

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 004.036.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ
ПЕРМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
(ФИЛИАЛ – ИНСТИТУТ МЕХАНИКИ СПЛОШНЫХ СРЕД)
УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 21.09.2023 № 120

О присуждении Пьянковой Марине Анатольевне, гражданке России, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Влияние динамики линии контакта на поведение капли в электрическом поле» по специальности 1.1.9 – «Механика жидкости, газа и плазмы» принята к защите 26.06.2023, протокол № 118, диссертационным советом Д 004.036.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермский федеральный исследовательский центр (филиал – Институт механики сплошных сред) Уральского отделения Российской академии наук, 614013, г. Пермь, ул. Академика Королева, д. 1, утвержденным приказом Минобрнауки России № 87/нк от 26 января 2018.

Соискатель Пьянкова Марина Анатольевна 1994 г. рождения, в 2018 г. окончила ФГБОУ ВО "Пермский государственный национальный исследовательский университет" по специальности «Физика». В 2022 г. окончила аспирантуру очной формы обучения в ФБГУН "Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук" по научной специальности 1.1.9 – Механика жидкости, газа и плазмы. В настоящее время работает ассистентом кафедры компьютерного дизайна ФГБОУ ВО "МИРЭА – Российский технологический университет". Диссертация выполнена в ИМСС УрО РАН – филиале ФГБУН "Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук".

Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент, старший научный сотрудник ИМСС УрО РАН Алабужев Алексей Анатольевич.

Официальные оппоненты:

1. Гималтдинов Ильяс Кадирович, доктор физико-математических наук (01.02.05), профессор, член-корреспондент АН Республики Башкортостан, профессор кафедры физики ФГБОУ ВО "Уфимский государственный нефтяной технический университет", г. Уфа;
 2. Полежаев Денис Александрович, кандидат физико-математических наук (01.02.05), доцент кафедры физики и технологии ФГБОУ ВО "Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет", г. Пермь;
- дали положительные отзывы на диссертацию

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт проблем механики им. А.Ю.Ишлинского Российской академии наук" (ИПМех РАН), г. Москва, в своем положительном заключении, составленным д.ф.-м.н., чл.-корреспондентом РАН Решминым С.А., заведующим лаборатории механики систем; д.ф.-м.н. Петровым А.Г., главным научным сотрудником лаборатории механики систем, и

утвержденном директором ИПМех РАН, д.ф.-м.н., чл.-корреспондентом РАН Якушем С.Е., указала, что диссертация представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу в области теоретических исследований движения линии контакта трех сред по поверхностям с неоднородными свойствами смачивания в периодических внешних полях. Актуальность темы объясняется использованием явления электросмачивания на диэлектрике для таких важных приложений, как микрожидкостные устройства (лаборатория-на-чипе), определением свойств неоднородной поверхности подложки и измерением параметра смачивания. Представленная диссертационная работа «Влияние динамики линии контакта на поведение капли в электрическом поле» удовлетворяет требованиям Положения «О присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ №842 от 24.09.2013, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Пьянкова Марина Анатольевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

Соискателем опубликовано 10 статей в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень, рекомендованный ВАК:

1. **Kashina M.A.**, Alabuzhev A.A. The dynamics of oblate drop between heterogeneous plates under alternating electric field // Microgravity Sci. Technol. 2018. V. 30. P. 11-17. Q2

Исследованы вынужденные колебания капли, зажатой между одинаковыми неоднородными поверхностями, в неоднородном переменном электрическом поле

2. Алабужев А.А., **Кашина М.А.** Влияние различия свойств поверхностей на осесимметричные колебания сжатой капли в переменном электрическом поле // Изв. Вузов. Радиофизика. 2018. Т. 61, № 8-9. С. 662-676. (Перевод: Alabuzhev A.A., **Kashina M.A.** Influence of surface properties on axisymmetric oscillations of an oblate drop in an AC electric field // Radiophysics and Quantum Electronics. 2019. V. 61. P. 589-602).

Изучено влияние свойств поверхности однородных подложек на собственные и вынужденные колебания капли жидкости в однородном переменном электрическом поле.

3. **Kashina M.A.**, Alabuzhev A.A. The forced axisymmetric oscillations of an oblate drop sandwiched between different inhomogeneous surfaces under AC vibrational force // J. Phys.: Conf. Ser. 2019. V. 1268. Art. id. № 012003.

Изучено влияние свойств неоднородных пластин на вынужденные колебания зажатой капли в переменном электрическом поле

4. **Kashina M.A.**, Alabuzhev A.A. The influence of difference in the surface properties on the axisymmetric vibrations of an oblate drop in an AC field // J. Phys.: Conf. Ser. 2019. V. 1163. Art. id. № 012017.

Исследовано влияние неоднородности переменного электрического поля на динамику капли, зажатой между различающимися пластинами.

5. Алабужев А.А., **Кашина М.А.** Динамика зажатой капли в неоднородном электрическом поле // Вестник Пермского университета. Физика. 2019. № 4. С. 33-43.

Изучены вынужденные колебания капли несжимаемой жидкости, зажатой между двумя однородными пластинами, под действием переменного электрического поля.

6. **Kashina M.A.**, Alabuzhev A.A. Influence of the properties of the plate surface on the natural oscillations of the clamped drop // J. Phys.: Conf. Ser. 2021. V. 1945. Art. id. № 012014.

Изучены свободные колебания капли, зажатой между двух неоднородных пластин.

7. **Kashina M.A.**, Alabuzhev A.A. The forced oscillations of an oblate drop sandwiched between different inhomogeneous surfaces under AC vibrational force // *Microgravity Sci. Technol.* 2021. V. 33. Art. id. № 35. Q2

Изучено влияние различающихся неоднородных поверхностей подложек на динамику капли в однородном переменном электрическом поле.

8. **Ryankova M.A.**, Alabuzhev A.A. Influence of the properties of the plate surface on the oscillations of the cramped drop // *Phys. Fluids.* 2022. V. 34. Art. id. № 092015. Q1

Изучены свободные и вынужденные колебания капли, зажатой между неоднородными пластинами, в вибрационном поле.

9. Алабужев А.А., **Пьянкова М.А.** Влияние пространственной неоднородности подложек и электрического поля на динамику зажатой капли // *Вестник Пермского университета. Физика.* 2022. № 2. С. 56-65.

Исследовано влияние неоднородных поверхностей на вынужденные колебания капли в неоднородном переменном электрическом поле.

10. Алабужев А.А., **Пьянкова М.А.** Параметрическая неустойчивость одиночной капли и ансамбля капель при круговых вибрациях // *Вестник Пермского университета. Физика.* 2022. № 3. С. 56-65.

Изучены вынужденные колебания и параметрическая неустойчивость цилиндрической капли, а также ансамбля капель при круговых вибрациях.

Публикации содержат в сумме 95 страниц и в полной мере отражают основные научные результаты работы. Недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах в тексте диссертации отсутствуют.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы: от оппонентов и ведущей организации.

1. Положительный отзыв официального оппонента Гималтдинова И.К. В отзыве представлен анализ содержания диссертации, отмечается актуальность темы диссертации; отмечены новизна, научная и практическая значимость и достоверность полученных результатов. Оппонент отмечает следующие замечания по диссертации и автореферату:

- замечание о том, что не обсуждается предельный переход к нулевой частоте электрического поля и его сравнение с постоянным электрическим полем;
- вопрос о точности численных расчетов и количестве слагаемых в рядах Фурье;
- замечание относительно рис. 4.1.

2. Положительный отзыв официального оппонента Полежаева Д.А. В отзыве представлен анализ содержания диссертации, отмечается актуальность темы диссертации; отмечены новизна, научная и практическая значимость и достоверность полученных результатов. Оппонент отмечает следующие замечания:

- вопрос о предельном краевом угле в случае электросмачивания на диэлектрике;
- вопрос о величине параметра Хокинга и ее связи с характером движения линии контакта;
- вопрос о типе неоднородности электрического поля;
- вопрос о ссылке на эксперимент;
- замечание о перегруженности некоторых рисунков информацией;

- замечание об ошибочной ссылке на рисунок и опечатке в выражении для безразмерной частоты.

3. Положительный отзыв ведущей организации ФГБУН ИПМех РАН. В отзыве отмечается актуальность и новизна диссертационного исследования, теоретическая и практическая значимость. Диссертация представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу в области теоретических исследований движения линии контакта трех сред по поверхностям с неоднородными свойствами смачивания в периодических внешних полях. Ведущая организация отмечает следующие замечания:

- замечание о некорректном именовании интеграла Коши-Лагранжа уравнением Бернулли;
- замечание об определении вектора нормали.

На автореферат поступило 5 отзывов:

1. Положительный отзыв от Актершева С.П., д.ф.-м.н., доцента, ведущего научного сотрудника лаборатории проблем теплопереноса ФГБУН "Институт теплофизики им. С.С.Кутателадзе СО РАН", г. Новосибирск (3 замечания);
2. Положительный отзыв от Демёхина Е.А. д.ф.-м.н., профессора, заведующего лабораторией электро и гидродинамики микро- и наномасштабов ФГБОУ ВО "Финансовый университет при правительстве Российской Федерации" (Краснодарский филиал), г. Краснодар (1 замечание);
3. Положительный отзыв от Ильина В.А., к.ф.-м.н., доцента кафедры физики фазовых переходов ФГАОУ ВО "Пермский государственный национальный исследовательский университет", г. Пермь (1 замечание);
4. Положительный отзыв от Перминова А.В., д.ф.-м.н., доцента, заведующего кафедрой общей физики ФГАОУ ВО "Пермский национальный исследовательский политехнический университет", г. Пермь (3 замечания);
5. Положительный отзыв от Франц Е.А., к.ф.-м.н., младшего научного сотрудника лаборатории электро и гидродинамики микро- и наномасштабов ФГБОУ ВО "Финансовый университет при правительстве Российской Федерации", (Краснодарский филиал), г. Краснодар (без замечаний).

В отзывах на автореферат содержатся следующие замечания:

- замечание об отсутствии информации о точности численных расчетов и количестве слагаемых в рядах Фурье;
- замечание об отсутствии описания параметра b ;
- замечание об отсутствии значения параметров к рис. 5.1 и 5.2;
- замечание об отсутствии объяснения о значении амплитуды колебаний в п.4.3;
- замечание о перегруженности некоторых рисунков информацией;
- замечание об отсутствии единиц обезразмеривания;
- замечание о мелких трудноразличимых подписей некоторых рисунков.

В отзывах отмечено, что диссертация является законченным исследованием и представляет научный интерес, прошла достаточную апробацию, содержит новые результаты, достоверность которых обоснована, тема работы является актуальной, результаты имеют высокую научную ценность и большое прикладное значение.

Выбор оппонентов и ведущей организации обосновывается следующим:

официальные оппоненты являются одними из ведущих специалистов в области физики, механики жидкости и газа, имеют большое число публикации с результатами теоретических и экспериментальных работ; обладают достаточной квалификацией, позволяющей оценить новизну представленных на защиту результатов, их научную и практическую значимость, обоснованность и достоверность полученных выводов;

ведущая организация ФГБУН "Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук", г. Москва, является одним из ведущих научных центров в области физической гидродинамики. Основные направления научной деятельности Института: математические проблемы механики сплошных сред; физика и механика высокоэнергетических процессов; механика жидкостей и газов; механика деформируемого твердого тела. По данным направлениям Институт проводит фундаментальные исследования и участвует в разработке научных основ современной техники и технологии. Институт выпускает печатные издания: сборник научных трудов "Динамика сплошной среды" и два переводных журнала "Прикладная механика и техническая физика" и "Физика горения и взрыва", включенные в международные базы WoS и Scopus. Отзыв ведущей организации, содержащий подробную, по главам, характеристику содержания диссертационной работы; высокую положительную оценку актуальности темы исследования, достоверности, новизны, теоретической и практической значимости изложенных результатов обсужден и одобрен на научном семинаре "Прикладная механика сплошных сред" лаборатории механики сложных жидкостей ИПМех РАН 13.07.2023 г. в присутствии признанных авторитетных специалистов по теме защищаемой диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

сформулированы физические и математические модели, описывающие собственные и вынужденные колебания капли, зажатой между неоднородными поверхностями с учетом движения линии контакта;

разработан новый подход к теоретическому исследованию вынужденных колебаний капли во внешнем периодическом поле;

разработан оригинальный подход к описанию электросмачивания на диэлектрической подложке в пространственно-неоднородном электрическом поле;

предложен метод описания взаимодействия в ансамбле капель под действием эллиптических вибраций;

показано, что в случае отличающихся по свойствам однородных поверхностей пластин возбуждаются гармоники любой четности;

установлено, что в случае неоднородных поверхностей пластин возбуждаются азимутальные моды, спектр которых определяется неоднородностью.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

разработана методика вычисления частот собственных колебаний цилиндрической капли, зажатой между неоднородными поверхностями, при движении линии контакта;

предложен способ описания вынужденных колебаний зажатой капли в неоднородном электрическом поле;

получены новые знания о динамике ансамбля капель в поле эллиптических вибраций.

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

использованы аналитические и численные методы исследования течений жидкостей и их устойчивости;

изложены физические гипотезы, объясняющие возникновение дополнительных резонансных пиков, связанных с неоднородностью;

раскрыты особенности поведения линии контакта трех сред в переменных силовых полях;

изучено влияние неоднородных переменных внешних полей на движение линии контакта по неоднородной поверхности подложки;

проведена модернизация граничных условий для задач электросмачивания на диэлектрической подложке.

Практическая значимость полученных соискателем результатов исследования подтверждается тем, что:

определены резонансные частоты капель, позволяющие улучшить перемешивание в микрожидкостных устройствах;

продемонстрировано влияние неоднородности поверхности пластин на собственные и вынужденные колебания капли;

создана математическая модель для описания вынужденных колебаний капли, зажатой между неоднородными поверхностями, в переменных внешних полях.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория позволяет качественно описать известные экспериментальные данные и предельные случаи;

Применены теоретические обоснованные и широко апробированные аналитические и численные методы;

Получено удовлетворительное соответствие расчетных результатов с экспериментальными данными;

Соответствие с результатами предельных случаев других авторов.

Личный вклад соискателя состоит в проведении аналитических расчетов и численного моделирования. Постановка задач исследований, обсуждение полученных результатов и подготовка статей выполнены совместно с научным руководителем Алабужевым А.А.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи (проблемы) и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, концептуальности и взаимосвязи основных выводов.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует требованиям п. 9 "Положения о присуждении ученых степеней" № 842, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г.: в ней содержится решение задач математического моделирования динамики линии контакта зажатой капли под действием переменных силовых полей.

На заседании 21 сентября 2023 г. диссертационный совет принял решение присудить Пьянковой М.А. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, участвовавших в заседании (в том числе 2 человека в удаленном интерактивном режиме), из них 10 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, из 21 человека, входящего в состав совета, дополнительно введено на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 16, против – 0, воздержался – 0, не проголосовало – 0.

Заместитель председателя
диссертационного совета Д 004.036.01
д.ф.-м.н., профессор,
Райхер Юрий Львович

 / Райхер Ю.Л.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 004.036.01
д.ф.-м.н., доцент
Зуев Андрей Леонидович

 / Зуев А.Л.



22 сентября 2023 г.

М.П.