

МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственный научный центр Российской Федерации  
Федеральное государственное унитарное предприятие  
**«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ  
АЭРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
имени профессора Н.Е.Жуковского»  
ФГУП «ЦАГИ»**

140180 Московская обл., г. Жуковский, ул. Жуковского, д. 1  
тел.: (495)556-4205, факс: (495)777-6332  
E-mail: <http://www.tsagi.ru>  
ОКПО 07542112, ОГРН 1025001624471  
ИНН / КПП 5013009056/504001001

13.11.2018 № 40/2-10-9530

На № \_\_\_\_\_



### ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Буляккулова Марселя Маратовича "Взаимодействие высокоскоростного гетерогенного потока с элементами конструкции ЛА", представленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника»

Дисперсные течения распространены в широком спектре технологических процессов и их исследование безусловно представляет большой практический интерес. Так, например, присутствие даже незначительного количества частиц может привести к возрастанию теплового потока в несколько раз. Скоростная неравновесность дисперсных течений приводит к значительным ошибкам трассерных методов визуализации и диагностики. Исследование дисперсных течений осложняется взаимным влиянием частиц на параметры несущей фазы.

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ

Вх. № 20 11 2018

015582

“ УТВЕРЖДАЮ”

Заместитель Генерального директора

по научной деятельности,

доктор физико-математических наук

Медведский А.Л.

2018 г.



Ввод в поток малого количества частиц может привести к заметной ламинаризации или турбулизации течения в зависимости от режима. Поэтому выбор темы исследований вполне обоснован **актуальностью** решения проблем тепло-массообмена, сопровождающего взаимодействие высокоскоростного двухфазного потока с твердым телом.

**Апробация** работы представлена в виде докладов на 3х всероссийских и 2х международных научных конференциях.

**Практическая значимость** обоснована тем, что представленные в работе обзоры по методам и результатам исследований дисперсных течений представляют интерес для широкого круга специалистов.

**Новизна** исследования состоит в оригинальном анализе методов исследования и измерения параметров высокоскоростных дисперсных течений.

**Достоверность** полученных данных обоснована наличием ссылок на работы, из которых взяты представленные в обзоре иллюстрации, и совпадением результатов расчета с данными работы проекта РФФИ (номер проекта приведен, ссылки на публикацию нет), отмеченных на графиках треугольниками.

**Публикации** по материалам диссертации представлены в виде 2х статей перечня ВАК и 4х тезисов докладов на конференциях.

**В первой главе** представлен интересный обзор дисперсных течений в различных областях техники и некоторые особенности таких течений.

Рассмотрены различные установки экспериментального исследования двухфазных течений и их взаимодействия с твердыми телами.

**Во второй главе** приведен обзор методов измерения параметров аэрозольных течений и моделей коэффициентов сопротивления частиц. Обзор дан для моделей, в которых пренебрегается вращением частиц, движением в сдвиговых слоях, экраным эффектом, несферичностью формы, присоединённой массой газа, наследственной силой Бассе и рядом других факторов.

**Третья глава** посвящена моделированию сверхзвукового течения газа, траекторий и скорости частиц вблизи затупленного тела с помощью американской программы ANSYS CFX. Иллюстративно показано отличие скорости газа от скорости частиц различного диаметра вдоль их траекторий. Приведены изображения двумерных полей параметров несущей частицы газовой фазы дисперсного потока вблизи затупленного тела.

**В четвертой главе,** на основании закона сохранения энергии, предложена физическая модель эрозии поверхности твердого тела частицами. На основании экспериментальных данных получено эмпирическое соотношение.

**В пятой главе,** на основании анализа экспериментальных работ, предложены оригинальные методы и модели исследования теплоэрозионных воздействий двухфазных течений. Приведены иллюстрации из работ других исследователей.

#### **Основные замечания:**

1. Недостаточно ясно обозначена научная новизна работы. Например, в рекомендованных ВАК журналах, соискателем опубликованы результаты, посвященные расчетам обтекания затупленного тела сверхзвуковым двухфазным потоком. Расчеты выполнены в упрощенной (по сравнению с другими исследователями) постановке, путем решения известных уравнений,



стандартными численными методами с помощью коммерческой программы ANSYS CFX.

2. Из текста диссертации не ясно, как учитывалось влияние частиц на несущую фазу дисперсного потока и теплообмен с обтекаемым телом, которое существенно даже при массовой концентрации частиц менее 10%. Так, например, в работах Э.Б. Василевского (см., например, Vasilevskii E.B., Osiptsov A.N., Chirikhin A.V., Yakovleva L.V. Heat exchange on the front surface of a blunt body in a high-speed flow containing low-inertia particles // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 2001. V. 74. № 6) показано, что даже при массовой концентрации частиц в 1% тепловой поток, на поверхности затупленного тела, может возрасти более чем в 2 раза по сравнению с соответствующим однофазным потоком.

3. При исследовании двухфазных течений большие достоинства имеют методы панорамной оптической диагностики. Отдельного внимания заслуживает лазерный доплеровский фазовый анализатор, позволяющий измерять не только скорость частиц, но и распределение их по размерам. В главах диссертации, посвященных обзору методов и средств диагностики, обозначенные выше подходы, не рассмотрены.


Сделанные замечания имеют характер пожеланий для дальнейшей работы и не снижают общую положительную оценку работы. Автореферат диссертации соответствует ее содержанию.

Диссертационная работа Буляккулова Марселя Маратовича «Взаимодействие высокоскоростного гетерогенного потока с элементами

конструкции ЛА» удовлетворяет требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Буляккулов М.М. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

Диссертационная работа Буляккулова Марселя Маратовича была обсуждена на НТС НИО-8 ФГУП «ЦАГИ» 06.11.2018, протокол № 11.

Главный научный сотрудник ФГУП «ЦАГИ»,  
доктор технических наук, доцент

  
Эдуард Борисович Василевский  
13 ноября 2018 г.

Центральный аэрогидродинамический институт  
им. проф. Н.Е. Жуковского  
140180 г. Жуковский, ул. Жуковского 1  
E-mail: vasilevskii@yandex.ru  
тел. 495 556 4172

Подпись Э.Б. Василевского удостоверяю:

Ученый секретарь диссертационного совета ЦАГИ,

д.ф.м.н. М.А. Брутян

