

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Буляккулова Марселя Маратовича «Взаимодействие высокоскоростного гетерогенного потока с элементами конструкции ЛА», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника»

Диссертационная работа Буляккулова Марселя Маратовича посвящена изучению процессов взаимодействия высокоскоростных гетерогенных потоков с различными конструкциями аппаратов авиационной и ракетной техники.

Актуальность темы диссертации связана с необходимостью решения задач термо-газодинамики и тепло-массообмена гетерогенной неизотермической среды, а также механического взаимодействия твердых частиц с поверхностью летательных аппаратов с целью прогнозирования развития эрозионных процессов.

Рецензируемая диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения. Формулировке поставленных и решённых в диссертации задач способствуют сведения, систематизированные автором во введении и 1-ой главе диссертации.

Во введении автором обоснована актуальность выбранной темы, сформулированы цель и задачи работы. Изложены предмет и новизна темы исследования, а также, степень разработанности проблемы. Кратко охарактеризованы методы исследования. Показана теоретическая и практическая значимость работы. Описана структура и объём работы, указаны публикации по теме исследования.

В первой главе выполнен критический анализ схем и параметров установок промышленного типа, позволяющих моделировать процесс взаимодействия гетерогенных потоков с преградой в широком диапазоне скоростей и дисперсности частиц при различных энергетических режимах. Проведён анализ методов и средств измерения параметров гетерогенных потоков на газодинамических стенах.

Во второй главе описаны методы и средства диагностики параметров, необходимых для исследования механизмов взаимодействия гетерогенных потоков с преградой. В частности, с использованием лазерной доплеровской анемометрии определён один из основных параметров гетерогенных потоков - скоростное скольжение фаз. Предложены методы и средства калориметрирования гетерогенных потоков. Подробно проанализированы принципы работы и оценка погрешности калориметров «стержневого» и «таблеточного» типов. Это позволило исследовать баланс энергии частиц

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
Вх. № 04. 12 2018

гетерогенного потока при взаимодействии со стенкой конструкции и рассчитать температуру поверхности в процессе эрозии. Предложены контактные и бесконтактные методы и средства определения температуры поверхности преграды, взаимодействующей с гетерогенным потоком. Оценены погрешности определения измеряемых параметров.

В третьей главе обосновано применение модели взаимопроникающих континуумов. Автором приводится описание математической модели для расчета газодинамики течения гетерогенных потоков над поверхностью тел криволинейной формы. Определены основные силы, действующие в газовом потоке на изолированную частицу. На основе использования расчетного комплекса ANSYS CFX проведены вычислительные эксперименты по решению задачи обтекания высокоскоростным гетерогенным потоком элемента ЛА для частиц разной дисперсности. Результаты расчетов позволили оценить влияние размеров твердой фазы (К-фазы) на физическую картину протекания исследуемых термо-газодинамических процессов. Получены соотношения, позволяющие рассчитать скорость и температуру твердой фазы, вызывающей эрозию материала поверхности преграды.

В четвертой главе представлен анализ экспериментальных данных с целью изучения механизма термоэрозионного разрушения некоторых типов конструкционных материалов. Проведено исследование влияния температуры поверхности и угла падения частиц гетерогенно потока на механизм разрушения конкретных конструкционных металлических и неметаллических материалов.

Достоверность и обоснованность полученных в диссертации результатов обусловлены использованием уникальных экспериментальных стендов и современного измерительного оборудования, а также сходимостью результатов численных расчетов с данными стендовых испытаний.

К полученным в диссертационной работе наиболее значимым **новым научным результатам** можно отнести следующие:

- предложена математическая модель процессов обтекания гетерогенным потоком головной части высокоскоростного летательного аппарата конической формы со сферическим притуплением;

- разработаны алгоритмы расчёта параметров твердой фазы неизотермического гетерогенного потока (температуры и скорости), определяющих механизм эрозионного разрушения поверхности ЛА;

- проведены вычислительные эксперименты по исследованию термо-газодинамических процессов, определяющих скорость эрозионного разрушения обтекаемых поверхностей.

- на основе анализа результатов стендовых испытаний внесены уточнения в описание механизма эрозионного разрушения некоторых типов металлических и неметаллических конструкционных материалов.

Основываясь на представленных результатах диссертационной работы, можно судить о значительном объеме проведенных комплексных научных расчетно-экспериментальных исследований и оценить **личный вклад** и труд автора. Им были выполнены экспериментальные работы, проведен анализ представленных данных, предложена расчетная модель и выполнены компьютерные расчеты.

Практическая значимость результатов работы заключается в возможности использования разработанных расчетных моделей и методов при проектировании летательных аппаратов космической и авиационной техники.

По диссертации могут быть сделаны следующие **замечания**:

1). Стиль и грамотность изложения оставляют желать лучшего и мешают восприятию и пониманию изложенного материала.

2). В основополагающих уравнениях при описании математической модели исследуемых процессов допущены грубые ошибки: уравнения неразрывности, количества движения и энергии, представленные в векторном виде, записаны неверно как в самой диссертации (уравнения 3.1, 3.2, 3.5), так и в автореферате (уравнения 1, 2, 5). Размерности членов уравнения различны, неправильно используются знаки дифференцирования и тензорного произведения, одним и тем же символом обозначены различные параметры, не указаны размерности параметров и определения источниковых членов в уравнениях сохранения импульса и энергии.

3). Пункт 3.2.1. диссертации «Структура численного решения основных дифференциальных уравнений газовой динамики» выглядит несколько наивно, и без ущерба для содержания диссертационной работы, (объем которой является чрезмерно большим), мог бы быть опущен, т.к. содержит только общие рассуждения и загадочную фразу о «разложении исходной функции в ряды». Что подразумевает под «рядами» автор, не ясно.

Кроме того, в тексте есть повторения: материал, изложенный в 1 главе, фактически дословно в некоторых местах воспроизводится в последующих главах. Это также привело к избыточному тексту диссертации.

4). В тексте диссертации нет никаких объяснений, чем обосновывался выбор применения в численных расчетах модели турбулентности SST.

5). Рисунки 3.1 и 3.20 абсолютно идентичны, в то время как подписи к рисункам различны, что не исключает их сходного смыслового содержания.

6). Как следует понимать весьма замысловатую фразу на стр. 95 диссертации: «В общем случае задача двухмерная, так как при переходе через отошедшую ударную волну и сжатый слой, вектора скоростей газовой и твердой фаз меняют свое направление.» ?

7). В диссертации, несмотря на огромный объем представленных материалов, не уделено места сравнительной оценке достоверности результатов, получаемых с помощью разработанной модели. Целесообразно было бы показать преимущества предлагаемых подходов на основе сравнения с результатами моделирования других авторов.

Несмотря на сделанные замечания, представленные материалы полностью раскрывают тему исследований, подчёркивают новизну и практическую значимость результатов, а также возможность их практического использования.

В целом предложенная автором диссертационная работа является содержательным и оригинальным исследованием. Диссертация представлена на 176 страницах, включает 82 рисунка, 6 таблиц и снабжена списком цитируемой литературы из 91 наименования. Автореферат диссертации соответствует ее содержанию.

На основании вышесказанного можно заключить, что диссертационная работа М.М. Буляккулова является важным научным исследованием, выполненным на высоком научном уровне и имеющим актуальное практическое применение для аэрокосмической отрасли. Диссертация М.М. Буляккулова отвечает требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Марсель Маратович Буляккулов заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника»

Официальный оппонент,
доктор техн. наук, профессор
кафедры Теплофизики МИФИ;
115409 г. Москва, Каширское
шоссе, д.31, НИЯУ МИФИ,
тел. (495)-788-56-99*90-99,
e-mail: OVMitrofanova@mephi.ru



О.В. Митрофанова

3 декабря 2018 г.



Подпись удостоверяю
Заместитель начальника отдела
документационного обеспечения
НИЯУ МИФИ
А.А. Абатурова

