

ОТЗЫВ

на диссертацию Люшнина Андрея Витальевича
«Динамика ультратонкого слоя жидкости», представленной на соискание
ученой степени доктора физико-математических наук по специальности
01.02.05– Механика жидкости, газа и плазмы

Актуальность диссертационного исследования Люшнина А.В. базируется на том, что задача исследования процесса динамики и структурных изменений испарения тонких плёнок полярных жидкостей при одновременном влиянии межмолекулярных и электрических сил с учетом присутствия ПАВ, далека от полного практического решения. Существующие модели посвящены разработке аспектов движения, испарения, межфазного взаимодействия с учётом изменения границы между фазами, но крайне мало работ, учитывающих эффекты электрохимического взаимодействия в полярных жидкостях. Большинство исследований в области термодинамики тонких плёнок направлено на изучение эффектов термокапиллярного и концентрационно-капиллярного влияния межфазного взаимодействия.

Диссертация Люшнина А.В. соответствует формуле специальности 01.02.05– Механика жидкости, газа и плазмы, а также областям исследования по пунктам 6, 8, 13, 16, 18 паспорта специальности.

В первой главе диссертационной работы автор приводит общую постановку задачи и обзор текущего состояния моделирования гидро- и термодинамики тонких жидких полярных плёнок. Описание типичной предметной области исследований рассмотрено как на уровне теоретических, так и экспериментальных работ российских и зарубежных авторов.

К основным выводам, определенным в обзоре, относятся: наибольший интерес с точки зрения новизны представляют задачи исследования совместного взаимодействия электрохимических сил, обусловленных наличием двойного электрического поля, а также термокапиллярных и концентрацион-

но-капиллярных на границе раздела фаз «жидкость-газ».

Во второй главе работы приводится постановка задачи численного моделирования динамики испарения тонкой плёнки полярной теплопроводной жидкости под воздействием потенциала двойного электрического слоя и теплового потока от нагретой подложки. При этом поверхностное натяжение плёнки зависит от температуры. Исследуются процессы динамики толщины плёнки при испарении жидкости. Предварительно проводится линейный анализ устойчивости возмущенной толщины плёнки. Показано, что первоначально плоская поверхность плёнки на границе раздела фаз в результате взаимодействия перечисленных выше факторов приобретает форму пространственных колебаний в виде движущегося фронта, разделяющего два устойчивых значения толщины плёнки. Показано, что ведущими параметрами возмущения толщины плёнки являются число Марангони Ma , характеризующее поверхностное натяжение на границе фаз и безразмерный параметр испарения Ω , при этом испарение является стабилизирующим фактором. Численные расчеты проведены на конечно-разностной сетке по явно-неявной схеме Кранка – Николсона с мягкими условиями на границах области.

Третья глава диссертации содержит постановку и численное решение задачи исследования динамики тонкой пленки полярной теплопроводной жидкости, лежащей на нагретой подложке. Численное решение задачи получено также при помощи явно-неявной схемы Кранка – Николсона. Показано, что ведущими параметрами, определяющими динамику толщины тонкого слоя, являются числа Марангони Ma . Проведенные расчеты и линейный анализ устойчивости демонстрируют, что эффекты, обусловленные ростом концентрации, приводят к неустойчивости и являются дестабилизирующими факторами, а испарение выступает стабилизирующим фактором. Отмечается, что при достаточно больших числах Марангони наблюдается разрушение регулярной структуры слоя.

Четвертая глава диссертации посвящена изучению влияния термокапиллярного механизма неустойчивости на электрогидродинамическую си-

систему «подложка-жидкость-внешняя среда». Исследована устойчивость системы при различных значениях чисел Ma .

Пятая глава диссертации содержит постановку и численное решение задачи исследования эффектов влияния на динамику тонкой плёнки концентрации поверхностно-активного вещества (ПАВ) - объемной (внутри слоя) и поверхностной (на границе раздела фаз), при этом предполагается, что поверхностное натяжение, в отличие от случая, рассмотренного во второй главе, зависит от поверхностной концентрации ПАВ. Численное решение задачи получено также при помощи явно-неявной схемы Кранка – Николсона. Показано, что ведущими параметрами, определяющими динамику толщины тонкого слоя, являются числа Пекле, характеризующие диффузию ПАВ в объеме и на поверхности раздела фаз «жидкость-газ», концентрационное число Марангони, описывающее поверхностный эффект концентрации ПАВ и безразмерный параметр испарения. Проведенные расчеты и линейный анализ устойчивости демонстрируют, что эффекты, обусловленные ростом концентрации, приводят к неустойчивости и являются дестабилизирующими факторами, а испарение выступает стабилизирующим фактором. Отмечается, что при достаточно больших числах Марангони и Пекле наблюдается разрушение регулярной структуры слоя.

В заключении диссертации приведены основные результаты и выводы проведенных исследований.

По тексту автореферата имеется следующее замечание:

1. Возникает вопрос относительно понимания реальной геометрии объекта: в обзоре результатов исследования отмечено, что результаты экспериментов (Leizerson et al., Physical Review, 2003), привлеченных к обоснованию постановки задачи, относятся к капле воды, а понятие тонкого слоя трактуется автором как слой жидкости, в котором отсутствует объемная часть. Более того, на основании малости отношения поперечной толщины к продольной, выводится уравнение эволюции плёнки.

Диссертация представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу на актуальную тему, выполненную на высоком теоретическом и практическом уровне. Соискателю удалось добиться существенных научных и практических результатов.

Достоверность представленных в работе выводов и практических рекомендаций подтверждается корректно выстроенной научной аргументацией, а также результатами экспериментальных расчетов.

Материалы, изложенные в диссертации, опубликованы в 17 приведенных в автореферате диссертации источниках, в том числе 12 из списка ВАК. По содержанию и оформлению работа А.В. Люшнина соответствует требованиям Положения ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы, а соискатель, Андрей Витальевич Люшнин, достоин присуждения ученой степени доктора физико-математических наук.

Заведующий кафедрой физики и медицинской информатики
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Кировский государственный медицинский универси-
тет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, д.ф.-м.н.

Анатолий Викторович Шатров

610000, г. Киров, ул. Карла Маркса, 112

E-mail: shatrov@vyatsu.ru

Согласен с обработкой персональных данных

07.11.2019



А.В. Шатров

Подпись А.В. Шатрова заверено.

Начальник отдела: Мельникова
07.11.2019

