

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Роньшина Федора Валерьевича «Двухфазные течения в коротких прямоугольных микроканалах», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы

Тенденцией мирового технологического прогресса в последние три десятилетия явилось развитие микросистемной техники (МСТ), микроэлектромеханических систем (МЭМС) и соответствующих технологий. Особенностью МЭМС и МСТ являются высокие массо-габаритные, весовые, энергетические характеристики. Одним из важных направлений МСТ является создание микротеплообменников различного назначения. Такие системы весьма перспективны и уже используются в микроэлектронике, в аэрокосмической индустрии и т.д.

Большинство устройств МСТ содержит элементы с микротечениями. Характер работы микроустройств данного типа существенно зависит от особенностей течений, процессов переноса, возможных фазовых превращений. Уже сегодня ясно, что ряд этих процессов в микроканалах протекает иначе, нежели в обычных макроскопических условиях, однако степень этих отличий все еще недостаточно изучена. Оптимизация же таких процессов требует ясного их понимания. Ситуация существенно усложняется, если течение оказывается двухфазным. Собственно исследованию особенностей таких течений в микроканалах и посвящена настоящая работа, что делает ее тематикой, конечно, **актуальной**. Актуальность тематики данной диссертации в целом обусловлена, как возможным практическим применением полученных результатов, так и получением необходимых фундаментальных знаний.

Исследование микротечений в последние два-три десятилетия ведутся и теоретически, и экспериментально. Однако теоретические исследования

сводятся преимущественно к моделированию посредством обычных гидродинамических подходов, развитых для изучения макротечений. Насколько они применимы для микротечений в общем случае не ясно, адекватный ответ здесь можно получить лишь экспериментально. Это делает данную диссертационную работу **теоретически важной**. **Практическая важность** таких исследований также вполне очевидна, поскольку полученные данные можно непосредственно использовать при создании конкретных образцов МСТ.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Во введении сформулированы цель и задачи диссертации, основные положения, выносимые на защиту. Указывается, что экспериментально изучаются двухфазные течения в микроканалах. Однако не ясно, о каких двухфазных течениях идет речь. Это газовзвеси, суспензии, эмульсии или газожидкостные среды? С тем же недостатком сформулировано и название диссертации. В названии следовало более точно сформулировать исследуемое предметное поле. Собственно, нигде так и не указано, какие двухфазные течения в диссертации будут изучаться.

Столь же неудачно сформулированы и выносимые на защиту результаты. Указано 5 пунктов, но первые четыре сформулированы общими словами («результаты исследования...»), которые совершенно не позволяют понять, а что фактически выносятся на защиту.

Первая глава носит обзорный характер. Она занимает почти половину объема диссертации и включает 16 разделов. Последний раздел содержит основные выводы и мотивирует необходимость решения задач, которые и рассматриваются в диссертации.

Вторая глава посвящена описанию экспериментального стенда и методик измерения. Здесь следует сказать, что создание стенда для проведения экспериментов с течением газожидкостной среды само по себе является немалым достижением. Тем не менее данная глава не свободна от недостатков.

Первое. Шлирен-метод дает лишь качественную картину, оцениваемые по полученным снимкам данные (например, толщины пленки) могут отличаться в разы или даже на порядок. Насколько это может изменить картину наблюдаемых режимов и соответствующих карт режимов не ясно, и это, к сожалению, даже не обсуждается. Далее. Высота микроканала была измерена в нескольких точках. с использованием конфокального метода. Плоскопараллельность канала достаточно условная, поскольку его высота меняется по длине достаточно значительно в среднем больше, чем на 10%. Как это может сказаться на развитии тех или иных неустойчивостей, а значит и смене режимов? Не ясно и что означает сделанный вывод: «плоскопараллельность поверхности составляет $\lambda/4$ ».

Третье. Перед экспериментом были проведены измерения краевых углов смачивания пластин из нержавеющей стали и стекла при помощи метода лежащей капли. Однако не ясно насколько эти контрольные измерения соотносятся с полученными в ходе эксперимента. Насколько пластины канала идентичны пластинам, на которых измерялся краевой угол.

Наконец в главе 2, где описываются все используемые экспериментальные методы, отсутствует описание методики и инструментария измерения падения давления вдоль канала. Не ясна точность таких измерений, хотя в главе 3 указывается, что такие измерения выполнялись. Соответствующие измерительные системы отсутствуют и на рис. 2.1 и 2.2. Это чрезвычайно важно, поскольку в главе 3 на основе таких измерений автор пытается изучить применимость тех или иных моделей.

Собственно изложению экспериментальных данных посвящены главы 3 и 4. В третьей главе изучаются основные режимы двухфазного течения и переходы между ними, а в четвёртой исследуются характерные особенности двухфазного течения в широких прямоугольных микроканалах. Наиболее интересными здесь являются следующие результаты.

- Определение границ между различными режимами течения и построение режимных карт.
- Исследование адекватности классические моделей определения падения давления.
- Обнаружение так называемого капельного режима течения, когда капли представляют собой вертикальные жидкостные перемычки, и формулирование механизмов их формирования и условий разрушения.

В заключении сформулированы основные полученные в диссертации выводы. В целом диссертационная работа Роньшина Ф.В. написана неплохим языком, однако помимо уже указанных она имеет и несколько других недостатков.

- Автор систематически изучен широкий класс микротечений, выделен ряд характерных режимов течения и составлены карты режимов течений. Однако фактически не сделано попытки критериально разделить их на классы, соответствующие тем или иным параметрам подобия. Тем самым так и не ясно, что изменится, если ширина канала, например увеличится в два раза.
- Не сделано попытки сопоставить полученные данные с плоским каналом. Ширина рассматриваемых каналов примерно на порядок больше его высоты. Этот канал можно считать плоским или нет?
- Не сделано попытки хотя бы качественно оценить влияние на течение несимметрии (разные материалы, смачиваемость, шероховатость и т.п.) верхней и нижней стенок канала.
- Наконец так и остается не ясным являются ли выявленные особенности течений характерными именно для микротечений или подобные режимы будут наблюдаться и в обычных макроскопических условиях.

Несмотря на это следует отметить, что в диссертации получен ряд указанных выше **новых результатов. Достоверность и обоснованность результатов и выводов** подтверждается использованием проверенных экспериментальных методик, согласованием полученных данных с данными известных теорий. Полученные данные очень хорошо опубликованы и докладывались на многих международных и всероссийских конференциях, хорошо известны как отечественным, так и зарубежным специалистам.

Текст автореферата вполне соответствует содержанию диссертации. Недостатком реферата является полное отсутствие описания методик измерения, приведенных в главе 2.

Автор продемонстрировал хорошее владение различными разделами механики жидкости и газа, что свидетельствует о его высокой квалификации. Таким образом, диссертация Роньшина Ф.В. соответствует требованиям П. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 (ред. от 21.04.2016), а Роньшин Федор Валерьевич заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы.

Официальный оппонент,
доктор физико-математических наук, профессор,
профессор кафедры теоретической механики
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Новосибирский государственный
архитектурно-строительный университет (Сибстрин)»

Рудяк Валерий Яковлевич

Адрес: Новосибирск, Ленинградская, 113

Телефон: 8 383 2668014

e-mail: valery.rudyak@mail.ru

