

## **ОТЗЫВ**

**на автореферат диссертации Полудницина Анатолия Николаевича на тему:  
«Надкритические конвективные течения воздуха  
в наклоняемой замкнутой полости»,  
представленной на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук  
по специальности 01.02.05 — Механика жидкости, газа и плазмы**

Работа Анатолия Николаевича Полудницина посвящена экспериментальному изучению аномального конвективного течения в ограниченной твердыми стенками кубической полости. Данное течение является ламинарным и может быть охарактеризовано образованием вихря, направление закрутки которого отлично от направления, получаемого при численном решении стационарной задачи рассматриваемой тепловой конвекции. В 2012 году профессором В.И. Полежаевым была опубликована обзорная статья в *International Journal of Heat Mass Transfer* о конвективных взаимодействиях в замкнутых полостях и их приложениях. В этой статье среди прочих рассматривались и аномальные течения, поэтому актуальность выбранной соискателем темы исследования не вызывает сомнения.

Любая экспериментальная работа, в которой ставится задача с новыми условиями, несет новизну, если исследование выполнено на должном уровне. Настоящая работа не исключение, а достоверность получаемых опытных данных неоднократно подтверждалась работами учеников Пермской гидродинамической школы. Несмотря на точную и выверенную методику измерения исследование имеет недостаток, связанный с косвенным определением структуры течения. Речь идет о снятии показания температуры с датчиков термопар, по показаниям которых делают предположения о структуре течения. Этому посвящена первая содержательная часть работы.

Естественным продолжением выполненных исследований является моделирование рассматриваемого течения с целью изучения внутренней структуры течения, чему и посвящена вторая содержательная часть работы. Однако здесь соискатель решил ограничиться решением двумерной задачи. В такой постановке наклоненным оказывается цилиндр квадратного сечения, вокруг оси которого и осуществляется поворот. Общеизвестно, что в надкритическом режиме конвекции в наклонной полости течение трансформируется в цепочку конвективных валов с осями параллельным меньшей стороне цилиндра. Таким образом, течение нельзя рассматривать в двумерной постановке. Физическую реализацию вихря вдоль всего цилиндра необходимо обосновывать. В случае численного решения это требует решения задачи с особыми начальными условиями. Отсутствие обоснования двумерных расчетов является основным недостатком работы. Тем не менее сама методика численного моделирования не вызывает нареканий, поскольку использовались численные схемы Тарунина, чьи программы хорошо верифицированы.

Текст автореферата содержит некоторые неточности:

1) На стр. 7 вводится понятие нормированного числа Рэлея (надкритичности), что некорректно с математической точки зрения. В книге А.В. Гетлинга «Конвекция Рэлея-Бенара» данное число называется приведенным числом Рэлея. Кроме того в том же абзаце утверждается, что надкритичность приближенно равна разности температур, что неверно, так как эти величины имеют различные размерности.

2) В тексте содержится число Нуссельта с нижним индексом « $cr$ », хотя ранее было введено число Нуссельта с индексом « $U$ ». Вероятнее всего это опечатка.

По прочтении текста автореферата остаются следующие вопросы, на которые хотелось бы получить ответы:

1) 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?

2) 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?

3) 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 Рэлея.

4) Какой смысл проводить расчеты для двух типов граничных условий, если в экспериментах задавались только теплопроводные боковые грани?

Несмотря на выявленные недостатки и замечания работа выполнена на хорошем научном уровне и соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», а соискатель Анатолий Николаевич Полудницин заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Я Пивоваров Дмитрий Евгеньевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

к.ф.-м.н. Пивоваров Дмитрий Евгеньевич  
старший научный сотрудник  
НИИ механики МГУ им. М.В. Ломоносова  
г. Москва, Мичуринский проспект, 1 (ком. 233)  
Телефон: +74959393120  
pivovarov@imec.msu.ru

09.06.18