

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

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

В настоящее время методы микрогидродинамики широко используются в областях, связанных с течением многофазных сред в пористых и трещиноватых структурах, в сосудистой системе живых организмов, в микродозировующих устройствах фармакологии, при изучении движения клеточных структур в биологических системах.

Микроминиатюризация электронных систем, требует эффективного охлаждения миниатюрными микрожидкостными устройствами, одним из элементов которых являются Т-образные микроканалы. Детальное экспериментальное исследование течения двухкомпонентных жидкостей, развитие современных оптических методов прецизионного измерения поля скоростей и концентрации, параметров образующихся структур при несмешивающемся течении в микроканалах Т-типа особенно актуально как для развития микрофлюидики, так и технических приложений.

Оценка содержания диссертации

Текст диссертационной работы изложен на 130 страницах машинописного текста и состоит из введения, четырех глав, одной обзорной, одной разработке методики измерений, двух содержательных и заключения. Список использованных источников содержит 92 наименований, список обозначений 1 страница, список публикаций по теме диссертации 27 наименований.

В первой главе приведен обзор литературы и анализ результатов исследований других авторов по рассматриваемой теме. Приводится гидродинамический анализ в микроканалах Т-типа. Описываются оптические методы: диагностики цифровая трассерная визуализация потоков (micro-PIV), лазерной индуцированной флуоресценции (micro-LIF), с оценкой погрешностей и демонстрацией возможностей обоих методов.

Во второй главе детально описываются разработанные методики измерений поля скоростей и концентраций. Апробирование методики micro-PIV проводилось на

испаряющейся капле и при пульсирующем возвратно поступательном течении в микрочипе, изготовленном из материала PDMS. Для измерения параметров поля концентраций при перемешивании жидкостей в канале Т-типа разработана методика micro-LIF с использованием красителя Родамин 6Ж.

Третья глава посвящена гидродинамике течения и процессам перемешивания в микромиксере Т-типа. Детально изучены поля скоростей методом micro-PIV при числах Рейнольдса от 10 до 300. Установлено, что в диапазоне $120 < Re \leq 150$ течение переходит в «захватывающий» режим в котором начинается активное перемешивание. Перемешивание отражается на существенном изменении профиля скорости центрального течения Т-канала. Измерения поля концентраций флуорофора наглядно демонстрирует переход от ламинарного течения к смешивающемуся. Грамотная обработка позволила диссертантке получить профили концентраций при различных числах Рейнольдса. Предложенный алгоритм для обработки данных трехмерного моделирования смешения жидкостей в микроканале позволил провести сравнение измеренных полей концентраций с расчетными. Использование micro-LIF для оценки перемешивания показало, так же, как и при измерении поля скоростей, увеличение перемешивания при $Re > 150$.

Четвертая глава посвящена исследованию течения несмешивающихся жидкостей в Т-образном микроканале из трех наборов: керосин – вода, парафиновое масло – вода, парафиновое масло – касторовое масло. Для маловязкой пары керосин-вода, при числах Вебера в диапазоне $1 \div 6$, обнаружен удивительный режим течения, при котором межфазная граница имеет периодическую, волновую структуру, названный авторами «серпантинным режимом». Предложенный универсальный параметр $We \cdot Oh$ позволил построить карты режимов течения для трех наборов жидкостей. Изучение снарядных режимов течения с использованием метода micro-PIV, позволило установить, что циркуляция скорости в снарядах прямо пропорционально среднерасходной скорости.

В заключении освещена проделанная работа и основные результаты экспериментальных исследований течения смешивающихся и несмешивающихся жидкостей в микроканале Т-типа

Научная новизна

1) Предложена модель оценки пространственного усреднениями метода micro-LIF, позволяющая проводить интерпретацию экспериментальных данных и их сопоставления с результатами численного моделирования.

2) Предложен безразмерный параметр позволяющий построить универсальную

карту режима для течения несмешивающихся жидкостей в микроканале Т-типа.

3) В снарядном режиме течения экспериментально получены зависимости длины и скорости снарядов при наличии контактной линии и без нее.

Практическая значимость

Разработанные методы micro-PIV и micro-LIF могут широко использоваться в экспериментальных исследованиях потоков в микроканалах различной геометрии и топологии. Результаты таких работ важны для верификации численных микрогидродинамических моделей и проектирования микрофлюидных устройств. Введенный безразмерный критерий и карты режимов течения, полезны при разработке микрожидкостных устройств.

Достоверность

Достоверность результатов подтверждена постановкой тестовых экспериментов, воспроизводимостью экспериментально изучаемых режимов в сравнении с результатами других авторов и численных моделей.

Замечания по диссертационной работе

1. При тестировании методики micro-PIV в пульсационном режиме нет оценок влияния деформации каналов изготовленных из PDMS.

2. При сравнении (стр.78) полученного критического числа Рейнольдса с расчётным приводится ссылка на формулу (1.17), которая не связана с числом Re.

Общая оценка диссертационной работы

Диссертация А.А. Ягодницыной представляет собой законченную научно-квалификационную работу на актуальную тему, выполненную на достаточном научном уровне, в которой содержится решение научной задачи имеющий теоретическую практическую ценность для развития методов измерения и теории движения двухкомпонентных жидкостей в микроканале Т-типа. Актуальность, научная новизна и практическая значимость работы А.А. Ягодницыной несомненны. Результаты диссертации обоснованы на современном научном уровне, представляют собой законченное научное исследование. Достоинствами рассматриваемой работы является наглядность приведенного экспериментального материала, хорошее качество оформления и широта охвата проблемы. Полученные результаты соответствуют уровню кандидатской диссертации по рассматриваемой специальности. Приведенные выше замечания не снижают общее достоинство работы в целом и не носят принципиальный характер.

Автореферат диссертации составлен с соблюдением установленных требований,

даёт полное представление о работе. Работа хорошо апробирована. Она докладывалась на различных Всероссийских и международных конференциях. Основные научные результаты изложены в 10 статьях, опубликованных в рецензируемых журналах, из них 6 статей в рецензируемых журналах входящих в перечень ВАК.

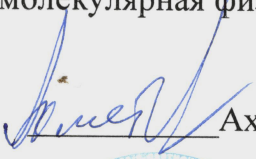
Обобщая вышесказанное и учитывая новизну, научную и практическую значимость выполненных исследований и их достоверность, считаю, что представленная к защите диссертационная работа соответствует требованиям п.9 «Положение о присуждении ученых степеней», а её автор Анна Александровна Ягодницына заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы

Официальный оппонент:

заведующий лабораторией экспериментальной гидродинамики

Института механики им. Р.Р. Мавлютова УФИЦ РАН

Кандидат физико-математических наук, специальность 01.04.15: Физика и технология наноструктур, атомная и молекулярная физика

«22» 02 2019 г.  Ахметов Альфир Тимирзянович

Подпись Ахметова А.Т. заверяю,

Ученый секретарь ИМех УФИЦ РАН 

Рафикова Г.Р.

Институт механики им. Р.Р. Мавлютова — обособленное структурное подразделение
Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского
федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИМех УФИЦ РАН)

Почтовый адрес: Россия, 450054, г. Уфа, Проспект Октября, 71

Телефон/факс: +7 (347) 235-52-55, E-mail: imran@anrb.ru, alfir@anrb.ru

Я, Ахметов Альфир Тимирзянович, даю свое согласие на включение своих персональных документов в документы, связанные с защитой диссертации Ягодничиной Анны Александровны, и их дальнейшую обработку.