

ОТЗЫВ

официального оппонента Дулина Владимира Михайловича на диссертационную работу Войткова Ивана Сергеевича «Экспериментальное исследование температуры и скорости парогазовой смеси за испаряющимися каплями жидкости при их движении через высокотемпературные газы», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Диссертация Войткова И.С. посвящена экспериментальному исследованию тепломассообмена при движении и испарении капель воды в воздухе или продуктах горения керосина при высокой температуре до 10^3 К. В диссертации также рассмотрены особенности теплообмена для аэрозолей воды с добавками солей, глины, ПАВ и пенообразователя. На основе результатов проведенных экспериментов сделаны выводы, что полнота испарения капель воды может быть существенно повышена с использованием таких добавок. Полученные в работе научные результаты имеют важную **практическую ценность**, так как могут быть использованы при разработке средств пожаротушения, проектировании тепломассообменных аппаратов, камер сгорания и других технических устройств. Полученные данные также востребованы для верификации и развития математических моделей, применяемых для численного расчета теплообмена в дисперсных высокотемпературных потоках, что объясняет **актуальность** работы.

Научная новизна обусловлена тем, что в работе впервые исследована пространственная структура поля скорости и температуры в следе за одной и несколькими испаряющимися каплями с использованием панорамных оптических методов. Экспериментальные данные о динамике потока для группы капель / частиц в литературе практически не представлены. Важными являются результаты изменения температуры в следе за каплями воды с примесями. О **научной значимости** результатов свидетельствуют публикации в высокорейтинговых журналах *International Journal of Heat Mass Transfer*, *Experimental Thermal and Fluid Science*, *International Journal of Multiphase Flow*. Результаты работы прошли достаточную апробацию на научных конференциях в 2015–2018 годах.

Достоверность результатов подтверждена их повторяемостью, удовлетворительным соответствием данных в пределах области применимости методов и погрешности измерений, выполненных различными методами при одних и тех же условиях.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка условных обозначений и символов, списка литературы из 161 источника. Общий объем работы оставляет 178 страниц, включая 68 рисунков и 5 таблиц. **Автореферат** в полной мере отражает содержание диссертации.

Во введении приведена общая характеристика работы, представлено краткое содержание диссертации, обозначены цель и задачи работы, перечислены выносимые на защиту положения, акцентирована теоретическая и практическая значимость результатов, сформулирована научная новизна работы.

В первой главе представлен обзор литературы по экспериментальным и теоретическим исследованиям процессов теплообмена при движении капель в газовой среде. Описан ряд теплотехнических систем, где реализуются газочапельные течения.

Во второй главе описаны методы исследования – экспериментальные стенды и измерительное оборудование. Представлены основные принципы работы панорамных оптических методов измерения. Указаны основные источники погрешности.

В третьей главе представлены результаты измерений по задачам исследования пространственных распределений скорости и температуры в следе за одной и несколькими каплями воды и твердыми частицами, характеристики высокотемпературного газового потока после впрыска воды с добавками. В конце работы сформулировано заключение.

К диссертации имеются **замечания**:

1. К сожалению, в обзоре литературы не были упомянуты классические работы С. Соу, Р.И. Нигматулина, Б.Г. Покусаева, А.А. Шрайбера, М.Е. Деича, Л.И. Зайчика. Также выглядит необычным, что практически треть источников литературы опубликована коллективом, где работает соискатель. Это обстоятельство может вызвать ложное впечатление, что выбор литературы был предвзятым.

2. На основе обзора литературы соискатель делает вывод, что «Целесообразно получение пространственных полей температуры и скорости с последующим изучением эффектов их неоднородности и нестационарности». Исходя из данного заключения и того факта, что в работе были использованы панорамные методы анемометрии и термометрии, остается неясным, почему автор не уделил больше внимания исследованию нестационарных эффектов и анализу пространственных неоднородностей в потоке. Подобные исследования в литературе носят буквально единичный характер.
3. Включение всех результатов в одну главу усложняет восприятие материала. Структура диссертации могла бы быть улучшена путем разделения третьей главы на две отдельные главы (например, по результатам исследования теплообмена для нескольких отдельных капель и для аэрозолей) с соответствующими выводами.
4. В работе не обсуждается, как возможное осаждение капель на элементы термопары могло повлиять на результаты измерений температуры газа при прохождении аэрозоля.
5. При обобщении результатов и формулировке выводов следовало использовать стандартные безразмерные комплексы (число Стокса, Шервуда, Рейнольдса) вместо размерных значений характерной скорости, времени и температуры.
6. В тексте диссертации присутствуют неточные высказывания. Например, на стр. 6 при описании преимуществ газо-парокапельных технологий указано, что «Появляется возможность повысить температуру до 1000 К при атмосферном давлении», но не указано температуру чего. Также, оформление иллюстраций в некоторых случаях требует улучшения. В частности, в подписи к Рис. 2.8 отсутствуют обозначения, разброс точек на Рис. 3.36а, 3.39а, 3.40б затрудняет восприятие результатов. Также, некоторые используемые термины выбраны не очень удачно, например, «*время сохранения* пониженных температур», «след аэрозоля».

Сделанные замечания не снижают научной и практической ценности представленной работы, в которой содержатся решения задач, способствующих повышению достоверности численного моделирования теплофизических

процессов в высокотемпературных дисперсных системах, в том числе при проектировании нового теплотехнического оборудования. Диссертационная работа является законченным научным исследованием, соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям пунктом 9 действующего Положения о присуждении ученых степеней, а её автор, Войтков И.С. заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Официальный оппонент
старший научный сотрудник
лаборатории физических основ
энергетических технологий ИТ СО РАН,
доктор физико-математических наук
(01.04.14 –Теплофизика и теоретическая теплотехника)

Дулин Владимир Михайлович
тел.: +7(383)3356684, e-mail: vmd@itp.nsc.ru

28 ноября 2018 г.

Подпись Дулина Владимира Михайловича удостоверяю
Ученый секретарь ИТ СО РАН

М. С. Макаров

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт
теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии
наук (ИТ СО РАН)

Россия, 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, д. 1.
телефон: +7(383) 330-70-50 факс: +7(383) 330-84-80
e-mail: director@itp.nsc.ru web: <http://www.itp.nsc.ru>