

## ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу **Колчанова Николая Викторовича**

**«Гравитационная конвекция в горизонтальном слое магнитной жидкости»,**  
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по  
специальности

01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы

Диссертация Колчанова Н.В. посвящена изучению тепловой конвекции в магнитных жидкостях. В качестве объектов исследования в работе рассмотрены плоские слои магнитной жидкости в полостях толщиной 2-3 мм, помещенные в термостатированный объем при перепаде температуре на границах слоя от 0 до 12 °С.

Диссертантом четко сформулирована **цель и задачи работы**, которые заключаются в «экспериментальном исследовании гравитационной конвекции в подогреваемом снизу горизонтальном слое магнитной жидкости в условиях слабой и умеренной надкритичности с целью получения информации о конвективных течениях, их особенностях, зависимости структуры течения и интегрального теплопереноса от средней температуры и начального состояния магнитной жидкости».

Актуальность темы диссертационной работы связана с несколькими обстоятельствами:

1. В связи с миниатюризацией блоков и элементов электронной техники, а также бурным развитием микрофлюидики все более актуальным становится развитие разработкой малогабаритных устройств теплообмена.

2. Систему конвективных течений в горизонтальном слое магнитной жидкости можно рассматривать как модельную среду, в которой в лабораторных условиях можно смоделировать конвективные процессы, происходящие в атмосферах Земли и других планет.

3. Межчастичные взаимодействия и образование агрегатов в магнитных жидкостях оказывают значительное влияние на их физические параметры и конвективные опыты могут дать дополнительную информацию о свойствах этих агрегатов.

**Достоверность результатов** подтверждается использованием высокочувствительного тепловизора и разработанной автором системой термостабилизации верхней границы измерительной ячейки, которая была выполнена из стекла из LiF, прозрачного для ИК-излучения. Для анализа термограмм применялся метод построения трековых изображений. Для пульсаций температуры в точках на поверхности магнитного коллоида строились Фурье-спектры и вейвлет-диаграммы. Измерение вязкости производилось с помощью капиллярного вискозиметра ВПЖ-2, оснащенного оригинальными датчиками, позволяющих проводить измерения для оптически непрозрачных жидкостей.

**Структура диссертации.** Диссертация состоит из введения, главы с обзором литературы, трех глав с результатами исследований, заключения и списка литературы из 200 наименований. Работа изложена на 115 листах и содержит 46 рисунков и 5 таблиц.

**Во введении** обоснована актуальность исследуемой проблемы и определена степень её разработанности, четко сформулированы цель и задачи диссертационной работы, описана научная новизна работы и перечислены полученные в диссертации новые

результаты, указана практическая и теоретическая ценность работы, описана методология и методы исследований, определен личный вклад автора в полученные результаты.

**В первой главе** представлен достаточно подробный и качественный обзор публикаций по тематике диссертации, где обсуждаются оригинальные работы, монографии и научные обзоры по составу и структурным особенностям магнитных жидкостей, значительный раздел посвящен одному из ключевых понятий всей работы – конвекции. Рассматриваются статьи и другие литературные источники, посвященные изучению гравитационной конвекции в горизонтальном слое однокомпонентной, бинарной, многокомпонентной молекулярной и магнитной жидкостей.

**Во второй главе** рассмотрена методика проведения эксперимента, схема и элементы экспериментальной установки. Основной особенностью методики является применение прозрачных для инфракрасного излучения материалов при изготовлении рабочей полости. Подробно представлена система термостатирования, разработанная в рамках диссертационной работы. Проведена апробация как с однокомпонентными органическими жидкостями (ундеканом и гексадеканом), так и многокомпонентной молекулярной жидкостью – трансформаторным маслом. Так же во второй главе приводятся и анализируются результаты измерений физических параметров магнитной жидкости, в том числе вязкости. Описана методика модернизации вискозиметра ВПЖ-2 для измерения вязкости оптически непрозрачных жидкостей. Для описания полученных использована модифицированная модель Чонга с двумя подгоночными коэффициентами.

**Третья глава** посвящена исследованию гравитационной конвекции в горизонтальном слое керосиновой магнитной жидкости. Проведено две серии экспериментов, отличающиеся друг от друга выбором начального состояния жидкости. Для первой серии (жидкость находилась в неподвижном состоянии) исследованный диапазон  $Ra$  разделен на три области, показано, для второй области характерны нестационарные квазирегулярные колебательные течения с упорядоченной пространственной структурой и колебаниями температуры с периодом 7-9 мин. Для второй серии экспериментов (жидкость предварительно перемешивалась посредством конвекции) в зависимости от числа  $Ra$  также наблюдалось три режима, в среднем из которых наблюдалось крупномасштабное вихревое движения температурных возмущений.

**В четвертой главе** исследованы конвективные режимы в магнитной жидкости на основе ундекана при различных значениях средней температуры и числа Рэлея. Построена карта конвективных режимов, на которой, кроме механического равновесия, выделен режим, при котором возникают конвективные структуры, которые состоят из устойчивых нисходящих потоков, имеющих трехмерное строение с почти осевой симметрией, и неустойчивых восходящих потоков; а также режим с наличием трехмерных конвективных структур, меняющих свое местоположение вдоль горизонтального слоя неупорядоченным образом. Проведен графический анализ, построены средние энергетические Фурье- спектры пульсаций температуры  $\theta(\tau)$ . Сделано предположение о влиянии процесса агрегации магнитной жидкости на формирование нестационарных режимов конвекции с упорядоченной пространственной структурой.

**В заключении** перечислены основные результаты исследований, изложенных в диссертации.



К **достоинствам диссертации** следует отнести разработку новых, конструктивно сложных экспериментальных установок, разнообразные способы анализа полученных термограмм: графический анализ, построение трековых кривых, измерение колебаний температуры в различных точках, использование Фурье-спектров и вейвлет-анализа для выявления периодических процессов. Все задачи, представленные в диссертации, имеют четкую и ясную математическую формулировку. Результаты решения задач подробно проанализированы, из них выделены основные положения, которые лаконично, но достаточно полно, сформулированы в конце каждой главы и в заключении к диссертации.

К работе могут быть высказаны следующие **замечания**:

1. Основным измерительным прибором является высокочувствительный тепловизор, однако ни в тексте автореферата, ни в диссертации не указана его марка, приведены только единичные технические характеристики.

2. В разделе 2.3.2. диссертации, посвященном исследованию конвекции в многокомпонентном жидкости-носителе, в качестве объекта исследования выбрано трансформаторное масло, что нелогично, так как в дальнейшем исследуется магнитная жидкость на основе керосина.

3. Для графиков, представленных на рисунках 4,7 в автореферате и 26-27, 33 диссертации погрешность определения числа Нуссельта для экспериментов 1,2 для различных чисел Рэлея отличается на порядок, хотя экспериментальные точки получены путем последовательных измерений

4. В тексте автореферата и диссертации в части описании чувствительности используемого тепловизора указано, что он является «прибором, позволяющим различать объекты, температуры которых отличаются на  $0.02\text{ }^{\circ}\text{C}$  и больше». Графики, представленные на рисунках 5 автореферата и 28в, 29, 31в, и т.д. содержат информацию о возмущениях температуры в точке на поверхности меньших, чем приведенное в характеристиках прибора  $0.02\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

5. На графике пульсаций температуры с течением времени в двух точках, первоначально одна из которых относится в нисходящему потоку, а вторая к восходящему, представленных на рисунке 43в диссертации наблюдается более 10 пересечений кривых и смен знака значения пульсации, что противоречит трековым изображениям для данного режима, представленным на рисунке 44 в диссертации, на которых с увеличением температуры температура поверхности выравнивается, и конвективная «сетка» исчезает.

**Анализ диссертационной работы** показывает, что содержание и структура диссертации находятся в логическом единстве и соответствуют поставленной цели исследования. **Выдвигаемые соискателем положения, а также сформированные выводы достоверны.**

**Основные результаты и выводы диссертационной работы опубликованы в международных рецензируемых журналах, входящих в первый квартиль Scopus, Web of Science и рекомендованных ВАК.** Эти результаты хорошо известны специалистам, работающим с магнитными жидкостями по докладам автора на Международных и Всероссийских конференциях. Диссертация хорошо оформлена и легко читается. Текст автореферата соответствует содержанию диссертации.

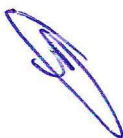
**Заключение.** Сделанные замечания не носят принципиального характера. Диссертация Колчанова Н.В. выполнена на хорошем научном уровне. Автор имеет большое число публикаций по теме диссертации, включая две статьи в международных

журналах, входящих в базы данных Scopus, Web of Science и рекомендованных ВАК. Он многократно докладывал свои результаты на российских и международных научных конференциях. Диссертация является научно-квалификационной работой, выполненной самостоятельно и на высоком уровне. Автором разработаны положения, совокупность которых можно квалифицировать как решение задачи, имеющей большое значение в области конвекции в жидких многофазных средах. Таким образом, диссертация «Гравитационная конвекция в горизонтальном слое магнитной жидкости» соответствует требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор, **Колчанов Николай Викторович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 - механика жидкости, газа и плазмы.**

Официальный оппонент:

Декан естественно-научного факультета,  
кандидат физ.-мат. наук, доцент


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западного государственного университета»



Ряполов Пётр Алексеевич  
05.02.2019

Адрес: 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, д. 94., к.312  
Тел.: +7(4712) 22-25-54  
e-mail: r-piter@yandex.ru

Я, Ряполов Пётр Алексеевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.



Подпись  
Исполняющий  
специалист по кадрам

Т.А. Рязанова  
Т.А. Рязанова