

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 14.03.2019 № 33

О присуждении Краузиной Марине Тахировне, гражданке России, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Свободная конвекция магнитной жидкости в шаровой полости в гравитационном и магнитном полях» по специальности 01.02.05 «Механика жидкости, газа и плазмы» принята к защите 10.01.2019, протокол № 30, 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 Краузина Марина Тахировна 1989 года рождения, в 2012 г. окончила ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» по направлению «Физика», специализация «Физика акустических и гидродинамических волновых процессов». В 2018 г. окончила аспирантуру очной формы обучения в ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» по научной специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы. Диссертация выполнена на кафедре общей физики ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет».

Научный руководитель – заведующий лабораторией кафедры общей физики ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», д.ф-м.н., доцент Божко А.А.

Официальные оппоненты:

1. Жуков Михаил Юрьевич, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой вычислительной математики и математической физики ФГАОУ ВО "Южный федеральный университет", г. Ростов-на-Дону;
2. Иванов Алексей Сергеевич, кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией динамики дисперсных систем Института механики сплошных сред – филиала ФГБУН "Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук", г. Пермь
дали положительные отзывы на диссертацию

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», г. Москва, в своем положительном заключении,

подписанном Полянским Виталием Александровичем, д.ф.-м.н., профессором, заведующим лабораторией физико-химической гидродинамики НИИ механики МГУ; Налетовой Верой Арсеньевной, д.ф.-м.н., профессором, ведущим научным сотрудником лаборатории физико-химической гидродинамики НИИ механики МГУ, и утвержденном проректором – начальником Управления научной политики и организации научных исследований МГУ, д.ф.-м.н., профессором Федяниным А.А., указала, что диссертация является законченной научно-исследовательской работой в области экспериментального исследования конвекции магнитных жидкостей. Полученные в работе результаты о возникновении конвекции, ее режимах в магнитной жидкости, о влиянии на них однородного магнитного поля важны с фундаментальной точки зрения, являются новыми, их достоверность обоснована. Представленная диссертационная работа «Свободная конвекция магнитной жидкости в шаровой полости в гравитационном и магнитном полях» удовлетворяет критериям Положения ВАК РФ «О присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ №842 от 24.09.2013, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Краузина Марина Тахировна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы.

Соискателем опубликовано 25 научных работы, в том числе 6 статей в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень, рекомендованный ВАК:

1. Bozhko A.A., Kuchukova M.T., Putin G.F. The influence of external uniform magnetic field on convection in magnetic fluid filling a spherical cavity // *Magnetohydrodynamics*. 2013. V. 49, № 1. P. 161-168.
2. Krauzina M.T., Bozhko A.A., Putin G.F., Suslov S.A. Intermittent flow regimes near the convection threshold in ferromagnetic nanofluids // *Physical Review E*. 2015. V. 91, № 1. P. 013010 (1-12).
3. Krauzina M.T., Bozhko A.A., Krauzin P.V., Suslov S.A. Oscillatory instability of convection in ferromagnetic nanofluid and in transformer oil // *Fluid Dynamics Research*. 2016. V. 48, № 6. P. 061407 (1-12).
4. Krauzina M.T., Bozhko A.A., Krauzin P.V., Suslov S.A. Complex behavior of a nanofluid near thermal convection onset: Its nature and features // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2017. V. 104. P. 688-692.
5. Krauzina M.T., Bozhko A.A., Krauzin P.V., Suslov S.A. The use of ferrofluids for heat removal: advantage or disadvantage? // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. 2017. V. 431. P. 241-244.
6. Krauzina M.T., Bozhko A.A., Krauzin P.V., Suslov S.A. The influence of uniform external magnetic field on heat transfer in ferrocolloids // *Magnetohydrodynamics*. 2018. V. 54, № 1–2. P. 61-64.

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

1. **Положительный отзыв официального оппонента Жукова М.Ю.** В отзыве представлен анализ содержания диссертации; отмечается актуальность темы исследования; новизна, достоверность, научная и практическая значимость полученных

результатов. Оппонент отмечает следующие замечания по диссертации и автореферату:

- Наличие стилистических опечаток в диссертации. В частности, недоразумение с указанием числа глав (на стр. 10 указано, что главы три, тогда как имеется четыре главы – автор по неясной причине не включил первую главу с обзором в количество глав).

2. **Положительный отзыв официального оппонента Иванова А.С.** В отзыве проведен анализ содержания диссертации, отмечаются актуальность темы диссертации, новые результаты и их достоверность; подчеркивается значимость работы для некоторых практических приложений.

Оппонент отмечает следующие замечания:

- При описании погрешностей измерений приводятся данные, вызывающие сомнения. В частности, на стр. 39 указывается, что суммарная погрешность измерений напряженности поля не превышала 2%. Это ниже погрешности применявшегося прибора Ш1-8, который по паспорту имеет погрешность $\pm (1.5 + 0.01/Bx)\%$, где Bx – измеряемое значение индукции в единицах Тесла. В экспериментах использовались магнитные поля примерно 10 кА/м, что соответствует погрешности измерений магнитного поля примерно $\pm 2.3\%$. Второй источник погрешности измерений связан с использованием встроенных индикаторов в источниках питания GPR-11H30D, GPS-3030DD для измерения силы тока в обмотках катушек Гельмгольца. Автор приводит погрешность этих приборов (стр. 38) равную 1.7%, но обоснование этой погрешности не поясняется в тексте. Реальная точность измерений была ниже заявленной и не превышала 5-6%.

- Автор не делает различий между чувствительностью прибора и погрешностью измерения. Так, на стр. 38 указывается, что чувствительность использованного прибора «Термодат» составляет 0.01 К, и далее на стр. 47 говорится, что «абсолютная погрешность измерения разностей температур между теплообменниками» равна 0.02 К. Это явное необоснованное превышение точности, требующее значительной аргументации и дополнительных тестовых опытных проверок, тем более, что в тексте диссертации отсутствуют сведения даже о поверке термопар. Так, на стр. 35, сообщается, что «коэффициент термо-ЭДС термопар составлял 40 мкВ/К», а информация об опытной проверке этого коэффициента отсутствует, что недопустимо, если претендовать на заявленную точность измерений. Можно предположить, что реальные измерения производились не точнее 0.1 К.

- В диссертации неоднократно встречается мысль, что на сегодняшний день неизвестны коэффициенты диффузии, термодиффузии и вязкости в магнитных жидкостях (например, на стр. 27, 28). Предположительно, это связано с тем, что автор не знаком с работами В.М. Бузмакова: в списке литературы присутствует лишь одна его работа под номером 75, а его главные труды не упоминаются. При этом доступны статьи в журнале «Магнитная гидродинамика», а именно «Измерение коэффициентов диффузии и анализ дисперсного состава магнитных коллоидов» (1986), и «О концентрационной зависимости вязкости магнитных жидкостей» (1991). Примечательно, что В.М. Бузмаков – автор методики одновременного измерения коэффициентов диффузии и термодиффузии в жидких растворах.

- На стр. 28 присутствует неподкрепленная ссылками фраза «несвязанные молекулы олеиновой кислоты, применяемой в качестве стабилизатора и достигающие по объемному содержанию 10%, также способствуют термодиффузионному перераспределению». Можно утверждать, что стабильных магнитных жидкостей с объемной долей ПАВ 10% не бывает, так как ПАВ в подобных концентрациях ведет себя как коагулянт и вызывает мгновенное выпадение агрегированных частиц в виде осадка, что демонстрировалось в работах, проводившихся под руководством проф. Диканского Ю.И.
- В работе многократно проводится гармонический анализ температурных сигналов с термопар (записанных электронным самописцем) методом дискретного преобразования Фурье (ДПФ). На термограммах (например, рис. 3.9 на стр. 64) виден случайный характер поведения системы, находящейся в состоянии неустойчивого равновесия: колебания «замирают» и возобновляются неким случайным образом. Так, если в первые 16 суток (из общих 32-ух суток измерений) колебания прекращались несколько раз на продолжительное время (время «простоя» составляло несколько суток), то последующие 16 суток таких перерывов не наблюдалось. Тем не менее, утверждается, что в спектре сигнала присутствует колебание с периодом в 16 суток. Возникают следующие вопросы: не является ли этот результат артефактом применения процедуры ДПФ? Не является ли этот интервал кратным истинному периоду колебаний? Какой физический смысл у этих периодов, если это, конечно, не случайные величины, характеризующие систему в состоянии неустойчивого равновесия (на пороге развития конвекции)? Если утверждается, что все вычисленные периоды являются неотъемлемым свойством колебательной системы, это утверждение должно быть как-то обосновано. К предположению о том, что регистрируется кратный период, можно добавить следующую информацию из текста диссертации: на стр. 61, 62 приводится термограмма с ярко выраженной периодичностью и приводятся (среди прочих) следующие значения периодов 3.7, 1.9, 1.0 (суток), относящихся друг другу почти как целые числа 4:2:1. Эта информация нуждается хотя бы в качественном пояснении.
- В задачах о гидродинамических течениях в каналах и полостях принято производить оценку толщины пограничного слоя и сравнивать ее с характерным размером задачи. Такой оценки не хватает в представленной диссертации.
- Формальные замечания по тексту диссертации. Текст диссертации часто излагается непоследовательно, хотя и в необходимом объеме. В тексте встречаются неудачные выражения: на стр. 7 «ультратонкие частицы» (подразумевается, видимо, «мелкодисперсные частицы»); на стр. 34 «шаровое вкрапление» (предпочтительнее использовать термин «шаровая полость»); на стр. 37 «струйный ультратермостат марки КРИО-ВТ-01» (указанное оборудование на сайте производителя называется более привычным способом – «термостат жидкостный низкотемпературный»). В тексте диссертации встречаются немногочисленные опечатки, орфографические и грамматические ошибки.

3. Положительный отзыв ведущей организации. В отзыве отмечается, что диссертация является законченной научной работой в области экспериментального

исследования конвекции магнитных жидкостей. Научная и практическая значимость результатов обусловлена тем, что они важны с фундаментальной точки зрения для построения более совершенных теоретических моделей теплопереноса в коллоидах, наножидкостях и магнитополяризуемых средах. Результаты исследования могут быть использованы при разработке теплообменных устройств, содержащих в качестве теплоносителя наножидкости или использующих термомагнитных механизм конвекции. Ведущая организация отмечает следующие замечания:

- Есть ряд замечаний по оформлению:

На стр. 52 речь идет о параметре A , который называется амплитудой конвективного течения, однако определения этого параметра до стр. 52 не дано.

Подписи к некоторым рисункам не содержат необходимой информации, например, в подписи к рис. 3.26 отсутствует информация о том, что описывают линии 1, 2, 3, 4. Конечно, эта информация есть в тексте, но для лучшего понимания хотелось бы видеть более полную информацию в подписях к рисункам.

- Критический перепад температур, при котором возникает конвекция, зависит от величины магнитного поля, однако в диссертации, к сожалению, нет информации о зависимости критического перепада температур от величины магнитного поля.

- В диссертации не обсуждаются физические причины прекращения автоколебаний конвективного течения в трансформаторном масле спустя несколько часов. Что происходит в трансформаторном масле в процессе конвекции и приводит к исчезновению автоколебаний конвективного течения? Ответ на этот вопрос хотелось бы увидеть в последующих работах автора.

На автореферат поступило 6 отзывов:

1. Положительный отзыв от Баштового В.Г., д.ф.-м.н., главного научного сотрудника НИЛ термомеханики магнитных жидкостей, и Рекса А.Г., д.ф.-м.н., зав. НИЛ термомеханики магнитных жидкостей, Белорусский национальный технический университет, г. Минск (1 замечание);
2. Положительный отзыв от Ингеля Л.Х., д.ф.-м.н., ведущего научного сотрудника Института экспериментальной метеорологии, ФГБУ НПО «Тайфун» (Росгидромет), г. Обнинск (без замечаний);
3. Положительный отзыв от Кирко Г.Е., д.ф.-м.н., зав. кафедрой медицинской и биологической физики, ФГБОУ ВО Пермский государственный медицинский университет им. акад. Е.А. Вагнера, г. Пермь (2 замечания);
4. Положительный отзыв от Пелевиной Д.А., к.ф.-м.н., доцента кафедры гидромеханики механико-математического факультета, ФГБОУ ВО Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва (1 замечание);
5. Положительный отзыв от Полунина В.М., д.ф.-м.н., профессора кафедры нанотехнологий, общей и прикладной физики, ФГБОУ ВО Юго-Западный государственный университет, г. Курск (2 замечания);
6. Положительный отзыв от Кракова М.С., д.ф.-м.н., профессора кафедры ЮНЕСКО "Энергосбережение и возобновляемые источники энергии", Белорусский национальный технический университет, г. Минск (без замечаний).

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.

В отзывах на автореферат содержатся следующие замечания:

- Не совсем понятно, почему для экспериментов была приготовлена магнитная жидкость на основе ТМ, а не ЦТМ, что, наверно, позволило бы исключить стратификацию жидкости-носителя, связанную, как можно понять из автореферата, с наличием в ТМ разных фракций, и исследовать влияние магнитного поля на рассматриваемые процессы в наиболее «чистом» виде.
- Автореферат читают и специалисты, которые не занимаются конвекцией. В силу этого им будет довольно трудно догадаться, о чем говорят слова «связанных с поворотом оси вала...» (в конце страницы 4).
- Схему эксперимента хорошо бы дать по тексту автореферата раньше, тогда понимание результатов читателями было бы более адекватным.
- Обнаружено, что вертикальное магнитное поле при нагреве снизу оказывает стабилизирующее действие на течение, а при нагреве сверху - дестабилизирующее. К сожалению, из автореферата не ясна причина такого влияния магнитного поля на конвекцию.
- Гранулометрический анализ кривых намагничивания не проводился, данные среднего размера частиц взяты от производителя. Не названа лаборатория, в которой исследуемые образцы были синтезированы.
- К замечаниям следует отнести отдельные слова или словосочетания, которые делают текст неоднозначным. Например, фраза на стр. 17: ... «При определенных значениях напряженности магнитного поля и приложенного градиента температуры течение затухает».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается следующим:

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

ведущая организация ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (г. Москва) является одним из научно-образовательных центров России, включает в свою структуру Научно-исследовательский институт механики. В институте активно ведутся фундаментальные и прикладные исследования по гидроаэродинамике, механике нестационарных процессов в газообразных и жидких средах, механике природных процессов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана методика эксперимента, с помощью которой удалось выявить особенности конвекции магнитных жидкостей в гравитационном и магнитном полях;

предложены способы управления конвективной неустойчивостью и теплопереносом магнитной жидкости в шаровой полости при помощи однородного магнитного поля;

доказано возможность как стабилизирующего, так и дестабилизирующего влияния вертикального однородного магнитного поля на теплоперенос магнитной жидкости в шаровой полости;

введена классификация колебательных режимов конвекции магнитной жидкости и ее жидкости-носителя в шаровой полости.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано существование новых конвективных режимов магнитных жидкостей в шаровой полости;

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

использованы оригинальная экспериментальная методика исследования конвективных течений непрозрачных сред и современные методы обработки данных;

изложено описание природы нерегулярных колебательных течений магнитных жидкостей в шаровой полости, усиления и ослабления теплопереноса при добавлении твердых наночастиц и наложении магнитного поля;

раскрыты особенности конвекции магнитных жидкостей в шаровой полости по сравнению с однокомпонентными жидкостями;

изучены автоколебательные и стационарные режимы гравитационной конвекции магнитной жидкости в шаровой полости, влияние однородного магнитного поля на конвективную неустойчивость течений и теплоперенос при различной взаимной ориентации градиента температуры в полости и магнитного поля, переходные колебательные режимы в жидкости-носителе;

проведена модернизация методики изучения течений магнитных жидкостей вблизи порога устойчивости, имеющих автоколебательный перемежающийся характер.

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

разработана и внедрена в лабораторную практику новая методика изучения автоколебательного движения конвективного вихря и перемежаемых режимов конвекции магнитной жидкости в шаровой полости;

определены особенности конвективных течений магнитных жидкостей, что может быть использовано при планировании экспериментальных исследований и проектировании технологических процессов и технических устройств, использующих магнитополяризующиеся среды в качестве теплоносителя;

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

представлены методические рекомендации по планированию экспериментов по конвекции магнитополяризующихся сред.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ исследования проведены на оборудовании, обеспечивающем воспроизводимость экспериментальных результатов; результаты экспериментов по термомагнитной конвекции магнитной жидкости в шаровой полости качественно согласуются с результатами **теоретических исследований;**

идея базируется на обобщении передового опыта теоретического и экспериментального исследования свойств и конвективных течений магнитных жидкостей;

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

использованы современные методы экспериментального исследования конвективных течений и обработки данных.

Личный вклад соискателя состоит в проведении и обработке данных экспериментов, разработке современной методики для изучения нерегулярных конвективных режимов, участии в обсуждении и анализе результатов исследования, подготовке статей к публикации и представлении результатов 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.

На заседании 14 марта 2019 г. диссертационный совет принял решение присудить Краузиной М.Т. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 7 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 – 15, против – 0, недействительных бюллетеней – 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.

14 марта 2019 г.