

Отзыв

официального оппонента на диссертацию

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

Актуальность темы. Развитие газопарокапельных технологий имеет большое значение для интенсификации теплоэнергетических процессов. Изучение физических процессов при движении аэрозольных потоков через высокотемпературную среду способствует, повышению экономических и экологических показателей оборудования. Так как решение подобных задач должно сопровождаться анализом процессов теплообмена капли с газовой средой, то диссертант разделил работу на две части – изучение теплообмена аэрозольного облака с газовой средой и исследования теплообмена одиночной и малой группы капель с натекающим газовым потоком. По замыслу при такой комбинации можно достоверно определить основные механизмы формирования температурных и концентрационных полей, а также численные значения ключевых параметров в окрестности капель. Таким образом, тема диссертации Войткова И.С. является актуальной и важной. Еще одним свидетельством актуальности темы может служить поддержка исследований диссертанта грантами Российского научного фонда.

Структура диссертационной работы. Диссертация изложена на 178 страницах, состоит из трех глав, введения, заключения, списка литературы из 161 источника, содержит 68 рисунков и 5 таблиц.

Во введении автор обосновывает актуальность работы, формулирует цель и задачи исследования, излагает научную новизну, практическую значимость работы и основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе приведен аналитический обзор современного состояния науки в области исследования двухфазных течений, образованных при смешении газовых и капельных потоков.

Вторая глава посвящена описанию методики проведения исследований и разработки экспериментальных стендов с использованием оптических методов цифровой трассерной визуализации.

В третьей главе представлены результаты исследований основных факторов, влияющих на температурный и аэродинамический след, выполнено варьирование определяющих параметров в широком диапазоне.

В заключении сформулированы основные результаты диссертации.

Цель работы – экспериментальное определение численных значений основных параметров температурных и аэродинамических следов одиночных капель, их малых групп, жидкостного аэрозоля при движении через высокотемпературные газы (воздух, продукты сгорания, их смесь).

Для достижения этой цели автором разработана экспериментальная методика исследования, установлены закономерности процессов снижения температуры и скорости парогазовой смеси в следе капель жидкости, определены перепады температуры в парогазовой смеси вследствие впрыска капельного потока и ввода одиночных и малой группы капель.

Текст диссертации оригинален, написан ясным языком, случаев заимствования текста без ссылок не выявлено.

Научная новизна. К новым научным результатам можно отнести:

- Температура в следе капли воды значительно ниже (на 30–40 %), чем в опытах с твердыми частицами идентичных размеров. Установлено влияние первой капли на условия испарения второй (времена испарения первой и каждой последующей каплей отличаются более чем на 30 %).

- Повышение скорости движения потока разогретого воздуха, например, до 5 м/с приводит к существенному росту размеров аэродинамического следа капель (более чем в 4 раза), но при этом

максимальные значения уменьшения температуры воздуха значительно снижаются (в 2–3 раза).

- Времена сохранения пониженных температур в следе капли в зависимости от длительности импульса подачи воды отличаются незначительно, в частности, увеличение длительности импульса в 5 раз влечет за собой рост времени τ менее, чем в 2 раза.

- В результате проведенных экспериментов определены диапазоны изменения температур (от 20 до 140 К) в следе капельного потока, а также значения времен сохранения пониженных температур смеси водяных паров и продуктов сгорания в следе капельного потока (от 3 с до 24 с).

- Установленные в опытах с аэрозолем зависимости $\tau=f(t_{\text{imp}})$ показывают, что для поддержания необходимого температурного режима целесообразна импульсная подача воды. При этом время одного импульса следует выбирать в диапазоне от 1 до 3 с. Это, в свою очередь, позволит существенно сократить расход воды.

- Для полного испарения группы последовательно перемещающихся в потоке высокотемпературных газов капель жидкости необходимо обеспечить расстояние между ними не менее $(10-12) R_d$ (в зависимости от температуры и скорости движения газового потока). Предложены аппроксимационные выражения, связывающие определяющие характеристики с разными условиями впрыска аэрозоля.

Практическая значимость. Полученные результаты экспериментов и их анализ могут быть использованы при разработке и совершенствовании перспективных высокотемпературных газопарокапельных технологий таких как: термическая или огневая очистка воды; пожаротушение с импульсной подачей капельных потоков; контактные теплообменники; охлаждение теплонагруженных конструкций энергетического оборудования.

В заключительной главе диссертации приведены результаты расчетов возможных количественных эффектов от использования результатов исследований автора при выпаривании примесей, создании теплоносителей

на основе дымовых газов, паров и капель воды, а также насколько можно оптимизировать расходование воды при тушении пожаров.

Достоверность результатов обеспечивается удовлетворительной повторяемостью результатов опытов при одинаковых начальных значениях основных параметров и подтверждается оценками систематических и случайных погрешностей результатов измерений.

Апробация. По теме диссертации опубликованы 25 научных работ, в том числе 14 статей в журналах, включенных в рекомендованный ВАК перечень рецензируемых научных изданий, включая 7 статей в научных изданиях, входящих в Web of Science и Scopus, 3 публикации в сборниках материалов международных научных конференций; получен 1 патент на изобретение. Особенно можно отметить группу статей в журналах 1–2 квартиля Web of Science, иллюстрирующую мировой уровень исследований автора диссертации: International Journal of Heat and Mass Transfer, International Journal of Multiphase Flow, Experimental Thermal and Fluid Science, Thermal Science. Полученные автором результаты докладывались на конференциях разного уровня, проводимых в Москве, Новосибирске, Томске и других городах.

Содержание автореферата полностью соответствует основным положениям диссертации.

Замечания и пожелания:

1. Назначение и ключевые параметры экспериментальных стендов приведены в разных главах, что затрудняет составить цельную картину инструментальных возможностей диссертанта.

2. Ключевой вопрос экспериментов с одиночными каплями состоит во влиянии материала держателя на результаты измерений. Очевидно, что держатель прогревается и способствует дополнительному прогреву капли, меняется площадь контактного пятна, однако оценка этого влияния отсутствует. При наличии высокоскоростной видеорегистрации можно было провести эксперименты с падающими каплями без держателей.

3. Не проведено сравнение оригинальных результатов прямых измерений параметров температурных и аэродинамических следов, выполненных диссертантом, с результатами других специалистов по математическому моделированию процессов тепломассопереноса в системе «капля воды – газ» с акцентом на температурные и газовые следы.

4. Из текста диссертации и автореферата осталось непонятным, насколько могут измениться размеры и характеристики температурных и аэродинамических следов (например, средние температуры и скорости) в случае одиночных неоднородных капель жидкостей. Из сравнения данных для аэрозоля и одиночных капель воды такие оценки выполнить сложно.

5. При обосновании практической значимости результатов исследований диссертант привел расчет потенциальной экономии при выпаривании примесей за счет распределенной во времени и пространстве подачи аэрозоля, чтобы учесть установленные характеристики температурного и аэродинамического следов. Этот результат носит частный характер. Можно пожелать автору провести более широкие оценки, чтобы учесть возможные перспективы приложения экспериментальных результатов.

Заключение. Несмотря на эти замечания, диссертационная работа Войткова И.С. заслуживает общей положительной оценки и представляет собой завершённое научное исследование, выполненное автором самостоятельно на высоком уровне. Данная диссертация полностью отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям пунктом 9 действующего Положения о присуждении ученых степеней, и является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, связанной с исследованием основных факторов, оказывающих значимое влияние на температурные и аэродинамические следы испаряющихся капель и имеющей значение для развития газопарокапельных технологий, а также теории высокотемпературных эндотермических фазовых превращений. Методы исследования и полученные диссертантом результаты

свидетельствуют о высокой квалификации соискателя. Считаю, что Войтков Иван Сергеевич **заслуживает** присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

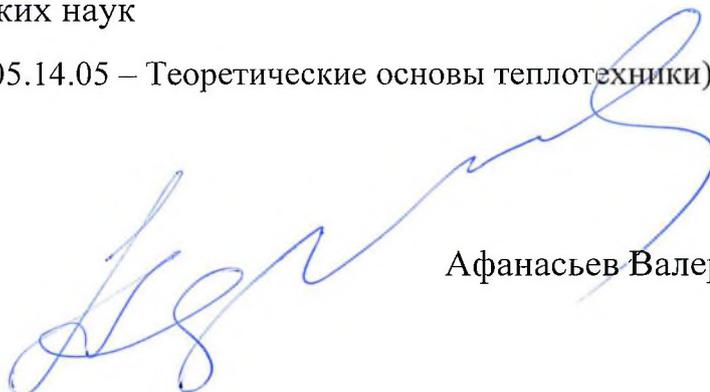
Официальный оппонент –

профессор кафедры Э-6 «Теплофизика»

доктор технических наук

(специальность 05.14.05 – Теоретические основы теплотехники),

профессор



Афанасьев Валерий Никанорович

23.11.2018

Подпись Афанасьева Валерия Никаноровича удостоверяю



А. Г. МАТВЕЕВ
УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВ
ТЕЛ. 8499-263-67-69

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»
105005, г. Москва, ул. 2-я Бауманская д. 5, стр.1,
8 (499) 263-63-91, bauman@bmstu.ru, <http://www.bsmtu.ru>.