анализ размерностей, предложен новый безразмерный параметр для построения универсальной карты режимов. Представлены результаты по измерению длины и скорости снарядов, а также циркуляции скорости внутри снарядов.

В заключении формулируются основные результаты и выводы работы.

Замечания к диссертации

1. В главе 4 было бы интересно более полно исследовать влияние на течение такого параметра как контактный угол, в частности, влияние на длину снаряда.
2. Обзор литературы в работе выполнен достаточно качественно и детально, подавляющее большинство работ англоязычные и за последние 10-15 лет, однако практически отсутствуют статьи других авторов в российских журналах.
3. Имеются недостатки в оформлении работы и опечатки. Например, в формуле (3.2) написано d^2 вместо d , на с. 94 – «детальный» вместо «детально», на с. 107 – «подтверждают» вместо «подтверждает», на с. 108 – «и гидродинамике» вместо «о гидродинамике», в подписи к рис. 55 следует поменять местами подписи к рис.55с и 55d, к рис. 64 – убрать лишнее «(1.9)».
4. В списке литературы некоторые наименования не имеют полного библиографического описания: отсутствуют страницы, не указан журнал, «et al» вместо «и др.» и т.п.
5. В списке публикаций автора у некоторых наименований не указаны страницы.

Соответствие автореферата основным положениям диссертации

Автореферат отражает основные положения, сформулированные в диссертации.

Подтверждения опубликованных основных результатов диссертации в научной печати

Результаты, представленные в диссертации, докладывались на всероссийских и международных конференциях и обсуждались на семинарах научных организаций. По теме диссертации опубликовано 27 работ, включая 10 статей, 6 из которых в журналах из списка ВАК.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней»

Полученные в настоящей работе результаты способствуют развитию экспериментальной гидродинамики и построению базы знаний, которые могут быть использованы как в фундаментальных, так и прикладных исследованиях для создания и оптимизации микроканальных технологических устройств.

Считаю, что диссертация А. А. Ягодницыной «Экспериментальное исследование локальных характеристик двухкомпонентных течений жидкостей в микроканалах Т – типа» представляет собой завершённую научно-квалификационную работу. Она выполнена на высоком научном уровне, содержит новые результаты и удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям согласно «Положению о присуждении ученых степеней» (постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842). Ее автор, А. А. Ягодница, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 — «Механика жидкости, газа и плазмы».

Я, Губайдуллин Амир Анварович, согласен на включение моих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Ягодницыной Анны Александровны, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент

Губайдуллин А. А.

доктор физико-математических наук, специальность ВАК 01.02.05 — «Механика жидкости, газа и плазмы», профессор, директор Тюменского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук, <http://www.timms.tmnsc.ru/>

Адрес: 625026, г. Тюмень, ул. Таймырская, д.74

Телефон: +7(3452) 68-47-56

E-mail: a.a.gubaidullin@yandex.ru

18.02.2019.