

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 003.053.001,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ИНСТИТУТА ТЕПЛОФИЗИКИ ИМЕНИ
С.С. КУТАТЕЛАДЗЕ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ ДОКТОРА ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК.**

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 20.11.19 г. № 12/2019

О присуждении Люшнину Андрею Витальевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Динамика ультратонкого слоя жидкости» по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы, принята к защите 15.05.2019 (протокол заседания № 11/2019) диссертационным советом Д 003.053.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук (ИТ СО РАН), 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 1, приказ о создании диссертационного совета № 105/НК от 11.04.2012г.

Соискатель Люшнин Андрей Витальевич, 1968 года рождения, диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «Влияние термокапиллярного эффекта на электроконвективную неустойчивость при инъекции заряда через свободную поверхность» защитил в 1998 году, в диссертационном совете, созданном на базе Пермского государственного университета, работает деканом Факультета информатики и экономики в Пермском государственном гуманитарно-педагогическом университете.

Диссертация выполнена на Кафедре теоретической физики и компьютерного моделирования Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет».

Официальные оппоненты: Дёмин Виталий Анатольевич, д.ф.-м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», заведующий Кафедрой теоретической физики; Кабов Олег Александрович, д.ф.-м.н., профессор, ФГБУН Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, заведующий Лабораторией интенсификации процессов теплообмена; Калинин Василий Валерьянович, д.ф.-м.н., профессор, ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа

(национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина», заведующий Кафедрой высшей математики дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный университет», г. Краснодар, в своем положительном заключении, подписанном д.ф.-м.н., профессором Кафедры прикладной математики Калайдиным Евгением Николаевичем указала, что «Диссертация Люшнина Андрея Витальевича является завершенной научно-квалификационной работой, в которой ... выявлены механизмы возникновения и взаимодействия различных механизмов неустойчивости, и выполнено комплексное описание гидродинамических явлений и взаимосвязи между эффектами, представляющее собой более полное и углубленное представление о гидродинамике ультратонких слоев. Результаты можно квалифицировать как научное достижение в области гидродинамики жидкости».

Соискатель имеет 46 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 20 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 13 работ (содержат в сумме 89 страниц). Вклад автора в опубликованных работах состоит в постановке задач, создании математических моделей, проведении численных расчетов и экспериментов и анализе полученных результатов. В публикациях в полной мере отражены основные научные результаты работы. Наиболее значительные работы:

1. Lyushnin A. V., Golovin A. A., Pismen, L. M. Fingering instability of thin evaporating liquid films // *Physical Review E – Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics*. 2002.– Vol.65.– P. 021602/1–021602/7 .
2. Leizerson, I., Lipson, S. G., Lyushnin, A. V. When larger drops evaporate faster // *Nature*. 2003.– Vol. 422.– P. 395–396 .
3. Leizerson, I., Lipson, S. G., Lyushnin, A. V. Symbiosis of different-sized drops // *Physical Review E – Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics*. 2003.– Vol.68.– P. 051601/1–051601-5 .
4. Leizerson, I., Lipson, S. G., Lyushnin, A. V. Finger instability in wetting-dewetting phenomena // *Langmuir*. 2004.– Vol.20, № 2. P. 291–294 .
5. Гордеева В. Ю., Люшнин А. В. Влияние термокапиллярного эффекта на динамику и устойчивость движения испаряющейся тонкой пленки // *Журнал технической физики*, 2013. – Т. 83, Вып. 3. – С. 41–47 .
6. Гордеева В. Ю., Люшнин А. В. Особенности испарения тонкого слоя воды в присутствии растворимого сурфактанта // *Журнал технической физики*, 2014. – Т. 84, Вып. 5. – С. 28–34 .

На диссертацию и автореферат поступило 8 положительных отзывов. В отзывах отмечено, что диссертация выполнена на высоком научном уровне, тема диссертации является актуальной, результаты имеют теоретическую и практическую значимость и вносят вклад в понимание физики тонких и ультратонких слоев жидкости. В отзыве д.ф.-м.н. Макарихина И. Ю., ректора Пермского государственного национально исследовательского университета содержится замечание: «В качестве замечания следует отметить, что только в главе 2 и 4 указана методика проведения расчетов». В отзыве д.ф.-м.н. Тарасевича Ю.Ю., заведующего Лабораторией «Математическое моделирование и информационные технологии в науке и образовании» Астраханского государственного университета содержатся замечания: « 1. Несмотря на хорошее качество подготовки текста в целом, имеется небольшое количество небольших проблем в оформлении (преимущественно в формулах). 2. П.П.10 Положения устанавливает, что в диссертации, имеющей теоретический характер, должны приводиться рекомендации по использованию научных выводов. Мне не удалось обнаружить в диссертации раздел «Рекомендации» в явном виде, поэтому соискателю желательно четко сформулировать рекомендации в ходе публичной защиты диссертации». В отзыве д.ф.-м.н. Винтайкина Б. Е., профессора Кафедры физики МГТУ им. Баумана, содержится замечание: «В заключении анализа материала автореферата диссертации стоит сделать одно принципиальное замечание. Известно, что если неоднородная по толщине жидкая пленка нано размеров свободно лежит на твердой поверхности, то химический потенциал её поверхности необходимо зависит от угла ее наклона к твердой поверхности. Роль этого фактора, судя по автореферату, никак в диссертации не обсуждается. Тем самым за пределами проведенных исследований остается целый круг физических явлений. В частности, возникновение угла смачивания Юнга». В отзыве д.ф.-м.н. Кузнецова Г. В., гл.н.с. НОЦ И.Н. Бутакова Инженерной школы энергетики Томского политехнического университета, содержатся замечания: «Недостатком автореферата является нестандартная во многих случаях терминология автора диссертации. Так, например, на стр. 3 в разделе «Актуальность проблемы» использовано выражение «образуются два значения толщины слоя». Другой пример на стр. 20 автореферата в описании содержания пятой главы приведено словосочетание «используются уравнения диффузии объемной и поверхностной концентрации». Также в тексте автореферата обнаружено более десяти опечаток». В отзыве д.ф.-м.н. Зуева А.Л., с.н.с. Лаборатории гидродинамической устойчивости Института механики сплошных сред УрО РАН содержатся замечания: «1.) В работе отсутствуют размерные оценки основных определяющих параметров, без которых не ясно, могут ли обнаруженные автором новые эффекты действительно реализоваться в реальных условиях, в

частности: а) каким перепадом и градиентом температуры соответствуют числа Марангони $=26$, и возможно ли в принципе (и каким образом?) достижение этих значений на таком слое? б) поскольку поверхностный слой жидкости на самом деле представляет собой некоторую протяженную переходную (по плотности) зону, не превышает ли его толщина высоту наблюдаемых «бугорков» и «гребней»? в) на каком горизонтальном размере происходит переход «ступеньки» из одного стационарного состояния толщины жидкости слоя в другое (Рис.1)? г) каковы фактические времена испарения тонкой пленки и как они соотносятся с характерными временами развития неустойчивости? д) какая должна быть по величине min шероховатость подложки, чтобы предсказанные режимы удалось наблюдать в физическом эксперименте? е) при применении «замороженного» метода к изучению устойчивости нестационарного состояния, является ли скорость изменения основного состояния существенно меньше, чем скорость роста возмущений? ж) проводилась ли в работе численная оценка величины возможных поляризационных зарядов на свободной поверхности, которыми автор пренебрегает по сравнению с ван-дер-Ваальсовым взаимодействием? 2.) В автореферате присутствует упоминание о хорошем согласии полученных результатов с экспериментом, но сами экспериментальные данные по необъяснимой причине отсутствуют, так что это невозможно проверить. Между тем, сравнение с экспериментом является важнейшим ключевым критерием для подтверждения обоснования примененной автором модели и достоверности полученных численных результатов. 3.) В самом тексте диссертации и в публикациях автора [2-3] упомянутые эксперименты представлены и описаны. Однако, утверждение о «количественном» согласии представляется слишком необоснованным. Речь скорее может идти лишь о «качественном» соответствии, поскольку нет полного совпадения всех необходимых параметров задачи. 4.) Очевидно, что в рамках длинноволнового приближения невозможно объяснить существование капиллярного гребня, представленного в Рис.1.б и на Рис.4.б, но в тексте автореферата не приводится пояснений по поводу физического механизма образования таких поверхностных структур. Судя по тому, что эти результаты входят в перечень основных, на мой взгляд, следовало бы подробно объяснить существующий эффект. 5.) Физический смысл безразмерного коэффициента испарения, играющего важную роль в описании динамики процесса, также не пояснен и непонятен. 6.) При испарении жидкой пленки концентрация ПАВ в ее объеме существенно повышается, однако, это изменение в задаче не учитывается. В уравнении для концентрации отсутствует слагаемое, ответственное за приток ПАВ. 7.) В автореферате отсутствуют оценки погрешности расчетов и адекватности численной реализации математических моделей. 8.) Количество основных положений, выносимых на защиту, в диссертации и автореферате отличается

(соответственно 10 и 8). Также в тексте автореферата и диссертации, к сожалению, присутствуют достаточное большое количество неисправленных опечаток и неудачных выражений». В отзыве д.ф.-м.н. Шатрова А. В., заведующего Кафедрой физики и медицинской информатики, ФГБОУ ВО «Кировский государственный медицинский университет» содержится замечание: «Возникает вопрос относительно понимания реальной геометрии объекта: в обзоре результатов исследования отмечено, что результаты экспериментов (Leizerson et al., Phys. 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 пленки». В отзыве д.ф.-м.н. Просвирякова Е. Ю., заведующего сектором Нелинейной вихревой гидродинамики, ФГБУН Института машиноведения УрО РАН содержатся следующие замечания: « 1.) В главе 5 рассматривается лишь линейная зависимость коэффициента поверхностного натяжения от концентрации. 2.) Так как в пятой главе диссертации имеют место довольно много физико-химических безразмерных параметров следовало бы, как это было сделано в четвертой главе, исследовать зависимости этих величин на устойчивость движения ультратонкого слоя жидкости». В отзыве Shklyayev Oleg E., Ph.D., Research Associate, Department of Chemical and Petroleum Engineering, University of Pittsburgh содержится замечание: « Вместе с тем, хочу отметить, что в главе 5 уравнение адсорбции-десорбции представлено в простейшем виде, в реальных экспериментах все намного сложнее. Поэтому, на мой взгляд, полученные результаты в этой главе являются в значительной мере оценочными».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты являются признанными специалистами в областях, непосредственно связанных с темой диссертации: д.ф.-м.н. Демин В.А. является специалистом в области теоретической гидродинамики; д.ф.-м.н. Калинин В.В. является специалистом по процессам структурообразования на свободной поверхности жидкости; д.ф.-м.н. Кабов О.А. является специалистом в области гидродинамики и теплообмена. Ведущая организация является признанным авторитетом в области гидродинамики тонких слоев и пленок. В ней работает д.ф.-м.н. Калайдин Е.Н., который может дать полную экспертную оценку достоверности, научной и практической значимости результатов работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований разработана научная концепция теоретического описания динамики тонкого слоя испаряющейся жидкости и влияние на такое движение различных внешних факторов. Предложены оригинальные подходы и методы исследования, позволившие обнаружить новые явления и новые

механизмы в области динамики пленок. Доказана необходимость дополнения методов исследования, используемых в межфазной гидродинамике для описания явлений и процессов на межфазных границах, новыми, более информативными методами. Введены и систематизированы новые типы неустойчивости и безразмерных критерии для описания процессов испарения тонкого слоя жидкости.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что доказана возможность как стабилизирующего, так и дестабилизирующего влияния испарения на динамику поведения тонкого слоя жидкости. Изложены новые подходы, позволяющие описать динамику тонкого слоя жидкости. Раскрыто новое понимание влияния межфазной твердой границы на устойчивость движения пленки. Изучены новые эффекты, которые появляются в результате учета взаимодействия двойных электрических слоев межфазных поверхностей. Впервые получены трехмерные формы движущегося испаряющегося фронта тонкого слоя жидкости. Проведена модернизация граничных условий для решения задач межфазной гидродинамики.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что разработана и внедрена новая методика контроля движения испаряющегося тонкого слоя жидкости. Определены пределы и перспективы практического использования теории. Полученные результаты могут быть использованы для верификации и дальнейшего развития численных методов решения задач динамики испаряющегося тонкого слоя жидкости и структурообразования на свободной поверхности пленки. Представлены методические рекомендации по планированию задач в области динамики тонких слоев и раскрыты перспективы дальнейшей разработки темы исследований для научных и проектных организаций, в частности, в МГТУ им. Баумана, МИФИ.

Оценка достоверности результатов исследований выявила, что теория построена на основе известных положений и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации. Идея базируется на обобщении результатов предыдущих исследований по динамике тонкого слоя жидкости в различных условиях. Установлено качественное согласие полученных данных с известными результатами теоретических и экспериментальных исследований. Использованы современные методики вычислительного эксперимента.

Личный вклад соискателя состоит в постановке задач исследования, создании математических моделей, создании программных средств для решения задач, проведении вычислений, анализе полученных данных, проведении обработки данных и анализа полученных закономерностей, сравнении с литературными данными и результатами моделирования других авторов, анализе существующих эмпирических и теоретических моделей.

На заседании 20 ноября 2019 года диссертационный совет принял решение присудить Люшнину А.В. ученую степень доктора физико-математических наук. При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 9 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 19, против 0, недействительных бюллетеней 0.



д.ф.-м.н., профессор

Blaze

Кузнецов Владимир Васильевич

22.11.2019r.

