

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

диссертационного совета Д 003.053.01 при ИТ СО РАН о диссертационной работе Харламова Сергея Михайловича «Экспериментальное исследование эволюции волн на поверхности стекающих пленок жидкости», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы.

1. Диссертационная работа выполнена в Лаборатории физических основ энергетических технологий (7.4) ИТ СО РАН.
2. Диссертационная работа посвящена экспериментальному исследованию волновых режимов, реализующихся при пленочном течении жидкости и получению волновых характеристик, позволяющих проводить прямое сравнение результатов эксперимента с результатами теоретического анализа.

В процессе выполнения были поставлены и решены следующие задачи:

- Экспериментальное исследование частотной восприимчивости и получение дисперсионных зависимостей фазовой скорости и инкремента амплитуды двумерных волн на поверхности пленки на начальном участке кольцевого газо-жидкостного течения в вертикальном канале для случаев восходящего и опускающего течения газа.
- Экспериментальное исследование закономерностей эволюции локализованных трехмерных возмущений на поверхности вертикально стекающих пленок жидкости.
- Разработка системы диагностики пленочных течений методом лазерно-индуцированной флюоресценции (метод ЛИФ) для проведения полевых измерений локальной толщины пленки жидкости, стекающей по пластине.
- Получение количественной информации о форме уединенных трехмерных волн на пленках жидкости, свободно стекающей по вертикальной пластине.

3. Основные результаты диссертационной работы Харламова С. М.:

- С использованием локальных датчиков электропроводности исследована эволюция возбужденных двумерных волн малой амплитуды на поверхности пленки жидкости стекающей по внутренней поверхности вертикальной трубы в присутствии спутного или противоточного газового потока. Основное внимание уделялось получению характеристик волн, развивающихся по линейному сценарию, когда нелинейные эффекты не оказывают существенного влияния на полученные волновые характеристики. Поскольку область линейного развития волн является короткой и расположена на

начальном участке течения жидкости, особое внимание уделялось выполнению условий, при которых полученные результаты можно отнести к характеристикам линейных волн, развивающихся за пределами области гидродинамической стабилизации пленочного течения. Для волн, отвечающих таким условиям, полученные экспериментальные данные представлены в виде дисперсионных зависимостей пространственных инкрементов и фазовых скоростей от волнового числа. Показано, что пространственные инкременты волн, попадающих в окрестности волн максимального роста, возрастают при любом направлении течения газа по сравнению со случаем свободно стекающих пленок. Фазовая скорость волн, особенно в окрестности волн максимального роста, имеет сильную чувствительность к скорости противоточного течения газа и быстро уменьшается с ее увеличением. В случае спутного течения фазовая скорость волн слабо чувствительна к скорости газа и незначительно увеличивается с ростом скорости газа. Характер поведения дисперсионных кривых показывает, что область волновых чисел, в которых течение неустойчиво, сужается по сравнению со случаем течения под действием гравитации при наличии противотока газа и расширяется при наличии спутного газового потока.

- Разработана система диагностики пленочных течений методом ЛИФ, позволяющая определять скорость и мгновенную форму трехмерных волн на поверхности стекающих по пластине пленок жидкости. Проанализированы основные источники погрешностей метода, включая оптические искажения, возникающие из-за волнистости свободной поверхности пленки. Показана возможность применения метода ЛИФ для исследования эволюции локализованных трехмерных возмущений.

- В широком диапазоне чисел Рейнольдса пленочного течения $1,5 < Re < 100$ проведено экспериментальное исследование эволюции локализованного трехмерного возмущения на вертикально стекающих пленках жидкости. Выявлено два основных сценария эволюции – развитие волнового пакета и формирование уединенной трехмерной волны подковообразной формы. При числах Рейнольдса пленочного течения от нескольких единиц до 70 – 80 для образования уединенной волны начальное возмущение должно обладать энергией, превышающей некоторое пороговое значение. При более низких энергиях возмущения из локализованного возмущения развивается волновой пакет.

- В области малых чисел Рейнольдса $Re < 5$ впервые зарегистрированы уединенные стационарные трехмерные волны и измерены их характеристики. Отличительной особенностью таких волн является подковообразная форма основного гребня, между боковыми сторонами которого имеется узкая желобообразная впадина с пониженной, по сравнению с невозмущенной, толщиной пленки. Сравнение измеренных характеристик уединенных стационарных волн с теоретически предсказанными значениями показывает

хорошее соответствие.

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, физико-математическим наукам.

По теме диссертации опубликовано в печатных изданиях, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК, 5 работ. Основные результаты работы представлялись на 9 всероссийских и международных конференциях. Комиссия считает, что представленные соискателем учёной степени материалы диссертации в полной мере опубликованы в научных рецензируемых изданиях. Требования к публикациям, предусмотренные пунктами 11, 13 «Положение о присуждении учёных степеней», соблюдены.

Постановка задач исследования по теме диссертации осуществлена автором совместно с научным руководителем академиком РАН С. В. Алексеенко и чл.-корр. РАН Д. М. Марковичем. Вклад автора в исследования состоял в проведении серии экспериментов, в разработке и тестировании программ обработки полученного экспериментального материала, в обработке экспериментальных данных и интерпретации результатов, а также в подготовке статей и докладов на конференциях и для публикации в рецензируемых журналах. Материалы других авторов, использованные в диссертации Харламова С. М., 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 Харламова С. М. «Экспериментальное исследование эволюции волн на поверхности стекающих пленок жидкости» по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы, по физико-математическим наукам в диссертационном совете Д 003.053.01 при ИТ СО РАН.

Председатель комиссии:

Член-корреспондент РАН

Павленко А.Н.

Члены комиссии:

д.ф.-м.н., ст. н.с.

Кашинский О.Н.

д.ф.-м.н.

Новопашин С. А.

