

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 05.12.2019 № 46

О присуждении Сидорову Александру Сергеевичу, гражданину России, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Термомагнитная конвекция в вертикальном слое магнитной жидкости» по специальности 01.02.05 «Механика жидкости, газа и плазмы» принята к защите 18.09.2019, протокол № 39, 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 26.01.2018.

Соискатель Сидоров Александр Сергеевич 1987 г. рождения, в 2011 г. окончил ГОУ ВПО "Пермский государственный университет" по направлению «Физика», специализация «Физика акустических и гидродинамических волновых процессов». В 2015 г. окончил аспирантуру очной формы обучения ФГБОУ ВО "Пермский государственный национальный исследовательский университет" по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы. В настоящее время работает старшим преподавателем кафедры общей физики ФГБОУ ВО "Пермский государственный национальный исследовательский университет". Диссертация выполнена на кафедре общей физики ФГБОУ ВО "Пермский государственный национальный исследовательский университет" по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы.

Научный руководитель – к.ф.-м.н. Глухов Александр Федорович, доцент, доцент кафедры общей физики ФГБОУ ВО "Пермский государственный национальный исследовательский университет".

Официальные оппоненты:

1. Елфимова Екатерина Александровна, доктор физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой теоретической и математической физики ФГБОУ ВО "Уральский федеральный университет им. Б.Н. Ельцина", г. Екатеринбург;
2. Иванов Алексей Сергеевич, кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий лабораторией динамики дисперсных систем ФГБУН "Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук" (филиал – "Институт механики сплошных сред УрО РАН"), г. Пермь, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова" (МГУ), г. Москва, в своем положительном

заклучении, составленном Полянским Виталием Александровичем, д.ф.-м.н., заведующим лабораторией физико-химической гидродинамики, и Налетовой Верой Арсеньевной, д.ф.-м.н., ведущим научным сотрудником лаборатории физико-химической гидродинамики, и утвержденном проректором МГУ, д.ф.-м.н., профессором А.А. Федяниным, указала, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой в области экспериментального исследования конвекции магнитных жидкостей. Диссертационная работа «Термомагнитная конвекция в вертикальном слое магнитной жидкости» удовлетворяет критериям Положения «О присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ №842 от 24.09.2013, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Сидоров Александр Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы.

Соискателем опубликовано 35 научных работ, в том числе 5 статей в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень, рекомендованный ВАК:

1. Bozhko A.A. Putin G.F., **Sidorov A.S.**, Suslov S.A. Thermomagnetic convective flows in a vertical layer of ferrocolloid: Perturbation energy analysis and experimental study // Physical Review E. 2012. V. 86. P. 016301.

В данной работе представлено описание режимов конвективных течений в вертикальном слое магнитной жидкости и их сравнение с теоретическими расчетами.

2. Bozhko A.A., Putin G.F., **Sidorov A.S.**, Suslov S.A. Convection in a vertical layer of stratified magnetic fluid // Magnetohydrodynamics. 2013. V. 49, № 1. P. 143-152.

В работе описаны эксперименты по термогравитационной и термомагнитной конвекции в вертикальном слое стратифицированной магнитной жидкости.

3. **Sidorov A.S.** The influence of an oblique magnetic field on convection in a vertical layer of magnetic fluid // Magnetohydrodynamics. 2016. V. 52, № 1. P. 223-233.

Представлены описание и карта режимов конвективных течений в вертикальном слое магнитной жидкости в случае магнитного поля, направленного под углом к слою.

4. Глухов А.Ф., **Сидоров А.С.** О периодических конвективных процессах в магнитной жидкости в вертикальных каналах // Известия РАН. Механика жидкости и газа. 2019. № 4. С. 13-18.

В статье обоснована ключевая роль термофореза магнитных частиц в периодической смене направления течения магнитной жидкости в вертикальных каналах.

5. Черепанов И.Н., Смородин Б.Л., **Сидоров А.С.** Анализ течений магнитной жидкости в вертикальном канале при нагреве сбоку // Журнал экспериментальной и теоретической физики. 2019. Т. 155, №.2. С. 371-381.

Представлено экспериментальное и теоретическое описание конвективных течений в вертикальном плоском слое стратифицированной магнитной жидкости.

Публикации содержат в сумме 54 страницы 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 Елфимовой Е.А. В отзыве представлен анализ содержания диссертации, отмечается актуальность проведенных

исследований, новизна, научная и практическая значимость полученных результатов. Оппонент задал вопросы и сделал следующие замечания по диссертации и автореферату:

- В обзоре литературы (глава 1) мало ссылок на публикации за последние 5 лет, связано ли это с угасанием интереса к исследованию конвективных течений?
- Замечание о неелевской и броуновской релаксации магнитного момента.
- Замечание об отсутствии информации о свойствах образцов магнитной жидкости перед описанием конкретного эксперимента.
- С чем связан выбор того или иного метода визуализации при проведении конкретного эксперимента?
- Хотелось бы получить комментарии диссертанта о количестве образцов, упомянутых на с. 100? Чем они отличались?
- Что понимается под радиусом частицы? Магнитная жидкость предполагалась монодисперсной или рассматривалось распределение по размерам магнитных ядер?
- В главе 4 приводится сравнение экспериментальных результатов с численными расчетами. Численный расчет (упоминаемый на с. 117) проводился диссертантом?
- Вопрос о седиментации частиц и агрегатов: «Откуда следует, что в исследуемой магнитной жидкости есть агрегаты феррочастиц?».
- Замечание о совпадении обозначений разных параметров и встречающихся неточностях, нумерации формул и неаккуратных подписях осей в тексте диссертации.

2. Положительный отзыв официального оппонента Иванова А.С. В отзыве отмечено, что диссертация содержит новые экспериментальные результаты о структуре и режимах термомагнитных и термогравитационных конвективных течений в прямоугольной полости и связанных вертикальных каналах. Оппонент сделал следующие замечания:

- В диссертации все результаты представлены в терминах внешнего магнитного поля. Такой подход малоинформативен, т.к. ponderomotorная сила определяется напряженностью внутреннего магнитного поля и намагниченностью жидкости. Также отмечается, что понятие безындукционное приближение понимается в современных публикациях при описании магнитных жидкостей, иначе, чем у автора.
- Замечание о необходимости учитывать в задаче с «наклонным» магнитным полем не только внешний угол наклона однородного магнитного поля, но и угол наклона поля внутри жидкости.
- Замечание об отсутствии в явном виде информации о типе граничных условий в экспериментах. Отсутствует обсуждение величины теплового потока от стенки кюветы в воздух.
- Выражения для характерного диффузионного времени установления концентрационных профилей на с. 13 и с. 101 отличаются множителем π^2 . Какое из них использовалось?
- Вопрос о калибровке термодатчиков, используемых в эксперименте.
- Замечание о краткости обзора литературы и отсутствии обсуждения преимуществ и недостатков предшествующих работ. Например, нет сопоставления с результатами работы Краузиной М.Т. и Божко А.А.

- Замечание, что в диссертации встречаются неудачные выражения типа: «...температурная подъемная сила» и др.

3. Положительный отзыв ведущей организации. В отзыве отмечается, что представленные автором результаты исследования вносят вклад в создание теории конвекции магнитных жидкостей, способствуют пониманию сложных процессов, происходящих в наножидкостях, связанных с транспортом твердых частиц и могут найти дальнейшее применение при разработке магнитожидкостных датчиков и эффективных теплообменных устройств, в которых используется термомагнитный механизм конвекции.

Ведущая организация сделала следующие замечания:

- Замечание о изложении теоретической постановки задачи в главе 3 и отсутствии в диссертации списка обозначений.
- Замечание об ошибочном употреблении понятия «градиент поля» вместо «поле» на с. 84.
- В главе 4 утверждается, что в подогреваемом сбоку слое магнитной жидкости из-за термофореза возникает вертикальный градиент концентрации, который и приводит к возникновению отдельного горизонтального вихря внизу слоя жидкости. Хотелось бы более подробного объяснения механизма возникновения такого вихря.
- Следует отметить некоторые недочеты в стиле изложения, например, на с. 113 написано: «если магнитная жидкость находилась... в горизонтальном положении».

На автореферат поступило 5 отзывов:

1. Положительный отзыв от Баштового В.Г., д.ф.-м.н., профессора, главного научного сотрудника НИЛ термомеханики магнитных жидкостей, и Рекса А.Г., д.ф.-м.н., заведующего НИЛ термомеханики магнитных жидкостей, Белорусский национальный технический университет, г. Минск (1 замечание);
2. Положительный отзыв от Зубарева А.Ю., д.ф.-м.н., профессора, главного научного сотрудника ФГАОУ ВО "Уральский федеральный университет им. Б.Н. Ельцина", г. Екатеринбург (2 замечания);
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 Кракова М.С., д.ф.-м.н., профессора, профессора кафедры ЮНЕСКО "Энергосбережение и возобновляемые источники энергии", Белорусский национальный технический университет, г. Минск (2 замечания);
5. Положительный отзыв от Симоновского А.Я., д.ф.-м.н., профессора кафедры общей и теоретической физики института математики и естественных наук, ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», г. Ставрополь (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:

- Отсутствуют данные о свойствах магнитной жидкости в автореферате;

- Возникает путаница в восприятии иллюстраций из-за разного цветового изображения конвективных течений на рис. 3 и рис. 9;
- Не ясно, что подразумевается под термином «вертикальный слой»;
- Отсутствует обсуждение того, что в этой области не сделано предшественниками, поэтому нельзя полностью понять научную новизну исследования;
- Нет схемы эксперимента, показывающей положение конвективной камеры в кольцах Гельмгольца;
- Отсутствуют точные характеристики колец Гельмгольца.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается следующим:

официальные оппоненты являются специалистами в области динамики многофазных и многокомпонентных жидкостей, имеют большое число публикаций с результатами экспериментальных и теоретических исследований различных магнитных, многофазных и нанодисперсных 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 им. М.В. Ломоносова" (г. Москва) является одним из ведущих научно-образовательных центров России, включает в свою структуру Научно-исследовательский институт механики МГУ. В институте активно ведутся фундаментальные и прикладные исследования по гидроаэродинамике, механике нестационарных процессов в газообразных и жидких средах, механике природных процессов. 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 заседании секции физико-химической газодинамики НИИ механики МГУ в присутствии признанных авторитетных специалистов по теме защищаемой диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны экспериментальная установка и методики измерений, позволяющие визуализировать конвективные течения магнитных жидкостей в плоских слоях под действием гравитационного и магнитного полей;

предложен оригинальный метод визуализации конвективных течений с помощью тепловизора и жидкокристаллической пленки;

доказано, что в результате потери устойчивости подъемно-опускного течения магнитной жидкости в вертикальном слое, помещенном в однородное магнитное поле, устанавливаются режимы термомагнитных валов, оси которых направлены вертикально;

введена классификация режимов конвекции магнитной жидкости в вертикальном слое в зависимости от управляющих параметров (напряженности поля, угла наклона вектора поля, приложенной разности температур) и от начальных концентрационных неоднородностей.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано влияние однородного магнитного поля на устойчивость конвективного течения магнитной жидкости в вертикальном слое.

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

использована модифицированная методика исследования структуры конвективных течений в непрозрачных средах при помощи термочувствительной пленки, которая улучшена применением тонкой пластины диэлектрика и тепловизора, что позволило существенно расширить диапазон возможных значений управляющих параметров; известный нестационарный метод определения температуропроводности веществ доработан для применения его к наножидкостям;

изложены причины неустойчивости термогравитационной конвекции в вертикальном слое в однородном магнитном поле, а также объяснение наблюдавшихся периодических конвективных процессов при отсутствии поля;

раскрыты механизмы неустойчивости конвективного течения в вертикальном слое магнитной жидкости в сравнении с неустойчивостью конвекции однокомпонентных жидкостей;

изучены стационарные и нестационарные режимы конвекции в вертикальном слое магнитной жидкости при воздействии гравитационного и магнитного полей, влияние начальных концентрационных неоднородностей на структуру течения, роль термофореза магнитных частиц в периодических режимах конвекции без магнитного поля;

проведена модернизация подхода к изучению течений магнитных жидкостей в узких вертикальных каналах – гравитационная седиментация частиц исключена из числа причин, объясняющих периодические переходы между двумя направлениями течения, а термофорез частиц, наоборот, является ключевой причиной явления.

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

разработаны и внедрены методики визуализации конвективных течений непрозрачных жидкостей, основанные на регистрации температурного поля на поверхности жидкости;

определены области существования стационарных и колебательных режимов термогравитационной и термомагнитной конвекции;

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

представлены методические рекомендации для подготовки новых экспериментов по конвекции наножидкостей и магнитополяризующихся сред.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ было использовано современное оборудование, обеспечивающее воспроизводимость результатов; представлены и обоснованы тестовые эксперименты и калибровки; результаты экспериментов по термомагнитной конвекции в вертикальном слое качественно согласуются с опубликованными ранее теоретическими результатами;

идея базируется на анализе результатов теоретического и экспериментального исследования термомагнитной конвекции;

установлено качественное согласие полученных автором результатов с данными известных теоретических и экспериментальных исследований.

Личный вклад соискателя состоит в создании экспериментальных установок и методик проведения экспериментов, получении данных и их последующей обработке, участии в обсуждении результатов, написании статей в научные журналы 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.

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", утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 года.

На заседании 05 декабря 2019 г. диссертационный совет принял решение присудить Сидорову А.С. 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.

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



 / Матвеев В.П

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

 / Зуев А.Л.

06 декабря 2019 г.