

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Кондрашова Александра Николаевича «Динамика конвективного течения над локализованным источником тепла», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

В диссертационной работе А.Н. Кондрашова экспериментально и численно исследуются процессы тепломассопереноса, возникающие в результате воздействия на сплошную среду локализованных источников тепла. Относящиеся сюда вопросы традиционно привлекают большое внимание специалистов в данной области, поэтому **актуальность** темы диссертации не вызывает сомнений.

Достаточная степень **обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, достоверности результатов** обусловлена продуманными методиками экспериментальных исследований, высокой воспроизводимостью и низкими значениями случайных ошибок, использованием физически обоснованных моделей для описания гидродинамики и тепломассообмена в рассматриваемых средах, выбором апробированных расчетных методик, сопоставлением численных расчетов с лабораторными измерениями и ранее опубликованными результатами других авторов.

В диссертации содержится целый ряд **новых результатов**. Не дублируя здесь приведенный в диссертации список основных результатов, я бы особенно отметил результаты, относящиеся к конвекции над локализованным источником тепла в узком вертикальном слое и их использованию в конвективных акселерометрах. Сочетание экспериментальных и численных методов исследований существенно усиливает работу.

Полученные результаты представляются достаточно **значимыми** не только в **научном**, но и в **практическом** отношении. В частности, анализ формирования течений над нагревателями различной формы, кроме научного интереса, может оказаться полезным при проектировании электронных устройств с пассивным охлаждением. Результаты рассмотренного частного случая развития теплового плюма в узких слоях могут представлять интерес для некоторых областей геологии.

Результаты в достаточной мере **апробированы** – заслушивались и обсуждались в компетентных аудиториях. Среди изданий, в которых опубликованы основные результаты диссертации – авторитетные международные журналы, в которых публикуемые материалы подвергаются серьезной экспертизе. Это – дополнительное свидетельство достаточного уровня, содержательности и новизны результатов.

Замечания. Задача, рассматриваемая в Гл. 2 (формирование конвективного течения над локализованными источниками тепла),

существенно зависит, по меньшей мере, от трех безразмерных параметров – от чисел Рэлея, Прандтля и аспектного отношения (АО) – отношения характерного вертикального масштаба задачи (например, толщины слоя жидкости) к характерному горизонтальному масштабу (например, к горизонтальному размеру нагревателя). (Нередко аспектным отношением называют и обратную величину; это – предмет соглашения). Конвективные процессы при **больш**их значениях АО (в толстом слое жидкой среды), как известно, могут существенно, качественно отличаться от процессов в тонком слое. Мне представляется, что в Гл. 2 этой разнице не уделяется должного внимания – изучая зависимости процессов от чисел Рэлея и Прандтля, автор не комментирует то, что в каких-то случаях в работе сопоставляются процессы при качественно разных значениях АО. Я вполне допускаю, например, что карта режимов, представленная на рис. 2.7, и критические значения управляющих параметров не универсальны – они заметно изменились бы, если бы лабораторные эксперименты и расчеты были проведены с другими значениями АО, в частности, с геометрией задачи, отвечающей рис. 2.4. На мой взгляд, недостаточное внимание к особенностям геометрии задачи в различных экспериментах и расчетах – серьезный недостаток данного раздела, хотя он, отчасти, связан с понятными техническими трудностями: поле скорости было доступно для измерений в толстом слое жидкости, в то время как поле температуры – в тонком.

Не все результаты работы представляются одинаково значимыми. Например, то, что «скорость развития теплового плюма в узком вертикальном слое жидкости ниже по сравнению с неограниченным случаем», действительно, не вызывает сомнений, но едва ли и прежде кто-нибудь в этом сомневался. Да и сам автор уже в обзоре литературы пишет: «Уменьшение толщины рабочего слоя гарантированно увеличивает гидродинамическое сопротивление потоку, а значит уменьшает темп развития конвективного факела». Хорошо, что в работе это дополнительно подтверждено, но я бы не относил это к наиболее содержательным результатам, тем более, что в диссертации есть и более существенные.

При переносе формул и другой информации из диссертации в автореферат, на мой взгляд, местами упущены существенные пояснения, в частности, многие обозначения в формулах. Например, для читателя автореферата дело выглядит так, что в формуле (2) автореферата показатель экспоненты – размерная величина. (Кстати, и в тексте диссертации я не нахожу достаточных пояснений к соответствующей формуле (2.8)).

Относительно геометрии экспериментальной установки на стр. 6 автореферата сообщается: «В лабораторных условиях использовалась кубическая полость со стороной $a = 200$ мм, заполненная водным раствором глицерина». А чуть ниже в подписи к рис. 1: «Толщина слоя рабочей жидкости $h = 3$ мм". При этом опущена информация о том, что поля скорости и температуры изучались в установках с различной геометрией. Не уверен,

что читателю автореферата геометрия этой задачи останется вполне понятной.

На рис. 6 автореферата присутствуют кривые «без учета и с учетом прогрева». Но о каком «прогреве» идет речь читателю автореферата, насколько я понимаю, не сообщается. Прочитав диссертацию, я понимаю, о чем идет речь, но не уверен, что это место поймет читатель автореферата.

Некоторые замечания приходится высказать по поводу того, как организована обзорная часть диссертации. Например, раздел 1.5 озаглавлен «Установившееся течение от локализованного источника тепла». Такому заголовку, вообще говоря, отвечает весьма обширная литература. Но автор упоминает в этом разделе лишь около полутора десятков работ, которые для большинства потенциальных читателей, вероятно, будут выглядеть как выбранные случайно из большого массива публикаций. То есть, в действительности тема обзора, видимо, значительно более узкая, и в этом не было бы ничего плохого, если бы читатели были бы об этом проинформированы.

В ряде случаев в диссертации и автореферате встречаются не очень удачные, неточные формулировки, опечатки и другие подобные дефекты. Приведу некоторые примеры.

При перечислении основных результатов утверждается, что «скорость роста развитого плюма ... не зависит от тепловых условий на боковых границах» (в узком вертикальном слое). Здесь, автор, видимо, просто неудачно выразился. Это утверждение может быть справедливым только в некоторых пределах.

На стр. 15 диссертации, в начале второго абзаца, знак неравенства $b > \frac{1}{4}$, насколько я понимаю, неправильный. Видимо, по недоразумению, эта формула дублирует один из случаев, рассмотренных на предыдущей странице. Если это исправить, то, неправильными, видимо, оказываются и неравенства, следующие тремя строками ниже.

На той же странице содержится фраза: «Разделение, проведенное Маджамдер и Гавриловым, имеет важное прикладное значение для изучения множества атмосферных и геологических процессов, таких как организация смерчей и гроз». Применительно к атмосферным процессам, полезность этой классификации вызывает у меня сомнения. Конвективные струи в атмосфере обычно турбулентные; для них характерно одинаковое расширение тепловых и вязких пограничных слоев под постоянным углом; Это соответствует лишь одному частному случаю из классификации, о которой идет речь.

О штриховой линии на стр. 66, насколько я понимаю, говорится как о пунктирной (это попало и в автореферат), в то время как пунктир на рисунке тоже присутствует.

Некоторое количество неточностей нахожу в библиографии к работе. Например, в списке литературы не содержится необходимых выходных данных о ссылке [55], не приведены полные выходные данные книги [166]. В

подписи к рис. 1.7 упоминается «книга [68]». Но в списке литературы под этим номером, насколько я понимаю, в действительности, содержится не книга, а журнальная статья.

Несмотря на вышеприведенные замечания, в целом, диссертационная работа, по моему мнению, достаточно профессиональна и заслуживает положительной оценки. Автореферат диссертации, в целом, достаточно полно и правильно отражает ее содержание.

Заключение.

Полагаю, что представленный А.Н. Кондрашовым материал следует признать целостной и законченной диссертацией – научно-квалификационной работой, уровень и результаты которой соответствуют критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», а автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

Доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник ФГБУ "Научно-
производственное объединение "Тайфун"
(Росгидромет)



Ингель Лев Ханаанович
10.10.2019

Адрес: 249038, Россия, Калужской обл., г. Обнинск,
ул. Победы, 4, ФГБУ «НПО «Тайфун».
Телефон – 8-903-026-62-35
E-mail: lev.ingel@gmail.com

Подпись Ингеля Л.Х. заверяю

Ученый секретарь
ФГБУ "НПО "Тайфун"




А.И. Бурков