



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 5013009056/501301001

№ \_\_\_\_\_

На № \_\_\_\_\_

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы  
Пашкова Олега Анатольевича на тему

**«Тепло-массообмен на поверхности элементов конструкции  
гиперзвуковых летательных аппаратов самолетных схем при полете в  
атмосфере», представленную на соискание ученой степени кандидата  
технических наук по специальности 01.04.14 «Теплофизика и  
теоретическая теплотехника»**

Проблема аэродинамического нагрева является одной из важнейших задач при разработке высокоскоростной авиационной и ракетно-космической техники. Особенно остро эта проблемная задача стоит в настоящее время, когда проводятся изыскания по разработке гиперзвуковых летательных аппаратов (ГЛА) нового поколения. В этой связи диссертационная работа Пашкова О. А., выполненная на указанную тему, является актуальной.

Автор на базе проведенного анализа опубликованных по данной тематике работ сформулировал цель диссертации и определил круг задач, которые необходимо решить для достижения поставленной цели. В результате предложена

003704

математическая модель в виде системы классических дифференциальных уравнений в частных производных, которые описывают комплекс физико-химических процессов, сопутствующих обтеканию элементов конструкции ГЛА, совершающего полёт в атмосфере с гиперзвуковой скоростью.

Как известно, это процесс многопараметрический, что определяет сложность решения сформулированной в автореферате цели. По этой же причине использовался метод численного моделирования, так как исследование экспериментальными методами влияния отдельных параметров процесса по ряду причин затруднено или не представляется возможным.

Личный вклад автора в разработке избранной темы выражается в следующем:

- проведён критический анализ опубликованной информации по проблеме тепловой защиты ГЛА. Выявлены не решённые по этой тематике задачи;

- сформулированы цель и задачи работы. Предложена общая математическая модель процессов термо-газодинамики и тепло-массообмена в химически активном многокомпонентном ламинарном и турбулентном пограничном слое с учётом, неравновесных химических реакций и излучения. Проведена верификация предложенной модели;

- для решения поставленных в работе задач проведена адаптация стандартного программного комплекса ANSYS FLUENT, не предназначенного для решения задач гиперзвуковых течений;

- исследовано влияние структуры расчётной сетки на достоверность получаемых данных с оценкой погрешности расчётов;

- сформулированы выводы и рекомендации по особенностям расчёта теплообмена на поверхностях элементов конструкции ГЛА.

Особенное внимание было уделено проблеме сокращения временных и финансовых затрат на проведение исследований. В итоге полученные автором результаты позволяют оперативно вносить необходимые поправки на этапе

проектирования ГЛА, проводить оптимизацию массовых, габаритных и аэродинамических характеристик аппарата.

Теоретическая ценность работы выражается в разработке общей математической модели, которая позволяет с погрешностью  $\sim 7\div 10\%$  по уровню теплового потока анализировать параметры процессов, протекающих на поверхности ГЛА при полёте в атмосфере Земли на разных режимах.

Практическая значимость результатов исследований состоит в надёжности по сходимости решения созданной математической модели, методов и средств её численного решения. Автором проведена адаптация для решения модели стандартного программного комплекса ANSYS FLUENT, не предназначенного ранее для решения задач гиперзвуковых течений. Это позволило автору значительно ускорить выполнение инженерных расчётов с целью определения влияния различных параметров на термогазодинамику и тепломассообмена на поверхности ГЛА. В результате модернизированный автором программный комплекс ANSYS FLUENT может быть использован как в организациях, занимающихся проектированием и разработкой ГЛА, так и в учебном процессе Вузов, готовящих специалистов в области высокоскоростной газовой динамики и теплообмена.

Основные научные результаты работы докладывались на научно-технических отечественных и международных конференциях, опубликованы в 9 статьях, 8 из которых изданы в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК, обсуждались на крупных семинарах, в частности, на российском семинаре по аэромеханике ЦАГИ-ИТПМ-СПбПУ-НИИМ МГУ при участии ряда научных организации России.

По содержанию автореферата необходимо сделать следующие замечания:

- в автореферате при оценке предложенной математической модели автор утверждает, что впервые с использованием модели могут проводиться расчеты, как в строгой, так и в упрощенной постановке. На наш взгляд этот вывод является

неточным, поскольку математические модели аналогичного плана созданы в ЦАГИ, МГУ, ЦНИИМАШ;

- в автореферате не описана модель релаксации колебательных степеней свободы многоатомных молекул и её влияние на теплообмен.

Несмотря на указанные недостатки, диссертационная работа Пашкова О.А. является законченной научно-исследовательской работой, содержащей решение актуальной научно-технической задачи. Она выполнена на высоком научно-техническом уровне. Автор продемонстрировал как глубокое понимание решаемой проблемы, так и способность к самостоятельному решению очень сложных физико-математических задач.

В связи с вышеизложенным, считаю, что данная квалификационная работа заслуживает положительной оценки, а её автор Пашков Олег Анатольевич достоин присвоения ему степени кандидата технических наук по указанной специальности.

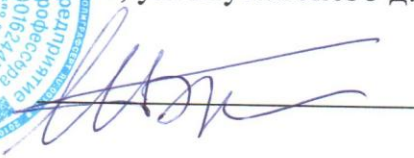
Главный научный сотрудник НИО-8 НИК-40, доктор технических наук по специальности 05.07.01 – аэродинамика и процессы теплообмена летательных аппаратов, заслуженный конструктор РФ

  
Василевский Эдуард Борисович  
12.14.2007

Подпись главного научного сотрудника НИО-8 НИК-40, доктора технических наук, Василевского Эдуарда Борисовича, тел. 8-495-556-45-46, ФГУП «Центральный аэрогидродинамический институт имени проф. Н.Е. Жуковского», удостоверяю:

Учёный секретарь диссертационного Совета ФГУП «ЦАГИ», д.ф-м.н.  
Брутян Мурад Абрамович, 140180, ул. Жуковского д.1. Московской области



  
/Брутян Мурад Абрамович/

Печать