



**ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
ТУРАЕВСКОЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЕ  
КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО «СОЮЗ»**

Промзона Тураево, стр. 10, г. Лыткарино,  
Московской области, Россия, 140080.  
Тел.: (495) 552-1543, тел./факс: (495) 555-  
0281, 555-08-77  
552-5700, E-mail: info@tmkb-soyuz.ru  
ОКПО 07537312 ОГРН 1035004901700  
ИНН/КПП 5026000759/502701001

27.03.2017 № 033/1-2-105

на № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_  
Г \_\_\_\_\_ 1

Ученому секретарю  
диссертационного совета  
Д 212. 125. 08 МАИ  
д.т.н., профессору Ю.В. Зуеву

125993, г. Москва, А-80, ГСП-3,  
Волоколамское ш., 4, МАИ, Ученый Совет

Направляю Вам отзыв на автореферат диссертации Пашкова О.А. на тему:  
«Тепло-массообмен на поверхности элементов конструкции гиперзвуковых  
летательных аппаратов самолётных схем при полёте в атмосфере», представленной  
на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Приложение: 1 Отзыв на вышеупомянутый автореферат диссертации, 2 экз.,  
на 4 л. каждый.

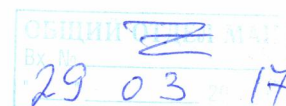
2 Автореферат диссертации, 1 брошюра.

Первый заместитель генерального  
директора – главный конструктор



Костенко Иван Иванович

Петренко В.М.  
т. 905-547-33-77



Утверждаю

Первый заместитель генерального  
директора - главный конструктор  
ЦАО ТМКБ «Союз»

Костенко Иван Иванович



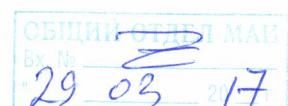
на автореферат диссертационной работы Пашкова Олега Анатольевича на тему «Тепло-массообмен на поверхности элементов конструкции гиперзвуковых летательных аппаратов самолетных схем при полете в атмосфере», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14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

Актуальность представленной диссертационной работы определяется исследованиями в области разработки новых транспортных систем, в частности, высокоманевренных гиперзвуковых летательных аппаратов самолетных схем, для полетов, как в атмосфере, так и в космическом пространстве. Решение такой задачи предполагает получение ответа на принципиальный вопрос формирования аэродинамического облика аппарата, который будет оптимален с точки зрения минимизации лобового сопротивления, и не будет накладывать существенных ограничений на маневренные характеристики во всем диапазоне скоростей полета.

Другой актуальной задачей решаемой в диссертации является разработка методики достоверного определения параметров высокоскоростного течения в окрестностях летательного аппарата, температурных полей и тепловых потоков.

Для достижения указанной цели в работе решены следующие задачи:

- определены особенности полёта ГЛА самолётных схем в плотных слоях атмосферы Земли с глубоким анализом физико-химических процессов, протекающих в сжатом и пограничном слоях;





- разработана полная математическая модель процессов термо-газодинамики и тепло-массообмена при обтекании планера гиперзвуковым потоком;
- проанализированы особенности решения разработанной математической модели численными методами;
- исследовано влияние структуры расчётной сетки на достоверность получаемых результатов;
- проведена верификация разработанной математической модели путём сравнения результатов расчёта процессов термо-газодинамики и тепло-массообмена на поверхности сферы и затупленного конуса с данными открытых источников;
- по результатам верификации проведена модификация математической модели;
- с использованием модифицированной математической модели, проведены расчёты процессов термо-газодинамики и тепло-массообмена на поверхности сферы, модели планетарного зонда, модели спускаемого аппарата сегментально-конической формы и перспективного малоразмерного крылатого возвращаемого аппарата.

В работе Пашкова О.А. разработана общая математическая модель процессов, проведена модификация существующих средств численного моделирования, выполнен большой объём расчётных исследований процессов термо-газодинамики и тепло-массообмена на поверхности элементов ГЛА различной геометрической формы.

Такой подход соответствует современному уровню науки и техники и имеет следующие преимущества:

- Повышение уровня сложности исследуемых задач, для изучения которых необходимо создание новых дорогостоящих экспериментальных установок или модельных объектов.
- Существенное уменьшение финансовых затрат по сравнению с экспериментальными методами.

- Возможность математического моделирования реальных условий. Численное уравнение можно получить для реальных условий исследуемого процесса, что далеко не всегда возможно при экспериментальном исследовании.

- Возможность сокращения сроков исследования и получения результатов, а также их многократного и быстрого повторения или уточнения, хранения и т.д.

- С помощью расчетных методов можно найти значения всех имеющихся переменных (таких, как скорость, давление, температура, концентрация, интенсивность турбулентности) во всей области решения. В отличие от эксперимента для расчета доступна практически вся исследуемая область.

С этой точки зрения очень важно тестирование этих моделей по имеющимся результатам экспериментальных исследований. Достоверность и обоснованность представленной работы подтверждается удовлетворительным совпадением результатов численного моделирования процессов термо-газодинамики и тепло-массообмена, проведенного с использованием предложенной математической модели, с экспериментальными и расчетными данными других авторов.

Теоретическая ценность работы выражается в разработке общей математической модели, позволяющей с достаточной степенью точности ( $\sim 7\div 10\%$ ) анализировать параметры процессов, протекающих вблизи поверхности ГЛА при полёте в атмосфере на разных режимах.

Практическая значимость результатов исследований состоит в надёжности созданной математической модели, доступности методов и средств её численного решения при выполнении инженерных расчетов.

В качестве замечаний следует указать, что в автореферате без обоснования продекларирована правомерность исключения из уравнения энергии излучения ударной волны и сжатого слоя.



Следует также отметить, что исследованиям по влиянию количества используемых реакций химической кинетики посвящено достаточно много работ. Поэтому первоначальное допущение, сделанное автором о возможности использования в расчетах пятикомпонентной газовой смеси, можно считать нецелесообразным, что и было доказано дальнейшими исследованиями.

Такое же замечание можно сделать в отношении использования модели турбулентности для локализации ламинарно-турбулентного перехода.

Указанные замечания не снижают высокого уровня представленной диссертационной работы.

В целом диссертационная работа Пашкова О.А. на тему «Тепло-массообмен на поверхности элементов конструкции гиперзвуковых летательных аппаратов самолетных схем при полете в атмосфере» представляет законченное научное исследование по решению актуальных задач проектирования высокоскоростных летательных аппаратов в части газодинамических и тепловых расчетов параметров неравновесных химически активных течений вблизи их поверхности. Представленная работа соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Пашков Олег Анатольевич заслуживает присвоения ему степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

Ведущий научный сотрудник  
экспериментально-исследовательского  
отдела ПАО ТМКБ «Союз», к.т.н.



Петренко Владислав  
Михайлович