

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 03.12.2020 № 64

О присуждении Рысину Кириллу Юрьевичу, гражданину России, ученой степени кандидата физико-математических наук.

**Диссертация** «Экспериментальное исследование вибрационной тепловой конвекции во вращающемся плоском слое» по специальности 01.02.05 «Механика жидкости, газа и плазмы» принята к защите 01.10.2020, протокол № 62, 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 г.

**Соискатель** Рысин Кирилл Юрьевич 1990 г. рождения, в 2012 г. окончил ФГБОУ ВО Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет по специальности "Физика", дополнительная специальность "Информатика". В 2016 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 работает младшим научным сотрудником лаборатории вибрационной гидромеханики ФГБОУ ВО Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет (ПГГПУ). Диссертация выполнена на кафедре физики и технологии ПГГПУ.

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

**Официальные оппоненты:**

1. Бердников Владимир Степанович, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории интенсификации процессов теплообмена ФГБУН Институт теплофизики им. С.С.Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск;
2. Демин Виталий Анатольевич, доктор физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой теоретической физики ФГБОУ ВО Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь;  
дали положительные отзывы на диссертацию

**Ведущая организация:** Институт вычислительного моделирования – обособленное подразделение ФГБУН Федеральный исследовательский центр "Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук", г. Красноярск (ИВМ СО РАН), в своем положительном заключении, составленным

Бекежановой Викторией Бахытовной, д.ф.-м.н., заведующей отделом дифференциальных уравнений механики, и утвержденном директором ИВМ СО РАН, д.ф.-м.н., профессором В.М. Садовским, указала, что диссертация является законченной научно-исследовательской работой, соответствует отрасли «физико-математические науки», а содержательная часть и полученные результаты соответствуют паспорту научной специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы по областям исследования «Гидродинамическая устойчивость», «Линейные и нелинейные волны в жидкостях и газах» «Тепломассоперенос в газах и жидкостях». Результаты, полученные автором, дополняют имеющиеся теоретические представления об особенностях и режимах течений, реализующихся в жидкостных системах, подверженных влиянию осложняющих факторов типа вибраций и вращения. Диссертация и автореферат написаны ясным научным языком, хорошо иллюстрированы. Представленная диссертационная работа «Экспериментальное исследование вибрационной тепловой конвекции во вращающемся плоском слое» удовлетворяет требованиям Положения «О присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ №842 от 24.09.2013, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Рысин Кирилл Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

**Соискателем опубликовано** 4 статьи в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень, рекомендованный ВАК:

1. Kozlov V., Rysin K. Effect of tangential external force field on thermal convection in a rotating plane layer // Proc. 65th Int. Astronautical Congress (IAC2014), Canada, Toronto, 29 September-3 October 2014. P. 422-426 (Scopus).

*Изучено влияние угла наклона оси вращения на возникновение осредненной конвекции и структуру надкритических течений.*

2. Kozlov V., Vjatkin A., Rysin K., Sabirov R. Inertial waves and vibrational thermal convection // Proc. 66th Int. Astronautical Congress (IAC2015), Israel, Jerusalem, 12-16 October 2015. P. 697-704 (Scopus).

*Экспериментально исследовано влияние инерционных волн, распространяющихся в жидкости, на осредненную тепловую конвекцию во вращающихся полостях.*

3. Вяткин А.А., Иванова А.А., Козлов В.Г., Рысин К.Ю. Влияние тангенциальной составляющей силового поля на конвекцию во вращающемся плоском слое // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. 2017. Т. 53, № 2. С. 215-222.

*Построена карта режимов конвекции на плоскости управляющих параметров – гравитационного числа Рэлея и его вибрационного аналога.*

4. Kozlov V.G., Rysin K.Y., Vjatkin A.A. Vibroconvective stability of liquid in horizontal plane layer subject to circular translational vibrations // Microgravity Sci. Technol. 2019. V. 31. P. 759-765 (WoS, Scopus).

*Исследована вибрационная конвекция жидкости, устойчиво стратифицированной в поле силы тяжести, вызываемая осциллирующим силовым полем круговой поляризации.*

Публикации содержат в сумме 28 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 Бердникова В.С. В диссертационной работе систематизированы результаты экспериментальных исследований вибрационной тепловой конвекции во вращающихся плоских слоях жидкости при различных углах наклона оси вращения. Эти результаты могут быть полезны при моделировании технологических процессов получения особо чистых веществ, при выращивании монокристаллов, в химической промышленности. Работа хорошо оформлена с использованием современных средств, основная часть работы написана на хорошем профессиональном уровне. Оппонент отмечает следующие замечания по диссертации и автореферату:

- наличие неаккуратных выражений и формулировок во введении;
- вопрос о влиянии течения в случае исходного состояния системы (случая без вращения) на форму течения во вращающемся слое;
- замечание о влиянии конечной теплопроводности стенок на конвекцию в слое;
- вопрос о неоднородности поля температуры на термограммах в п.1.3;
- замечание об отсутствии условий проведения эксперимента в п.1.4.

2. Положительный отзыв официального оппонента Демина В.А. В отзыве отмечено, что диссертационное исследование обладает практической и общефизической значимостью по причине того, что в ней на опыте наглядно продемонстрировано сложное действие инерционных сил на гидродинамические течения в замкнутых полостях, когда имеет место комбинация нагрева, вращения, вибраций и наклона полости. Оппонент отмечает следующие замечания:

- замечание, связанное с обзором литературы;
- замечание о неаккуратности в описании температурных свойств твердой границы;
- замечание об обработке фотографии на рис.1.11а;
- замечание об отсутствии слова «конвективный» на стр.43;
- вопрос о наличии в области вибрационной конвекции подобласти с разными законами теплопереноса;
- небольшое замечание по терминологии;
- замечание об описании цели диссертационного исследования в автореферате одной фразой;
- замечание о различном обозначении безразмерных комплексов в автореферате;
- замечание к автореферату об отсутствии описания механизма генерации инерционных волн.

3. Положительный отзыв ведущей организации. В отзыве отмечается, что диссертация посвящена исследованию различных характеристик виброконвективных течений и параметров устойчивости жидкостей во вращающемся плоском слое. В работе впервые в рамках экспериментального подхода систематически изучены режимы виброконвективных течений и теплоперенос в плоском вращающемся наклонном слое в широком диапазоне значений параметров, характеризующих внешние механические воздействия (вибрации и вращение). Полученные экспериментальные результаты позволяют оценить характер и степень влияния отдельных механизмов на структуру возникающих режимов виброконвективных течений во вращающихся жидких слоях.

Результаты диссертационной работы могут служить базой для проверки и подтверждения адекватности и непротиворечивости новых или уточнённых математических моделей, а также для апробации новых численных алгоритмов, которые могут быть использованы при изучении природных гидродинамических систем, испытывающих действие осциллирующих силовых полей.

Ведущая организация отмечает следующие замечания:

- вопрос о неравномерности передачи вращения и контроле постоянства скорости;
- вопрос о гистерезисных явлениях при изменении скорости вращения слоя;
- замечание об отсутствии информации в подписях рисунков касемо используемой жидкости;
- вопрос о сходимости результатов на безразмерной плоскости на разных жидкостях;
- вопрос о применимости термохромной методики к вязким жидкостям;
- замечания по поводу опечаток и неточностей в тексте.

**На автореферат поступило 5 отзывов:**

1. Положительный отзыв от Бабушкина И.А., к.ф.-м.н., доцента, зав. кафедрой общей физики ФГБОУ ВО Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь (1 замечание);
2. Положительный отзыв от Ингеля Л.Х., д.ф.-м.н., доцента, ведущего научного сотрудника Института экспериментальной метеорологии ФГБУ НПО «Тайфун» (Росгидромет), г. Обнинск (1 замечание);
3. Положительный отзыв от Перминова А.В., д.ф.-м.н., доцента, профессора кафедры общей физики ФГБОУ ВО Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь (2 замечания);
4. Положительный отзыв от Сухановского А.Н., к.ф.-м.н., старшего научного сотрудника лаборатории физической гидродинамики Института механики сплошных сред ФГБУН Пермский федеральный исследовательский центр УрО РАН, г. Пермь (4 замечания);
5. Положительный отзыв от Чашечкина Ю.Д., д.ф.-м.н., профессора, зав. лабораторией механики жидкостей ФГБУН Институт проблем механики им. А.Ю.Ишлинского РАН, г. Москва (1 замечание).

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

- в заключении п.3 допущена опечатка;
- в разделе «Теоретическая и практическая значимость работы» содержится опечатка;
- вопрос о необходимости пояснения физической сути инерционных волн и схемы их распространения;
- вопрос о сравнении конвекции в наклонном вращающемся слое (гл.2) с особым типом наклонной конвекции (slantwise) в геофизической гидродинамике;
- вопрос об однородности концентрации визуализатора при быстром вращении;
- чем обусловлен выбор конкретных углов наклона при исследовании наклонного слоя;
- замечание об отсутствии привязки обнаруженных эффектов к реальным объектам и системам;
- пожелание по более детальному изучению тонких структур течений.

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 официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается следующим:

**официальные оппоненты** являются одними из ведущих специалистов в области теории теплообмена и физической гидрогазодинамики, имеют большое число публикации с результатами теоретических и экспериментальных исследований гидродинамической устойчивости; обладают достаточной квалификацией, позволяющей оценить новизну представленных на защиту результатов, их научную и практическую значимость, обоснованность и достоверность полученных выводов;

**ведущая организация** Институт вычислительного моделирования Красноярского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук, г. Красноярск, является одним из ведущих научных центров за которым закреплено научное направление «Информационно-вычислительное моделирование сложных процессов и систем», в нем активно ведутся фундаментальные и прикладные исследования по приоритетным направлениям «Математический анализ моделей динамики неоднородных сред», «Механика жидкости, газа и плазмы, многофазных и неидеальных сред, механика горения, детонации и взрыва», осуществляется теоретическое и экспериментальное обеспечение разработки перспективных космических технологий и техники. 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 объединённом научном семинаре "Математическое моделирование в механике" присутствии признанных авторитетных специалистов по теме защищаемой диссертации.

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

**разработаны** экспериментальная установка, позволяющая изучить осредненную тепловую конвекцию и структуру течений во вращающемся наклонном плоском слое; вибрационный стенд для изучения вибрационной конвекции при одновременном вращении кюветы и круговых поступательных вибрациях; новая экспериментальная методика, позволившая выявить и описать качественно новые закономерности осредненной тепловой конвекции во вращающихся полостях;

**предложен** оригинальный подход к описанию тепловой конвекции в равномерно вращающейся вокруг наклонной оси полости с использованием метода осреднения;

**доказаны** возможность возбуждения вибрационной конвекции и значительной интенсификации теплопереноса в устойчиво стратифицированной неизотермической жидкости; стабилизирующее действие вращения на вибрационную конвекцию; существование осредненных течений в допороговой области вибрационной тепловой конвекции возбуждаемых инерционными волнами;

**введена** измененная трактовка понятия «вибрационная тепловая конвекция» – осредненная конвекция, возбуждаемая осцилляциями жидкости во вращающейся вокруг горизонтальной оси полости в отсутствие вибраций.

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

**доказана** возможность математического описания осредненной конвекции в полостях произвольной формы, совершающих вращение вокруг наклонной оси, с эффективным использованием метода осреднения.

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

**использована** термохромная пленка для визуализации температурных полей;

**изложены** доказательства, что возбуждаемая во вращающихся полостях с неизотермической жидкостью осредненная конвекция характеризуется безразмерным вибрационным параметром и безразмерной частотой;

**раскрыт** механизм возникновения осредненной тепловой конвекции во вращающейся относительно наклонной оси полости, который определяется колебаниями неизотермической жидкости;

**изучены** область существования инерционных волн, их влияние на структуру осредненных течений во вращающемся слое жидкости; влияние скорости вращения на порог устойчивости вибрационной конвекции;

**проведена модернизация** теоретических взглядов на применение клиностатов (вращения вокруг горизонтальной оси) для исключения влияния поля силы тяжести на конвективные процессы.

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

**разработан и внедрен** метод визуализации структуры конвективных потоков с использованием термохромной пленки, обеспечивающий достаточно высокое разрешение;

**определена** эффективность применения вращения неизотермических систем в статических внешних силовых полях для возбуждения осредненных конвективных потоков и управления (интенсификации) теплопереноса;

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

**представлены** предложения по дальнейшему исследованию конвекции и теплопереноса во вращающихся полостях разной геометрии, в частности, сферической формы.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**для экспериментальных работ** воспроизводимость экспериментальных результатов, полученных на современном оборудовании;

**теория** построена в высокочастотном приближении, результаты удовлетворительно согласуются с полученными экспериментальными данными;

**идея базируется** на анализе известных данных о тепловой вибрационной конвекции в осциллирующих силовых полях;

**использовано** сравнение полученных экспериментальных результатов с данными теоретических работ;

**установлено** качественное и количественное согласие полученных автором результатов с данными известных экспериментальных и теоретических работ;  
**использовано** современное экспериментальное оборудование и современные цифровые технологии для получения и последующей обработки данных.

**Личный вклад соискателя состоит** в создании экспериментальных установок и измерительных методик, проведении измерений и обработке данных, обсуждении полученных результатов и подготовке статей к публикации, представлении результатов исследования на конференциях различного уровня.

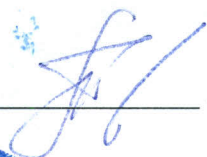
**Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи (проблемы) и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается** наличием последовательного плана исследования, концептуальности и взаимосвязи основных выводов.

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 содержатся результаты экспериментального исследования вибрационной тепловой конвекции во вращающемся плоском слое, имеющие существенное значение для развития знаний в области вибрационной гидродинамики и тепло-массообмена во вращающихся системах.

На заседании 03 декабря 2020 г. диссертационный совет принял решение присудить Рысину К.Ю. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении ОТКРЫТОГО голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании (в том числе 7 человек в удаленном интерактивном режиме), из 21 человека, входящего в состав совета, дополнительно введено на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 15, против – 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.

04 декабря 2020 г.

М.П.