

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ ГАЗОЖИДКОСТНОГО ТЕЧЕНИЯ В КАНАЛЕ МАЛОГО РАЗМЕРА ОПТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Г.В. Барткус, И.А. Козулин

*Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе
Новосибирский государственный университет
630090, г. Новосибирск, Россия*

В настоящее время наблюдается рост интереса к исследованиям в области капиллярной гидродинамики и теплообмена в микросистемах, вызванный бурным развитием электроники и медицины, а также миниатюризацией устройств в различных областях техники. Для интенсификации теплообмена в компактных энергетических устройствах активно используются каналы малого и сверхмалого размера. Работы в этой области, например [1, 2], были направлены на изучение структуры адиабатного газожидкостного двухфазного потока в каналах с размером порядка миллиметра и меньше.

Данная работа направлена на проведение комплексных экспериментальных исследований механизма гидродинамических процессов, при течении жидкости, в прямоугольном микроканале с размером 420×280 мкм. Изучена структура газожидкостного течения вода-азот, в том числе режимы течения двухфазного потока в области режима течения с удлиненными пузырями-снарядами. Определены закономерности распределения фаз с использованием метода двулучевого лазерного сканирования потока. В работе определены границы характерных течений, определена локальная толщина пленки в режиме удлиненных пузырей, используя метод лазерно-индуцированной флуоресценции (LIF). Видеосъемка режимов течения осуществлялась с помощью высокоскоростной видеосъемки.

Для отработки методики LIF был создан экспериментальный стенд для изучения толщины пленки методом лазерно-индуцированной флуоресценции (LIF), рисунок 1. Луч лазера от импульсного лазера (1) с длиной волны 532 нм под прямым углом падал на стекло исследуемого канала (2), в котором было организовано течение двухфазного газожидкостного течения. В качестве жидкости использовалась дистиллированная вода. Высокоскоростная видеокамера (3) регистрировала отраженный свет, проходящий через оранжевый светофильтр ОС-12 (4). Весь экспериментальный стенд был накрыт светонепроницаемым кожухом, для исключения шума от ламп накаливания и дневного света.

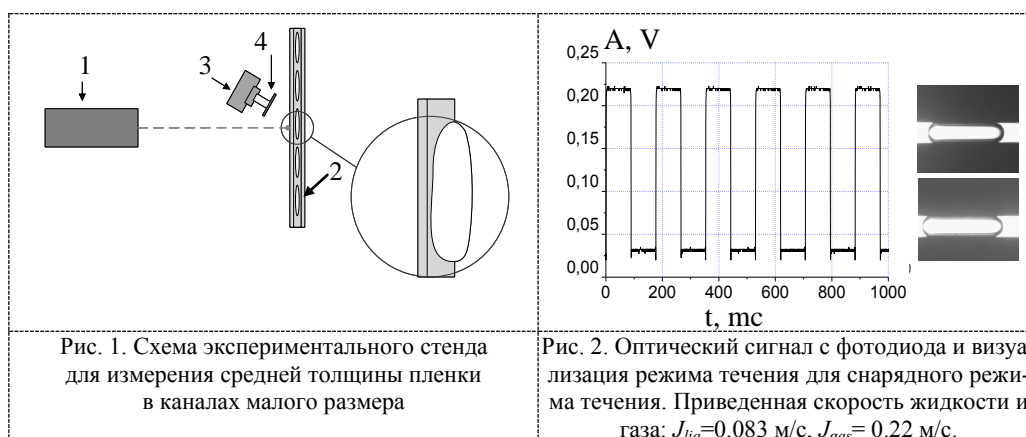


Рис. 1. Схема экспериментального стенда для измерения средней толщины пленки в каналах малого размера

Рис. 2. Оптический сигнал с фотодиода и визуализация режима течения для снарядного режима течения. Приведенная скорость жидкости и газа: $J_{liq}=0.083$ м/с, $J_{gas}=0.22$ м/с.

На основе высокоскоростной видеосъемки и двойного лазерного сканирования определены основные режимы течения. На рисунке 2 представлен сигнал с оптического датчика и визуализация течения, для периодического режима удлиненных пузырей-снарядов для приведенной скорости жидкости и газа: $J_{liq}=0.083$ м/с, $J_{gas}=0.22$. Снарядный режим течения характеризуется периодичностью и отсутствием возмущений за снарядом.

На рисунке 3 представлены результаты для толщины пленки δ/D_h нормированной на гидравлический диаметр в зависимости от капиллярного числа Ca , полученные методом лазерно-индуцированной флуоресценции (LIF) в микроканале с размером 420×280 мкм. На рисунке светлыми треугольниками представлены данные по толщине пленки для режима течения с удлиненными снарядами-пузырями. Светлыми ромбами представлены данные для переходного режима течения. Экспериментальные результаты были сопоставлены с расчетной работой [3] и экспериментальной работой [4].

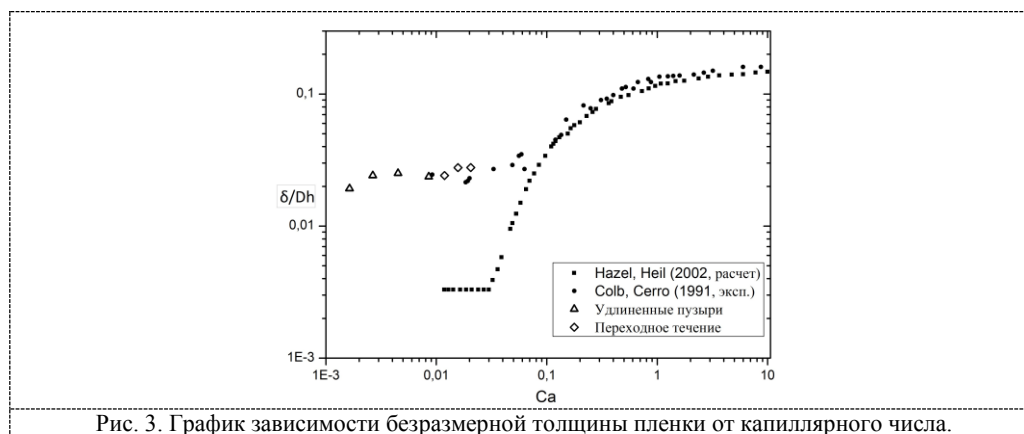


Рис. 3. График зависимости безразмерной толщины пленки от капиллярного числа.

В результате выполненных работ экспериментально получена структура газожидкостного течения в микроканале 420×280 мкм с гидравлическим диаметром существенно меньше капиллярной постоянной. Детально изучена структура течения с помощью двухлучевого лазерного сканирования, высокоскоростной видеосъемки течения газожидкостного течения. С помощью метода лазерно-индуцированной флуоресценции (LIF) установлена толщина пленки жидкости для режима течения с удлиненными снарядами.

Работа выполнена при поддержке РФФИ № 15-08-07506А.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Choi C. W., Yu D. I., Kim M.H. Adiabatic two-phase flow in rectangular microchannels with different aspect ratios: part 1 – flow pattern, pressure drop and void fraction // Int. J. of Heat and Mass Trans. 2011. Vol. 54. P. 616–624.
2. Козулин И. А., Кузнецов В. В. Статистические характеристики двухфазного газожидкостного потока в вертикальном микроканале // Прикладная механика и техническая физика. 2011. Т. 52 (6). С. 129–139
3. Hazel A. L., Heil M. The steady propagation of a semi-infinite bubble into a tube of elliptical or rectangular cross-section // Journal of Fluid Mechanics. 2002. Vol. 470. P. 91–114.
4. Kolb W.B., Cerro R. L. Coating the inside of a capillary of square cross section // Chemical Engineering Science. – 1991. Vol. 46. Is. 9. P. 2181-2195.