

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 14.06.2018 № 14

О присуждении Полудничу Анатолию Николаевичу, гражданину России, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Надкритические конвективные течения воздуха в наклоняемой замкнутой полости» по специальности 01.02.05 «Механика жидкости, газа и плазмы» принята к защите 09.04.2018, протокол № 7, 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 Полудницин Анатолий Николаевич 1948 года рождения, в 1973 г. окончил ГОУ ВПО «Пермский государственный университет им. А.М.Горького» по специальности «Физика» (специализация «Теоретическая физика»), квалификация «Физик». В 2016 г. окончил аспирантуру заочной формы обучения в ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» по научной 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 прикладной физики ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

Научный руководитель – к.ф.-м.н. Шарифуллин Альберт Нургалиевич, доцент кафедры прикладной физики ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет».

Официальные оппоненты:

1. Просвиряков Евгений Юрьевич, доктор физико-математических наук, заведующий сектором нелинейной вихревой гидродинамики ФГБУН "Институт машиноведения Уральского отделения Российской академии наук" (г. Екатеринбург);
 2. Сухановский Андрей Николаевич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории физической гидродинамики Института механики сплошных сред УрО РАН – филиала ФГБУН "Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук" (г. Пермь)
- дали положительные отзывы на диссертацию

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики им. С.С.Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук (ИТ СО РАН), г. Новосибирск, в своем положительном заключении, составленным д.ф.-м.н., Яворским Н.И., заведующим лабораторией моделирования и утвержденном директором ФГБУН «Институт теплофизики им. С.С.Кутателадзе СО РАН», чл.-корреспондентом РАН, д.ф.-м.н. Марковичем Д.М., указала, что диссертация является законченной научной работой, в которой получены новые существенные результаты по исследованию термогравитационной конвекции в замкнутых объемах. Научная и практическая ценность результатов обусловлена

важностью полученных результатов для понимания физических механизмов особых режимов термогравитационной конвекции, которые могут реализоваться на практике и в технологических процессах, таких как проектирование и эксплуатация жилых и производственных помещений, корпусов электронных и технических устройств, шахтных выработок, салонов и контейнеров транспортных средств. Полученные результаты имеют как практическое значение, так и фундаментальную значимость, а также высокую степень новизны и достоверности. Представленная диссертационная работа «Надкритические конвективные течения воздуха в наклоняемой замкнутой полости» 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 Полудницин А.Н. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы.

Соискателем опубликовано 13 научных работ, в том числе 3 статьи в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень, рекомендованный ВАК:

1. Шарифулин А.Н., **Полудницин А.Н.**, Кравчук А.С. Лабораторное моделирование нелокального возникновения тропического циклона // Журнал экспериментальной и теоретической физики. 2008. Т. 134. № 6. С. 1269-1273. (Sharifulin A.N., Poludnitsin A.N., Kravchuk A.S. Laboratory Scale Simulation of Nonlocal Generation of a Tropical Cyclone // Journal of Experimental and Theoretical Physics. 2008. V.107. № 6. P.1090-1093).
2. Шарифулин А.Н., **Полудницин А.Н.** Экспериментальное определение пределов существования аномального конвективного течения в наклоняемом кубе // Прикладная механика и техническая физика. 2014. Т. 55. № 3(325). С. 103-112. (Sharifulin A.N., Poludnitsin A.N. Experimental determination of limits of existence of anomalous convective currents in tilted cube // Journal of Applied Mechanics and Technical Physics. 2014. V. 55. № 3. P. 462-469).
3. Шарифулин А.Н., **Полудницин А.Н.** Численное определение границ существования аномального конвективного течения в наклоняемом прямоугольном цилиндре // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Физико-математические науки 2016. № 2(242). С. 116-125. (Sharifulin A.N., Poludnitsin A.N. The borders of existence of anomalous convection flow in the inclined square cylinder: numerical determination // St. Petersburg Polytechnical University Journal: Physics and Mathematics. 2016. V. 2. № 2. P.150-156).

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

1. Положительный отзыв официального оппонента Просвирякова Е.Ю. В отзыве представлен анализ содержания диссертации, отмечается актуальность темы диссертации; новизна, научная и практическая значимость полученных результатов; обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций. Оппонент отмечает следующие замечания по диссертации и автореферату:

- Замечание об указанном на странице 6 в диссертации количестве глав – две, а на самом деле их три.
- В тексте третьей главы не дано пояснение выбора количества узлов для разностной сетки по координатам и условия выбора шага по времени. Если выбор шага по времени обусловлен только ограничением Куранта, то можно было принять и другой шаг по времени. В тексте диссертации об этом и говорится, но не понятна процедура выбора такого шага.
- Целесообразно было в диссертации поставить библиографическую ссылку перед формулой (2.1) для случая $\alpha = \pi$ по аналогии с отсылкой к работе [102] для случая $\alpha = 0$.
- На рисунке 2.6 не расшифрованы цвета кривых, соответствующих показаниям термопар. Они показаны только на рисунке 2.7.

2. Положительный отзыв официального оппонента Сухановского А.Н. В отзыве отмечено, что диссертация содержит новый экспериментальный материал и результаты численных расчетов, которые убедительно показали, что наклон полости является важным фактором определяющим структуру и динамику конвективных течений. Оппонент отмечает следующие замечания:

- Замечание об отсутствии в тексте оценок влияния толщины стенок на распределение температуры и измерений температуры на стенках для проведенных экспериментов.
- Замечание об отсутствии в тексте объяснений, чем обусловлен выбор расположения термопар, является ли он оптимальным.
- Из результатов не до конца ясно как долго может существовать аномальный режим, может ли при достаточно долгом ожидании произойти смена аномального режима на нормальный.
- Начальные углы, используемые для компенсации геометрических особенностей модели достаточно велики, что приводит к изначальному отклонению от горизонта на величину около 4 мм, что для ребра длиной в 40 мм, является заметной величиной. Просьба пояснить причину столь значительных смещений для организации исходного течения.
- В диссертации не приводится статистика появления валов с ориентацией вдоль оси X и вдоль оси Y в исходном состоянии (без углового отклонения).
- Изменения угла производились с переменным шагом, вплоть до 5 градусов, однако данных о влиянии величины шага на эволюцию течения не приведены.
- На рис. 2.7 и рис. 2.8 при надкритичности равной 2.5, при нулевом угле отклонения вал разрушается. Этот результат вызывает вопрос о том, почему в надкритическом режиме не происходит формирования валикового движения. Также и для других надкритичностей бифуркационные диаграммы проходят через ноль. Так как по методике проведения эксперимента в каждом положении достигалось стационарное состояние, непонятно почему при определенном угле отсутствует валиковая циркуляция.
- В работе представлен очень интересный результат, а именно наличие интенсивных колебаний в аномальном режиме, однако физической интерпретации природы этих колебаний не приведено.
- Касательно расчетной части, непонятно почему расчеты проводились в двумерной постановке, ведь хорошо известно, что конвективные течения в замкнутых полостях носят трехмерный характер даже при небольших надкритичностях. Современные вычислительные ресурсы, при использовании собственных кодов или CFD пакетов, позволяют провести расчеты ламинарной конвекции в трехмерной постановке.
- Несмотря на качественное подобие, наблюдаются серьезные количественные расхождения между экспериментальными результатами и данными расчетов. Это касается значений характерных перепадов температуры в фиксированных точках, в эксперименте они растут с ростом надкритичности, а в расчетах уменьшаются. Критические углы в расчетах заметно больше по своей величине, максимальный критический угол в эксперименте достигается при надкритичности 20, а в расчетах при надкритичности 3.3. Это еще раз говорит о необходимости проведения расчетов в трехмерной постановке.

3. Положительный отзыв ведущей организации. В отзыве отмечается, что диссертация является законченной научной работой, в которой получены новые существенные результаты по исследованию термогравитационной конвекции в замкнутых объемах. Научная и практическая ценность результатов обусловлена важностью полученных результатов для понимания физических механизмов особых режимов термогравитационной конвекции, которые могут реализоваться на практике и в технологических процессах, таких как проектирование и эксплуатация жилых и производственных помещений, корпусов электронных и технических

устройств, шахтных выработок, салонов и контейнеров транспортных средств Полученные результаты имеют как фундаментальное значение, так и существенную практическую значимость. Ведущая организация отмечает следующие замечания:

- На с.49 в тексте перепутаны рис. 2.5a и рис 2.5b, вместо рис. 2.5c, 2.5b, 2.5e и 2.5f указаны не существующие 3.5c, 3.5b, 3.5e и 3.5f. Следует сказать, что формы, указанные на рис. 2.5c, 2.5b, 2.5e и 2.5f соответствуют скорее результатам численных расчетов, а не эксперименту. Если проанализировать эксперимент, то получается совсем другая несимметричная картина.
- Неудачен термин бифуркационные диаграммы. На этих диаграммах не показана бифуркация, нет точки ветвления. Это кривые перехода от одного режима к другому. Так и следовало их назвать.
- На с.56 приведено неудачное выражение «вектор направления циркуляции». Циркуляция вектора скорости по определению скаляр, поэтому меняется ее знак.

На автореферат поступило 5 отзывов:

1. Положительный отзыв от Палымского И.Б., д.ф.-м.н., профессора кафедры физики Сибирского государственного университета связи и информатики (СибГУТИ), г. Новосибирск (1 замечание);
2. Положительный отзыв от Королькова А.В., д.ф.-м.н., профессора секции компьютерных систем и сетей космического факультета Мытищинского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), Московская обл., г. Мытищи (2 замечания);
3. Положительный отзыв от Шварца К.Г., д.ф.-м.н., профессора кафедры прикладной математики и информатики механико-математического факультета ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», г. Пермь (без замечаний);
4. Положительный отзыв от Полевикова В.К., к.ф.-м.н., доцента кафедры вычислительной математики факультета прикладной математики и информатики Белорусского государственного университета, г. Минск (2 замечания).
5. Положительный отзыв от Пивоварова Д.Е., к.ф.-м.н., старшего научного сотрудника НИИ механики Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, г. Москва (6 замечаний);

В отзывах на автореферат содержатся следующие замечания:

- На стр.4 в «Положениях, выносимых на защиту» дважды употребляется термин граница, но не указывается в каком пространстве или на плоскости каких параметров она рассматривается.
- Непонятен смысл введения векторных полей функции тока и завихренности при описании численной задачи для двумерного течения (1-3), содержащей только скалярные компоненты этих величин. Векторные величины имели бы смысл для полной трехмерной задачи, постановка которой не упоминается в автореферате.
- Имеются синтаксически неверные выражения: «течение...может принимать лишь валовые структуры» (с.7), точнее сказать «течение может иметь только валовую структуру».
- В работе численное моделирование осуществлялось для двумерной задачи, хотя эксперимент выполнен для трехмерной. Поэтому сравнение экспериментальных и численных данных может быть только качественным.
- В тексте автореферата встречаются неясно сформулированные утверждения и грамматические некорректности.
- Кто провел линейный анализ устойчивости в квадратной полости? Если это было выполнено диссертантом, то почему это не вынесено на защиту? Линейный анализ в такой

конфигурации провести по классической схеме не представляется возможным ввиду зависимости основного течения от числа Релея.

- На стр.7 вводится понятие нормированного числа Релея (надкритичности), что некорректно с математической точки зрения. В книге А.В. Гетлинга «Конвекция Релея-Бенара» данное число называется приведенным числом Релея. Кроме того в том же абзаце утверждается, что надкритичность приближенно равна разности температур, что неверно, так как эти величины имеют различные размерности.
- В тексте содержится число Нуссельта с нижним индексом «*up*», хотя ранее было введено число Нуссельта с индексом «*U*». Вероятнее всего это опечатка.
- Чем автор объясняет ожидание в течение 10 минут после 30-секундного интервала установления в экспериментах и как определялось время выхода на стационарный режим конвекции в расчетах.
- На рис.3 при различных сценариях изменения угла наклона графики значения температур оказываются несимметричными, хотя в теории картины должны быть зеркально отражены. Чем объясняется отсутствие этой симметрии?
- Какой смысл проводить расчеты для двух типов граничных условий, если в экспериментах задавались только теплопроводные боковые грани?

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 физической гидродинамики, имеют большое число публикаций с результатами теоретических и экспериментальных 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 ФГБУН Институт теплофизики им. С.С.Кутателадзе СО РАН (г. Новосибирск) является одним из ведущих научных центров по теории теплообмена и физической гидрогазодинамики, в институте активно ведутся фундаментальные и прикладные исследования по широкому спектру проблем тепломассопереноса, гидродинамической устойчивости, вихревым течениям.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана экспериментальная установка;

предложена методика экспериментального получения бифуркационных диаграмм;

введена бифуркационная кривая, определяющая область существования аномального конвективного течения в кубической полости с теплопроводными стенками и цилиндре с квадратным сечением;

доказано существование устойчивого аномального конвективного течения и влияния на него коэффициента теплопроводности стенок.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано существование разных сценариев перехода от аномального конвективного вала к нормальному в двухмерном и трехмерном случаях. В двухмерном случае велика роль вихрей Моффата;

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

использованы термопарные методы измерения для получения температурного поля конвективного валового течения, а также компьютерные методы обработки сигналов термопар; **изложены** результаты экспериментального исследования крупномасштабного конвективного течения в наклоняемой кубической полости;

раскрыто влияние теплопроводящих стенок на динамические конвективные процессы в замкнутой полости;

изучены особенности перестройки аномального и нормального конвективных течений;

проведена модернизация подхода к оценке области существования аномального конвективного течения;

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

разработана методика измерения глубины гистерезисных переходов между аномальным и нормальным режимами конвективных течений в замкнутой полости;

определены области существования аномального конвективного течения для широкого интервала надкритичностей;

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

представлены результаты измерений глубины гистерезиса.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

экспериментальные исследования проведены на современном оборудовании, обеспечивающем воспроизводимость экспериментальных результатов;

идея базируется на математической теории бифуркаций и теории устойчивости;

использованы современные методы регистрации и обработки экспериментальных данных;

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

Личный вклад соискателя состоит в создании экспериментальной установки и отладке методики измерения, проведении экспериментальных исследований и обработке экспериментальных данных; проведение численных расчетов на компьютере, участии в отладке программы расчетов, анализе полученных результатов, написании статей в научные журналы.

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 июня 2018 г. диссертационный совет принял решение присудить Полудницину А.Н. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, 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

Матвеенко Валерий Павлович

 / Матвеенко В.П

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

А.Зуев / Зуев А.Л.

29 июня 2018 г.



М.П.