

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

Диссертационного совета Д 003.053.01 при ИТ СО РАН о диссертационной работе Роньшина Федора Валерьевича «Двухфазные течения в коротких прямоугольных микроканалах» по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

1. Диссертационная работа выполнена в лаборатории Интенсификации процессов теплообмена ИТ СО РАН (лаб. 6.6).
2. Диссертационная работа посвящена экспериментальному исследованию режимов двухфазных течений и границ между ними в коротких (длиной 80 мм) горизонтальных микроканалах шириной от 10 мм до 40 мм и высотой от 150 мкм до 50 мкм при помощи современных методов исследования.

В процессе выполнения были поставлены и решены следующие задачи:

- Разработка экспериментальной методики для точного определения границ между режимами.
- Экспериментальное исследование режимов течения в плоских микроканалах высотой от 150 мкм до 50 мкм и шириной от 10 мм до 40 мм в широком диапазоне расходов газа и жидкости.
- Определение критериев переходов между режимами и построены режимные карты с использованием разработанной методики.
- Исследование гидравлического сопротивления при течении двухфазного потока в микроканале в зависимости от расходов газа и жидкости. Сравнение с моделями, представленными в литературе.
- Исследование влияние высоты и ширины микроканала на границы между режимами. Сравнение режимных карт с представленными в литературе моделями. Разработка новых моделей переходов между режимами.

3. Основные результаты работы Роньшина Ф.В.:

- Разработана новая методика измерения характеристик двухфазного потока в микроканалах. Впервые проведены эксперименты в широких (шириной 10-40 мм) микроканалах высотой от 150 до 50 мкм. Предложен новый способ определения границ режимов двухфазного течения на основе количественных критериев. Обнаружены режимы, не свойственные для горизонтальных макроканалов: струйный, вспененный и для круглых микроканалов: раздельный режим.

- Проведено исследование перепада давления в канале $0,15 \times 10$ мм. Показано, что для гомогенной модели наилучшей является корреляция вязкости Dukler et al., 1964. Для модели раздельного потока наилучшей корреляцией для константы двухфазного взаимодействия является Hwang and Kim, 2006. Исследована зависимость перепада давления пленочных режимов течения от массового газосодержания. Показано, что минимальный перепад давления достигается в раздельном режиме, что важно для технических приложений.

- Показано, что капельный режим течения является характерным для плоских микроканалов высотой 150 мкм и менее, когда по микроканалу движутся капли, представляющие из себя вертикальные жидкостные перемычки. Выделено три механизма формирования таких капель: вследствие разрушения горизонтальных жидкостных перемычек; отделение капли от жидкости, движущейся по боковым сторонам канала и формирование непосредственно возле сопла жидкости. Показаны критические числа We_{SG} , при которых капли начинают деформироваться и разрушаются. Предложена новая классификация режимов: пузырьковый (по каналу движутся пузырьки газа), инверсионный или капельный (когда в классических режимах наблюдается движение капель жидкости, представляющих из себя вертикальные жидкостные перемычки) и раздельный режим, не содержащий капель. Обнаружено, что область капельного режима течения существенно зависит от размеров канала и смачиваемости поверхности.

- Выявлено, что ширина микроканала оказывает существенное влияние на режим двухфазного течения и приводит к появлению новых режимов течения и их неустойчивости. Проведено сравнение с моделями Taitel & Dukler (Taitel, 1990) и Ullmann and Brauner (2007), определяющими границы между режимами. Показано, что классические модели не описывают режимы течения и их границы в микроканалах. Только переход от вспененного режима к кольцевому описывается моделью Ullmann & Brauner. Выявлены закономерности влияния ширины канала на переход к кольцевому режиму. Предложена модель для перехода от раздельного к кольцевому режиму, базирующаяся на обнаруженном факте: структурирование струй жидкости по каналу.

- Показано, что при переходе от мини- к микроканалам появляются новые эффекты, режимы течения и их особенности. В частности, с уменьшением высоты канала влияние гравитации становится несущественным, вследствие чего формируется вспененный режим течения, характерный для вертикальных макроканалов. Область

вспененного режима существенно увеличивается, причем при переходе к микроканалам высотой 100-200 мкм ($\sim 0,05 l_0$) тенденция меняется. С уменьшением высоты канала появляются новые режимы неустойчивости, увеличивается интенсивность образования капель.

4. Рассмотрев содержание диссертации и автореферата, комиссия пришла к выводу, что тема диссертации, а также ее содержание соответствуют научной специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы по физико-математическим наукам.

Материалы диссертации полностью изложены в 40 публикациях, 15 из которых изданы в журналах, рекомендованных ВАК, 25 – в тезисах докладов на конференциях. Требования к публикациям, предусмотренные пунктами 11, 13 “Положения о присуждении учёных степеней” соблюдены.

Вклад автора в исследования состоит в подготовке и проведении серии экспериментов, в самостоятельной разработке и тестировании комплекса численных алгоритмов для анализа базы данных измерений, самостоятельной обработке экспериментальных данных и интерпретации результатов, а также в участии в подготовке статей и докладов на конференциях и для публикации в рецензируемых журналах. Материалы других авторов, использованные в диссертации Роньшина Ф.В., во всех случаях содержат ссылку на источник и удовлетворяют требованиям пункта 14 «Положения о присуждении ученых степеней».

Экспертная комиссия рекомендует принять к защите диссертационную работу Роньшина Ф.В. «Двухфазные течения в коротких прямоугольных микроканалах» по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук.

Председатель комиссии

д.т.н.



Гогонин Иван Иванович

Члены комиссии

Чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н.



Павленко Александр Николаевич

д.ф.-м.н.



Кашинский Олег Николаевич