

ОТЗЫВ

научного руководителя д.т.н., профессора Никитина П.В.
на диссертационную работу Буляккулова М.М.

«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»

Квалификационная работа Буляккулова М.М. посвящена одной из важнейших проблемных научно-технических задач – исследованию механизма взаимодействия поверхности элементов конструкции высокоскоростных летательных аппаратов (ЛА) с обтекающими их гетерогенными потоками.

Высокоскоростные гетерогенные потоки с дисперсными примесями в виде капель жидкости или твёрдых частиц широко распространены и являются одним из вредных факторов при эксплуатации техники. Эти факторы реализуются, например, при полёте высокоскоростных ЛА в гетерогенной атмосфере, при взаимодействии конструкции ЛА со струями РДТТ, в газогенераторах, газовых и паровых турбинах, в технологии абразивной обработки деталей и т.д. Особенно остро эта задача стоит в авиационной и ракетно-космической технике.

В этой связи, исследование механизма взаимодействия поверхности элементов конструкции высокоскоростных летательных аппаратов (ЛА) с обтекающими их гетерогенными потоками, является актуальной проблемной задачей науки и техники.

В процессе выполнения работы автором решен ряд задач:

- исследование механизма взаимодействия высокоскоростного гетерогенного потока с поверхностью ряда конструкционных материалов;
- разработка математической модели процесса обтекания высокоскоростным неизотермическим гетерогенным потоком элементов конструкции летательного аппарата конической формы, притупленного сферой;
- с использованием предложенной математической модели проведение численного моделирования процесса обтекания гетерогенным потоком поверхности конструкции высокоскоростного летательного аппарата конической формы, притупленного сферой;
- предложены зависимости для оценки эрозионного разрушения ряда конструкционных и теплозащитных материалов при воздействии высокоскоростных высокотемпературных потоков.

Отмечаю, что выполненная соискателем работа комплексная – экспериментально-теоретическая. Она включает несколько взаимосвязанных частей. В одной из таких частей проанализирована газодинамика течения гетерогенных потоков. Показано, что при моделировании газодинамики

течения гетерогенных потоков целесообразно применять допущение модели взаимопроникающих континуумов. Установлены границы применимости этой модели. Выявлена также природа основных сил, действующих в газовом потоке на изолированную частицу.

На основе полученных результатов автором разработана математическая модель для решения задачи обтекания высокоскоростным неизотермическим гетерогенным потоком летательного аппарата конической формы. Данная математическая модель содержит в себе уравнения как для течения газовой фазы, так и «К-фазы».

Для решения разработанной математической модели автором предложен CFD комплекс ANSYS CFX. На базе разработанной расчётной схемы в предложенном комплексе проведена серия вычислительных экспериментов, которая позволила оценить влияние размеров К-фазы на физическую картину протекания исследуемого процесса. Выполнено также сопоставление полученных результатов с опубликованными расчётными и экспериментальными данными известных классических теоретических и экспериментальных задач подобного рода.

В следующей части работы проведён анализ термо-газодинамики течения сверхзвукового гетерогенного полидисперсного потока при натекании на плоскую преграду. Получено соотношение для расчёта скорости частиц разной дисперсности в гетерогенном потоке, вызывающих эрозию поверхности материала в момент удара о преграду, и зависимость для расчёта температуры в зоне контакта при ударе высокоскоростных частиц полидисперсного гетерогенного потока о преграду.

Также автором проведено исследование механизма эрозии нагретых конструкционных материалов при взаимодействии с гетерогенным потоком. В результате установлено наличие пороговых значений скорости частиц и температуры, при достижении которых реализуется резкое увеличение интенсивности их эрозионного разрушения. Получены и рекомендованы соотношения для оценки этого процесса.

Для некоторых конструкционных и теплозащитных материалов произведен расчет зависимости эффективной энтальпии эрозионного разрушения, как функции температуры поверхности. Приведенные данные позволяют рассчитать термоэрозионное разрушение элементов конструкции высокоскоростных ЛА.

Кроме того, автором проведен анализ влияния угла падения частиц (угла атаки) сверхзвукового высокотемпературного гетерогенного потока на обрабатываемую поверхность плотного поликристаллического графита В-1. Установлено, что с увеличением угла атаки частиц значение эрозионной скорости уноса массы плотного поликристаллического графита В-1 более чем в два раза возрастает по сравнению с аналогичным параметром при нулевом угле атаки.

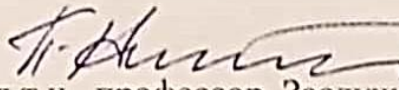
По итогам изложенных в работе материалов отмечаю, что научная новизна практическая значимость диссертационной работы Буляккулова М.М. выражается в том, что:

– предложена математическая модель процесса обтекания высокоскоростным неизоэнтальпическим гетерогенным потоком элементов конструкции ЛА конической формы, притупленной сферой. С использованием предложенной модели проведено численное моделирование процесса обтекания гетерогенным потоком поверхности конструкции высокоскоростного ЛА;

– предложены алгоритмы расчёта скорости частиц в сверхзвуковом полидисперсном гетерогенном потоке и инерционного движения частиц сверхзвукового полидисперсного гетерогенного потока через ударную волну и сжатый слой;

– получены соотношения для расчёта скорости частиц разной дисперсности в гетерогенном потоке, вызывающей эрозию поверхности материала в момент удара о преграду, и температуры в зоне контакта при ударе высокоскоростных частиц полидисперсного гетерогенного потока о преграду.

В целом считаю, что диссертационная работа Буляккулова Марселя Маратовича «Взаимодействие высокоскоростного гетерогенного потока с элементами конструкции ЛА» отвечает всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присвоения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14. – "Теплофизика и теоретическая теплотехника".

1.10.2018.  П.В. Никитин,
д.т.н., профессор, Заслуженный деятель науки РФ.

Подпись профессора Никитина П.В. удостоверяю

Директор института №2



 В.П. Монахова.