

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 27.10.2022 № 105

О присуждении Карпунину Ивану Эдуардовичу, гражданину России, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Осцилляционная динамика многофазных систем при действии осложняющих факторов» по специальности 1.1.9 – «Механика жидкости, газа и плазмы» принята к защите 25.08.2022, протокол № 95, 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 Карпунин Иван Эдуардович 1992 г. рождения, в 2010 г. окончил ФГБОУ ВПО "Пермский государственный национальный исследовательский университет" по специальности «Физика». В 2015 г. окончил аспирантуру очной формы обучения в ФГБОУ ВО "Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет" по научной специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы. В настоящее время соискатель работает младшим научным сотрудником лаборатории вибрационной гидромеханики ФГБОУ ВО «Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет». Диссертация выполнена на кафедре физики и технологии физического факультета ФГБОУ ВО "Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет" (ПГГПУ).

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой физики и технологии ПГГПУ Козлов Виктор Геннадьевич.

Официальные оппоненты:

1. Дёмин Виталий Анатольевич, доктор физико-математических наук (01.02.05), доцент, заведующий кафедрой теоретической физики ФГАОУ ВО "Пермский государственный национальный исследовательский университет" (г. Пермь);
2. Рыжков Илья Игоревич, доктор физико-математических наук (01.02.05), ведущий научный сотрудник отдела вычислительной физики обособленного подразделения ФГБНУ ФИЦ КНЦ СО РАН "Институт вычислительного моделирования СО РАН" (г. Красноярск)

дали положительные отзывы на диссертацию

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт гидродинамики им. М.А.Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук" (ИГиЛ СО РАН), г. Новосибирск, в своем положительном заключении, составленным д.ф.-м.н. Шелухиным В.В., заведующим лабораторией фильтрации ИГиЛ СО РАН, д.ф.-м.н. Ерманюком Е.В., руководителем семинара "Прикладная

гидродинамика", и утвержденном директором ИГиЛ СО РАН, д.ф.-м.н. Ерманюком Е.В., указала, что диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу в области экспериментального исследования методов вибрационного управления гетерогенными гидродинамическими системами. Актуальность темы объясняется такими важными приложениями вибрационной гидромеханики, как очистка жидкости от примеси, оптимизация перемешивания, активизация процессов сепарации. Выполненные экспериментальные исследования вносят важный вклад в развитие теории вибрационной гидромеханики, так как они способствуют пониманию процессов, протекающих в многофазных системах при действии осложняющих факторов. Представленная диссертационная работа «Осцилляционная динамика многофазных систем при действии осложняющих факторов» удовлетворяет требованиям Положения «О присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ №842 от 24.09.2013, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Карпунин Иван Эдуардович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

Соискателем опубликовано 6 статей в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень, рекомендованный ВАК:

1. **Karpunin I.E.**, Kozlov N.V., Kozlov V.G. Experimental study of liquid-liquid interface oscillating in radial Hele-Shaw cell // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – V. 1809. – №. 1. – Art. id. № 012020.

Экспериментально изучена динамика границы раздела между двумя несмешивающимися жидкостями с высоким контрастом вязкости при постоянном смещении границы раздела и периодическом изменении расхода перекачиваемой жидкости в радиальной ячейке Хеле-Шоу.

2. Kozlov V., **Karpunin I.**, Kozlov N. Finger instability of oscillating liquid-liquid interface in radial Hele-Shaw cell // Physics of Fluids. – 2020. – V. 32. – №. 10. – Art. id. № 102102.

Экспериментально изучена динамика осциллирующей границы раздела двух несмешивающихся жидкостей с высоким контрастом вязкости и описан новый тип неустойчивости в радиальной ячейке Хеле-Шоу.

3. **Karpunin I.**, Kozlov N. Dynamics of two-liquid system at rotation and vibration with equal frequencies // Microgravity Science and Technology. – 2020. – V. 32. – №. 5. – P. 973-982.

Экспериментально исследовано влияние вибраций на динамику системы двух несмешивающихся жидкостей в горизонтально вращающейся полости.

4. Vlasova O., **Karpunin I.**, Solomennikov M. Lift force acting on a heavy cylinder and a steady flow in an unevenly rotating container // Microgravity Science and Technology. – 2020. – V. 32. – №. 5. – P. 889-896.

Экспериментально исследована динамика тяжелого цилиндрического тела в горизонтальной цилиндрической полости, заполненной вязкой жидкостью, совершающей модулированное вращение.

5. **Karpunin I.E.**, Kozlov N.V. Two-phase system in a rotating cylindrical cavity under the transverse vibrations // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – V. 581. – №. 1. – Art. id. № 012040.

Экспериментально исследовано влияние поступательных вибраций большой амплитуды на динамику двухфазной системы (легкого цилиндра в жидкости или двух

несмешивающихся жидкостей) в горизонтально вращающейся цилиндрической полости.

6. **Karpunin I.E., Kozlova A.N., Kozlov N.V.** Behavior of a light solid in a rotating horizontal cylinder with liquid under vibration // *Microgravity Science and Technology*. – 2018. – V. 30. – № 4. – P. 399-409.

Экспериментально исследовано поведение свободного легкого цилиндрического тела во вращающейся горизонтальной полости с жидкостью в поле силы тяжести и при вибрациях, перпендикулярных оси вращения.

Публикации содержат в сумме 55 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 Дёмина В.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 по диссертации и автореферату:

- замечание по поводу введения и рекомендация о необходимости обратить внимание на работы В.Д. Селезнева и Л.М. Мартюшева, А.И. Бирзиной по морфологической неустойчивости;
- вопрос по первой главе (стр. 38) относительно объяснения прецессионных колебаний легкого цилиндрического тела;
- замечание об отсутствии ясности при объяснении причины расслоения экспериментальных данных (стр. 48 диссертации);
- рекомендации относительно исследования динамики цилиндра, центр тяжести которого смещен относительно оси симметрии тела;
- замечание о количественном согласии защищаемых экспериментальных данных по азимутальному волновому числу (глава 4) с известными как теоретическими, так и экспериментальными работами;
- замечание относительно опечаток в автореферате.

2. Положительный отзыв официального оппонента Рыжкова И.И. В отзыве отмечено, что полученные в диссертационной работе результаты дают количественное и качественное описание для ряда процессов, протекающих в многофазных системах при действии осложняющих факторов. Эти результаты могут быть востребованы при разработке технологических устройств для очистки жидкостей от примесей, интенсификации перемешивания, активизации сепарационных процессов, а также методов эффективного вибрационного управления. Оппонент отмечает следующие замечания:

- замечание относительно объяснения механизма изменения абсолютной скорости дифференциального вращения тела в отсутствие вибраций (глава 1, пункт 1.1.2);
- вопрос о причинах скачкообразного изменения скорости дифференциального вращения тела при перпендикулярных оси вращения полости вибрациях;
- вопрос относительно объяснения зависимости порогового значения амплитуды, при которой происходит отрыв тяжелого тела, представленной на рис. 3.12,а.

3. Положительный отзыв ведущей организации ФГБУН ИГиЛ СО РАН. В отзыве

отмечается, что диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу в области экспериментального исследования методов вибрационного управления гетерогенными гидродинамическими системами. Полученные результаты имеют как фундаментальное значение, так и существенную практическую значимость. Ведущая организация отмечает следующие замечания:

- замечание по первой главе о возможности рассмотрения динамики цилиндра той же массы, но имеющего неоднородное распределение массы по длине;
- замечание по результатам третьей главы относительно возможности рассмотрения кавитационных процессов в пристеночной области;
- замечание об отсутствии в четвертой главе рассмотрения вопроса о трехмерной структуре «пальцев»;
- замечание по введению в части упоминания статей по влиянию дефектов поверхности на динамику распространения фронта капиллярного вытеснения.

На автореферат поступило 7 отзывов:

1. Положительный отзыв от Бабушкина И.А. к.ф.-м.н., доцента, заведующего кафедрой общей физики ФГАОУ ВО "Пермский государственный национальный исследовательский университет", г. Пермь (без замечаний);
2. Положительный отзыв от Бердникова В.С., д.ф.-м.н., с.н.с., главного научного сотрудника лаборатории интенсификации процессов теплообмена ФГБУН "Институт теплофизики им. С.С.Кутателадзе СО РАН", г. Новосибирск (2 замечания);
3. Положительный отзыв от Блехмана Л.И., к.т.н., заведующего лабораторией вибрационной механики ФГБУН "Институт проблем машиноведения РАН", г. Санкт-Петербург (3 замечания);
4. Положительный отзыв от Ингеля Л.Х., д.ф.-м.н., доцента, ведущего научного сотрудника Института экспериментальной метеорологии ФГБУ НПО «Тайфун», г. Обнинск (без замечаний);
5. Положительный отзыв от Перминова А.В., д.ф.-м.н., доцента, заведующего кафедрой общей физики ФГАОУ ВО "Пермский национальный исследовательский политехнический университет", г. Пермь (без замечаний);
6. Положительный отзыв от Просвирякова Е.Ю., д.ф.-м.н., профессора кафедры информационных технологий и систем управления ФГАОУ ВО "Уральский федеральный университет им. Б.Н.Ельцина", г. Екатеринбург (2 замечания);
7. Положительный отзыв от Рожкова А.Н., д.ф.-м.н., заведующего лабораторией механики сложных жидкостей; Федюшкина А.И., к.ф.-м.н., с.н.с. лаборатории механики сложных жидкостей ФГБУН "Институт проблем механики им. А.Ю.Ишлинского РАН", г. Москва (без замечаний);

В отзывах на автореферат содержатся следующие замечания:

- замечание, связанное с отсутствием указания ориентации осей вращения и направления вибраций относительно направления вектора силы тяжести;
- замечание об обосновании применимости результатов главы 4 к «нефтедобыче и технологическим процессам, протекающим в пористых средах» (стр.4);
- вопрос о методе оценки погрешности экспериментальных данных;
- вопрос о применяемом экспериментальном оборудовании;
- замечание об использовании неудачных выражений: «центрифугированное состояние

тела» (стр. 7), «подъёмный коэффициент» (подпись к рис. 7 на стр. 15);

- замечание относительно использованных единиц измерения (Пуаз, Стокс, дин/см);
- в автореферат не включены ссылки на основные статьи, индексируемые в РИНЦ.

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 физической гидродинамики, имеют большое число публикации с результатами теоретических и экспериментальных; обладают достаточной квалификацией, позволяющей оценить новизну представленных на защиту результатов, их научную и практическую значимость, обоснованность и достоверность полученных выводов;

ведущая организация ФГБУН "Институт гидродинамики им. М.А.Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук", г. Новосибирск, 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 ИГиЛ СО РАН "Прикладная гидродинамика" № 22 от 28.09.2022 г. в присутствии признанных авторитетных специалистов по теме защищаемой диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны новые подходы к экспериментальному исследованию вибрационной динамики многофазных систем в заполненной жидкостью полости при воздействии таких осложняющих факторов, как вращение и неоднородность свойств; новая оригинальная установка для изучения динамики границы раздела несмешивающихся жидкостей, совершающей колебания в плоском радиальном слое;

предложена оригинальная методика эффективного управления многофазными гидродинамическими системами во вращающихся полостях с помощью вибраций;

доказаны возможность позиционирования легкого фазового включения во вращающейся полости посредством линейных вибраций с определенной частотой; возможность подавления колебаний границы раздела жидкостей с высоким контрастом вязкости в щелевых зазорах на неустойчивость по типу Саффмана-Тейлора;

введены управляющие параметры, отвечающие за осредненную подъемную силу, действующую на фазовые включения; новый тип неустойчивости, развивающейся

при колебаниях границы раздела несмешивающихся жидкостей с высоким контрастом вязкости в радиальном плоском слое.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:
доказана возможность эффективного применения вибраций для управления многофазными системами во вращающихся полостях;

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

использованы методы осредненного описания поведения гидродинамических систем в осциллирующих силовых полях;

изложены условия квазистационарного позиционирования фазовых включений во вращающихся полостях и неустойчивости осциллирующей границы раздела;

раскрыта определяющее влияние безразмерной частоты либраций на величину коэффициента подъемной силы, действующей на тяжелое тело и приводящей к отрыву тела от стенки полости;

изучено влияние комбинированного воздействия вибраций и вращения на осредненную динамику двухфазных гидродинамических систем;

проведена модернизация представлений о роли контраста вязкостей в вибрационной механике жидкостей с границей раздела в щелевых каналах.

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

разработана и внедрена новая методика вибрационного управления многофазными системами во вращающихся полостях;

определены параметры, определяющие осредненное воздействие осциллирующих силовых полей на гетерогенные системы;

создана база экспериментальных данных для верификации существующих теоретических моделей и численных схем;

представлены рекомендации по дальнейшему исследованию осцилляционной динамики жидкостей в пористых средах с целью разработки методов вибрационного управления границей раздела.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:
для экспериментальных работ: исследования выполнены с применением современного экспериментального оборудования и современных экспериментальных методик, что обеспечило воспроизводимость и высокую точность полученных результатов;

теория: выполненные экспериментальные исследования важны для развития теории вибрационной гидромеханики;

идея базируется на анализе и обобщении результатов предыдущих исследований динамики многофазных систем;

использованы экспериментальные методы решения поставленных задач с построением физических моделей обнаруженных явлений, а также сравнение с известными результатами;

установлено качественное и количественное согласие полученных данных с известными результатами теоретических и экспериментальных исследований;

использованы современные методики сбора и цифровой обработки экспериментальных результатов осцилляционной динамики гетерогенных систем, а также современные методы изучения полей скорости.

Личный вклад соискателя состоит в создании экспериментальных установок, планировании и проведении экспериментов, получении и обработке результатов. Результаты исследований, изложенные в первой, второй и четвертой главах диссертации, получены автором лично. Эксперименты и обработка данных 3 главы проведены совместно с к.ф.-м.н. Власовой Ольгой Андреевной. Постановка задач, обсуждение результатов исследований и подготовка основных публикаций, представленных в диссертационной работе, были выполнены совместно с научным руководителем и соавторами.

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 задачи о разработке экспериментальных методов эффективного вибрационного управления гетерогенными гидродинамическими системами. Именно возможность управления и позиционирования во вращающейся или вибрирующей полости фазовыми включениями (как тяжелыми, так и легкими) напрямую связана с разработкой новых методов эффективной очистки от примеси жидкостей, интенсификации перемешивания, активизации сепарационных процессов, а также модификации существующих методов нефтедобычи.

На заседании 27 октября 2022 г. диссертационный совет принял решение присудить Карпунину И.Э. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человека, из них 9 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящего в состав совета, дополнительно введено на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 16, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель
диссертационного совета Д 004.036.01
д.т.н., профессор, академик РАН
Матвеев Валерий Павлович

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



 / Матвеев В.П.

 / Зуев А.Л.

28 октября 2022 г.

М.П.