

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора

ФГБНУ «Федеральный научный центр
Институт прикладной физики РАН»,

член-корреспондент РАН

Евгений Анатольевич Мареев



«___» ___ октября ___ 2016 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр Институт прикладной физики РАН» на диссертационную работу *Анастасии Владимировны Пименовой* «Динамика несмешивающихся текучих сред с деформируемой поверхностью раздела», представленную на соискание ученой степени *кандидата физико-математических наук* по специальности 01.02.05 — Механика жидкости, газа и плазмы

Кандидатская диссертация Анастасии Владимировны Пименовой посвящена 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. Явления поверхностного кипения в системах несмешивающихся жидкостей или жидкостей часто встречаются в технологических процессах, используемых в металлургии, топливно-энергетической и химической промышленности. Вибрационные воздействия известны как эффективный способ управления устойчивостью и динамикой конфигураций поверхностей раздела жидкостей с отличающимися плотностями. Прежнее математическое описание поведения границы раздела между двумя слоями вязких жидкостей в поле горизонтальных вибраций позволяло получать квазистационарные конфигурации, но не отслеживать их динамику. Применительно к задаче о вязкой силе, возникающей при динамическом контакте вязкоупругих тел, следует отметить, что именно она определяет потери энергии при столкновении двух тел, а, следовательно, будет важна для развития кинетического описания гранулированных газов и жидкостей. Прежний подход к вычислению этой силы нуждался в уточнении, о чем свидетельствовали результаты анализа в предельных случаях. Поэтому тема диссертации Пименовой является **актуальной и практически значимой**. Ее **научная новизна** связана с построением физической и математической

модели динамики двухфазных систем несмешивающихся сред, когда она определяется процессами на деформируемой поверхности раздела.

Диссертация изложена на 157 страницах, состоит из введения, четырех оригинальных глав, и заключения. Во **введении** даются общая характеристика работы и обзор литературы. **Первая глава** диссертации посвящена исследованию процесса поверхностного кипения в системе двух несмешивающихся жидкостей ниже температуры объемного кипения обеих компонент. Задача о росте и срыве парового слоя решается сначала для случая близких свойств жидкостей, а затем для общего случая жидкостей с отличающимися параметрами. На основе этих результатов строятся математические модели динамики макроскопических параметров системы и устанавливаются зависимости между ними в статистически стационарных случаях.

Во **второй главе** рассматриваются задача о срыве парового слоя для случая стратифицированной системы — а именно, исследуется скорость развития неустойчивости парового слоя между двумя слоями жидкостей. Показывается согласие между результатами теории и экспериментальными наблюдениями.

В **третьей главе** исследуется осредненная динамика границы раздела между двумя слоями невязких несмешивающихся жидкостей в поле высокочастотных горизонтальных вибраций. Выводятся уравнения динамики длинных волн. Полученные уравнения оказывается полностью интегрируемым, что позволяет исчерпывающе описать динамику длинных волн в системе.

В **четвертой главе** решается задача о динамическом контакте вязкоупругих тел в квазистатическом приближении. Развивается подход, позволяющий явно вычислять поверхностные деформации и напряжения, возникающие при наличии объемной силы. С применением этого подхода для задачи о динамическом контакте строится разложение по малому параметру, которое позволяет осуществить вычисление вязкой компоненты силы.

В **заключении** диссертант формулирует основные результаты проведенных исследований.

Представляется важным отметить следующие важные моменты:

- Для обоснования интереса к задачам первой и второй глав предложены и проведены демонстрационные эксперименты, показавшие, в каких ситуациях реализуются именно рассматриваемые условия, и что эти условия являются естественными, а не экзотическими.
- Выведены уравнения динамики границы раздела между невязкими несмешивающимися жидкостями в поле высокочастотных горизонтальных вибраций. Полученные

уравнения типа Буссинеска позволяют исследовать солитонную динамику волн, в частности, модную сейчас солитонную турбулентность. Эти уравнения Буссинеска отличаются от известных в теории мелкой воды и обладают рядом новых свойств, касающихся устойчивости солитонов в зависимости от амплитуды. Эта часть работы очень интересна и важна для нелинейной теории волновых движений.

- В литературе, посвященной динамике гранулярных сред, широко известен результат вычисления диссипативной компоненты силы при динамическом контакте вязкоупругих тел. В четвертой главе эта сила вычисляется строго, что позволяет понять, как и почему следует скорректировать более ранний результат.

По содержанию диссертации можно сделать следующие замечания:

- 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 сопровождать конкретными количественными оценками в тексте диссертации.
- В тексте диссертации встречается небольшое число опечаток.

Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертации. За результатами прослеживается большая систематическая работа, проведенная на высоком научном уровне.

Подводя итоги, стоит сказать, что диссертационная работа А. В. Пименовой является законченной научно-исследовательской работой, в которой развито теоретическое описание явления поверхностного кипения в системе несмешивающихся жидкостей ниже температуры объемного кипения компонент. Исследована задача о скорости развития неустойчивости тонкого горизонтального парового слоя между двумя слоями жидкости. Выведены и исследованы уравнения динамики волн на границе раздела двух невязких жидкостей в поле горизонтальных вибраций. Аналитически решена задача

о вязкой силе, возникающей при столкновении вязкоупругих тел выпуклой формы в квазистатическом приближении.

Текст диссертации и автореферата написан ясным научным языком. Автореферат правильно отражает содержание диссертации. Работа докладывалась на многих конференциях российского и международного уровня. Основные результаты опубликованы. Особенно хочется отметить публикации в престижных журналах; ЖЭТФ, Physical Review E, Europhysics Letters и European Physical Journal E.

Результаты диссертации могут быть использованы в академических организациях Российской академии наук, а также прикладных технологических организациях.

Диссертационная работа **«Динамика несмешивающихся текучих сред с деформируемой поверхностью раздела»** имеет важное научное и прикладное значение, она удовлетворяет всем требованиям Положения «О присуждении ученых степеней», а ее автор **Анастасия Владимировна Пименова заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук** по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы.

Отзыв составлен 18 октября 2016 г. и утвержден на заседании Ученого Совета Отделения геофизических исследований Федерального научного центра Институт прикладной физики РАН 20 октября 2016 г. (протокол № 7).

Отзыв составили:

доктор физико - математических наук, профессор,
главный научный сотрудник
E-mail: pelinovsky@hydro.appl.sci-nnov.ru

Ефим Наумович Пелиновский

доктор физико – математических наук,
ведущий научный сотрудник
Email: tata@hydro.appl.sci-nnov.ru

Татьяна Георгиевна Галипова

Тел.: 831-4164839

20 октября 2016 г.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр Институт прикладной физики РАН»
603950, г. Нижний Новгород, ГСП-120 ул. Ульянова 46.
E-mail: dir@appl.sci-nnov.ru
<http://www.ipfran.ru>