

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 004.012.01 на базе  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт  
механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 10.03.2016 № 137

О присуждении *Пименовой Анастасии Владимировне*, гражданке России,  
ученой степени кандидата физико-математических наук.

**Диссертация** «Динамика несмешивающихся текучих сред с деформируемой поверхностью раздела» по специальности 01.02.05 «Механика жидкости, газа и плазмы» принята к защите 23 августа 2016 г., протокол № 119 диссертационным советом Д 004.012.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук, 614013, г. Пермь, ул. Академика Королева 1, утвержденном приказом Минобрнауки России от 11.04.2012 № 105/нк.

**Соискатель** Пименова Анастасия Владимировна 1990 года рождения, в 2012 году окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Пермский государственный национальный исследовательский университет (ФГБОУ ВПО ПГНИУ) по специальности «Радиофизика и электроника». С 07.2013 обучалась в очной аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук (ФГБУН ИМСС УрО РАН). Диссертация выполнена в группе динамики геологических систем ИМСС УрО РАН.

**Научный руководитель** – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией физики и механики мягкого вещества ФГБУН ИМСС УрО РАН Райхер Юрий Львович.

**Официальные оппоненты:**

1) Жуков Михаил Юрьевич, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой вычислительной математики и математической физики, ФГАОУ ВПО Южный федеральный университет;

2) Демин Виталий Анатольевич, доктор физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой теоретической физики, ФГБОУ ВПО Пермского государственного национального исследовательского университета.

**Ведущая организация** Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук» (ФГБНУ ИПФ РАН), в своем положительном заключении, подписанном Пелиновским Ефимом Наумовичем, доктором физико-

математических наук, профессором, главным научным сотрудником, и Талиповой Татьяной Георгиевной, доктором физико-математических наук, ведущим научным сотрудником, и утвержденном на заседании Ученого Совета Отделения геофизических исследований ФГБНУ ИПФ РАН, указала, что диссертация А.В. Пименовой является законченной научно-исследовательской работой, посвященной исследованию ряда задач механики двухфазных систем в случаях, когда их поведение решающим образом определяется процессами на границе раздела между фазами, и эта граница является деформируемой. Работа имеет важное научное и прикладное значение, она удовлетворяет всем требованиям Положения «О присуждении ученых степеней», а ее автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы.

**Соискателем опубликовано** 15 научных работ, из них 6 статей в рецензируемых научных изданиях (журналах, рекомендуемых ВАК).

**Наиболее значительные работы:**

1. Pimenova A.V., Goldobin D.S. Boiling of the interface between two immiscible liquids below the bulk boiling temperatures of both components // *European Physical Journal E*. 2014. Vol. 37. P. 108–17.
2. Goldobin D.S., Pimenova A.V., Kovalevskaya K.V., Lyubimov D.V., Lyubimova T.P. Running interfacial waves in two-layer fluid system subject to longitudinal vibrations // *Physical Review E*. 2015. Vol. 91. P. 053010–10.
3. Brilliantov N.V., Pimenova A.V., Goldobin D.S. A dissipative force between colliding viscoelastic bodies: Rigorous approach // *Europhysics Letters*. 2015. Vol. 109. P. 14005–6.
4. Goldobin D.S., Susloparov E.A., Pimenova A.V., Brilliantov N.V. Collision of viscoelastic bodies: Rigorous derivation of dissipative force // *European Physical Journal E*. 2015. Vol. 38. P. 55–9.

**На диссертацию поступили отзывы** от ведущей организации и оппонентов.

1) Положительный отзыв ведущей организации утвержден зам. директора ФГБНУ ИПФ РАН, д. ф.-м.н., членом-корреспондентом РАН Е.А.Мареевым. В отзыве отмечается актуальность темы диссертации, основные научные результаты, теоретическая и практическая значимость работы. Ведущая организация в отзыве приводит несколько замечаний:

- В первой главе для случая пары жидкостей с близкими значениями параметров присутствуют разделы 1.2.4 «Парообразование при постоянном притоке тепла» и 1.2.5 «Динамика остывания системы в отсутствие притока тепла», в то время, как для более общего случая произвольных жидкостей присутствует только раздел 1.3.5 «Парообразование при постоянном притоке тепла». На первый взгляд, вопрос об остывании системы следовало бы обсудить и в этом случае.

- На стр. 90 в диссертации имеется неудачная формулировка: «В экспериментальных работах Вольфа было показано, что вязкие пограничные слои на 1–2 порядка тоньше, чем слои жидкостей, поэтому задачу можно рассматривать в приближении невязких жидкостей». Уместнее было бы написать, что упомянутым экспериментам хорошо соответствует приближение невязких жидкостей. Это утверждение следовало бы сопроводить конкретными количественными оценками в тексте диссертации.

- В тексте диссертации встречается небольшое число опечаток.

2) Положительный отзыв официального оппонента М.Ю. Жукова. В нем отмечается, что тема диссертации является актуальной и практически важной, а проведенные диссертантом исследования обладают необходимой для диссертации научной новизной. Оппонент отмечает следующие замечания:

- В главе 2 несколько раз используется термин «показатель экспоненциального роста», являющийся «калькой» с английского языка, в котором по очевидным причинам нет однозначного термина «инкремент». Хотя термин «инкремент» в диссертации тоже используется.
- Стр. 114: в левой части формул (4.4) и (4.5) следовало бы добавить обозначения, чтобы они отличались не только по комментарию в тексте.
- В главе 4 вязкая компонента силы является поправкой к упругой силе, даваемой теорией Герца. Эта поправка оказывается пропорциональна производной силы Герца по времени. Вместе с тем, при столкновении тел, сила Герца изменяется со временем по такому закону, что возможно формальное превышение поправки над значением основной составляющей силы. На это следовало бы, по крайней мере, в дальнейшем обратить внимание.
- Текст диссертации содержит небольшое количество опечаток, которые не влияют на содержание работы.

3) Положительный отзыв официального оппонента В.А. Демина. В отзыве указано, что работа является оригинальным законченным научным исследованием. Отмечена актуальность, новизна, научная и практическая значимость полученных результатов. Оппонент приводит следующие замечания:

- К сожалению, как в автореферате, так и в тексте диссертации отсутствует сжатая информация о таблицах. Сколько их в диссертации и каково их значение? Традиционно наиболее важными, конечно, являются таблицы, отражающие полученные в диссертации результаты. Но даже систематизированный набор каких-нибудь параметров в таблице, являющийся результатом кропотливого поиска в литературе, может быть актуальным для более глубокого понимания обсуждаемого вопроса.
- В списке литературы хотелось бы видеть ссылку на одну из первых в Перми работ по стабилизации неустойчивости Релея-Тейлора с помощью вибраций.

Имеется в виду статья В.А. Брискмана и А.А. Черепанова «Параметрическая стабилизация неустойчивого равновесия жидкости в сообщающихся сосудах» (Уч. зап. Пермск. ун-та, Гидродинамика, 1974, №316, вып. 5, 159-174). Обоснованность замечания определяется, в том числе и тем, что Владимир Абрамович Брискман работал в Институте механики сплошных сред (ныне УрО РАН) и принимал здесь в Перми активное участие в постановке многих интересных гидродинамических задач, которые впоследствии получили значительно развитие.

- Не очень удачной представляется прямая калька с английского языка, когда применяется необоснованно таинственная аббревиатура «уайт-спирит». По мнению оппонента более простым и понятным является термин «бензин-растворитель». Плюс, один раз в начале можно было бы пояснить, что это просто смесь жидких алифатических и ароматических углеводородов, получающаяся прямой дистилляцией нефти, хорошо растворяющая все нефтяные фракции, растительные масла, жиры и другие органические соединения.
- Рис. 1.4 практически ничем не отличается от рисунка 1.7. Оба рисунка схематично иллюстрируют процесс образования пузырька для немного разных исходных данных и отличаются друг от друга лишь длиной растущего участка парового слоя. Вполне можно было бы обойтись одной иллюстрацией, на которой нужно было ввести соответствующее обозначение, а потом в разных разделах диссертации работать с различными значениями этой величины.
- С другой стороны, наоборот, уравнение 1.40 можно было бы проанализировать численно и на полученных графиках зависимостей от времени наглядно продемонстрировать три стадии остывания перегретой системы за счет парообразования.
- На странице 112 ссылка на работу [19], по-видимому, приведена неправильно.
- В четвертой главе оппонент обратил внимание, что в диссертации стали наблюдаться отклонения от требуемой безличной формы изложения.
- При прочтении четвертой главы остается некоторое ощущение неполноты. С точки зрения оппонента здесь не хватает примеров, иллюстрирующих различные аспекты действия полученной поправки.

**На автореферат поступило 4 отзыва:**

1) Положительный отзыв от д.ф.-м.н., доцента, зав. Кафедрой высшей математики ФГБОУ П Пермский государственный национальный исследовательский университет Полоскова И.Е.;

2) Положительный отзыв от к.ф.-м.н., старшего преподавателя кафедры общей физики ФГБОУ ВО Пермский национальный исследовательский политехнический университет Файзрахмановой И.С.;

3) Положительный отзыв от д.ф.-м.н., профессора, заведующего лабораторией теоретической нелинейной динамики Саратовского филиала ФГБУН Институт радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова РАН Кузнецова С.П.;

4) Положительный отзыв от к.ф.-м.н., ассистента кафедры теоретической физики ФГБОУ ВПО Пермский государственный национальный исследовательский университет Циберкина К.Б. и к.ф.-м.н, инженера Центра Образовательных и научных обменов ФГБОУ ВПО Пермский государственный национальный исследовательский университет Клименко Л.С.

**В отзывах на автореферат содержатся следующие замечания:**

- В тексте автореферата при обсуждении результатов главы 1 большое внимание уделено описанию предпосылок, используемых для решения задачи, а сами результаты освещены недостаточно.
- В обсуждении результатов главы 2 используется термин «показатель коэффициента экспоненциального роста», который является «калькой» с английского языка, в русском языке корректнее использовать термин «инкремент».
- При описании постановок задач диссертант в тексте автореферата не приводит определяющих уравнений и граничных условий. Неплохо было бы упомянуть, какой вид имеют выведенные уравнения, написать несколько слов о том, какие уравнения решались и с какими именно граничными условиями. Отсутствие этой информации затрудняет понимание постановок задач и осознание полученных результатов.
- В автореферате указано, что в рамках первой главы были проведены эксперименты, и имеется фото эксперимента, указано также, что были сделаны оценки параметров, но нет никаких деталей этого эксперимента (или серии экспериментов) и обоснований выбора жидкостей, взятых для эксперимента.
- В тексте встречаются неточности и неоднородности в оформлении элементов библиографического списка личных и чужих публикаций, включая подстрочные, и ссылок на них.
- Используется нестандартное и/или устаревшее описание структуры работы (используется глава – раздел – ..., а не раздел – подраздел – ..., структуры второго и третьего уровня называются одинаково – разделы, нумерация приложений заглавными латинскими буквами, а не цифрами).
- В тексте встречается небольшое количество опечаток.

Вместе с тем, в положительных отзывах отмечено, что диссертация является завершенным научно-квалификационным исследованием, представляющим научный и практический интерес, тема работы является актуальной, полученные результаты имеют высокую научную ценность.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается следующим:**

**официальные оппоненты** являются известными ведущими специалистами в области гидродинамики, имеют публикации по данному направлению в рецензируемых научных изданиях, обладают достаточной квалификацией, позволяющей оценить новизну представленных на защиту результатов, их научную и практическую значимость, обоснованность и достоверность полученных выводов;

**ведущая организация** ФГБНУ ИПФ РАН хорошо известна своими достижениями в области механики жидкости и газа, в институте активно ведутся фундаментальные и прикладные исследования в области гидродинамики.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**разработано** теоретическое описание кинетики парового слоя, образующегося между несмешивающимися жидкостями при поверхностном кипении;

**предложена** математическая модель, описывающая макроскопическую динамику системы двух несмешивающихся жидкостей в процессе поверхностного кипения при температуре ниже температуры объемного кипения обеих компонент;

**доказана** возможность существования как устойчивых, так и неустойчивых солитонов на поверхности раздела двухслойной системы жидкостей при воздействии на нее горизонтальными вибрациями;

**введена** классификация режимов остывания систем несмешивающихся жидкостей за счет поверхностного кипения в отсутствие внешнего притока тепла.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**доказано:**

– процесс поверхностного кипения в системе несмешивающихся жидкостей можно адекватно описать в рамках макроскопической гидродинамики;

– в стратифицированной системе двух несмешивающихся жидкостей динамика формирования парового слоя на поверхности контакта определяется скоростью развития неустойчивости Релея-Тейлора на верхней границе раздела жидкость-пар;

– единственным устойчивым режимом движения поверхности раздела двухслойной системы жидкостей, находящейся в поле высокочастотных горизонтальных вибраций, являются быстрые волны;

– задача о диссипативной силе, возникающей при динамическом контакте вязкоупругих тел, имеет строгое аналитическое решение, которое может быть построено на основе подхода Ландау к обобщенной задаче Герца.

**Применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов)**

**использованы** аналитические методы линейного и нелинейного анализа многофазных течений и их устойчивости;

**изложены** новые результаты относительно эффективности управления устойчивостью конфигураций многофазных жидкостных систем с помощью вибрационных воздействий;

**раскрыты** возможные механизмы срыва парового слоя при поверхностном кипении несмешивающихся жидкостей;

**изучены** свойства уравнений осредненной динамики волн на границе раздела двухслойной системы невязких жидкостей в поле горизонтальных вибраций;

**проведена модернизация** существующих математических подходов, позволившая осуществить строгое вычисление диссипативной силы, возникающей при динамическом контакте вязкоупругих тел.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

**разработан** подход к аналитическому исследованию нелинейной динамики длинных волн на поверхности раздела двух бесконечных слоев невязких жидкостей;

**определены** скорости срыва растущего парового слоя при различных режимах поверхностного кипения в системе несмешивающихся жидкостей;

**создана** математическая модель процесса поверхностного кипения, который имеет место в системе несмешивающихся жидкостей при температуре ниже температуры объемного кипения обеих компонент;

**представлены** результаты анализа осредненной динамики границы раздела в двухслойной системе несмешивающихся жидкостей в поле горизонтальных вибраций.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**теория** построена на известных и проверяемых приближениях механики сплошной среды, на хорошо известных методах: прямого разложения по малому параметру и методе многих масштабов;

**идеи базируются** на обобщении передового опыта решения задач динамики многофазных систем с деформируемой границей раздела;

**использованы** современные апробированные аналитические методы, методы исследования интегрируемости уравнений, а также классическая теория Герца контактного взаимодействия упругих выпуклых тел;

**установлены** качественное и количественное соответствие результатов диссертации в предельных случаях с результатами, представленными в независимых источниках; согласие между теоретическими оценками и экспериментальными наблюдениями; внутренняя непротиворечивость результатов.

**Личный вклад соискателя состоит в** проведении аналитических вычислений и численном решении трансцендентных уравнений. Постановка задач, результаты исследования и их интерпретация обсуждалась с научным руководителем Ю.Л. Райхером. Выбор теоретических моделей и методов решения, а также подготовка публикаций осуществлялись совместно с Д.С. Голдобиним.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи (проблемы) и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием плана исследований, обладающего понятной внутренней логикой; постановкой проблем сначала в общей форме, а затем расщеплением их на последовательность частных задач. В пределах трех взаимосвязанных главных линий исследования частные задачи решались в порядке возрастания сложности, с выходом на максимальное обобщение.


На заседании 10 ноября 2016 г. диссертационный совет принял решение присудить Пименовой А.В. ученую степень кандидата физико-математических наук.


При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящего в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 16, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель  
диссертационного совета



Ученый секретарь  
диссертационного совета

  
/Матвеенко Валерий Павлович

  
/Зуев Андрей Леонидович

10.11.2016 г.