



Акционерное общество
«Государственный ракетный центр
имени академика В.П.Макеева»
(АО «ГРЦ Макеева»)
Российская Федерация, Челябинская область,
г. Миасс

✉ Тургоряжское шоссе, 1, г. Миасс,
Челябинская область, 456300

☎ 351-3/28-63-70 📠 351-3/55-51-91; 24-12-33

Телеграфный адрес: «Рубин» 624013

E-mail: src@makeyev.ru

ОКПО 07549733, ОГРН 1087415002168

ИНН/КПП 7415061109/742150001

От _____ № _____

На № _____ от _____

Отзыв

Акционерного общества «Государственный ракетный центр имени академика В.П. Макеева» на автореферат диссертационной работы Овчинникова Вячеслава Александровича «Математическое моделирование аэродинамических процессов и тепловой защиты гиперзвуковых летательных аппаратов», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы

Объектом исследования в работе В.А. Овчинникова является гиперзвуковое обтекание летательных аппаратов (ЛА), системы активной, пассивной и комбинированной тепловой защиты (ТЗП) и их восприимчивость к малым возмущающим воздействиям.

Целями работы, представленной в рассматриваемом автореферате диссертации, являются разработка алгоритмов, создание программ и параметрическое исследование характеристик сопряженного теплообмена в рамках теории пограничного слоя при сверх- и гиперзвуковом пространственном обтекании сферически затупленных конусов с учетом вдува

газа с поверхности тела, термохимического разрушения, вращательного движения тела, изучение активных и пассивных систем тепловой защиты ЛА при наличии малых возмущающих воздействий.

Для достижения указанных целей автором работы, возможно – с участием научного руководителя, разработаны, сформулированы и конкретизированы **задачи исследования**, включающие разработку методики решения сопряженной задачи тепломассообмена при гиперзвуковом обтекании вращающегося ЛА; численное моделирование процессов сопряженного тепломассообмена при сверх- и гиперзвуковом обтекании химически равновесным потоком воздуха сферически затупленного конуса под ненулевым углом атаки с учетом вращательного движения и термохимического разрушения ТЗП; численное исследование влияния пористости и теплофизических свойств некоторых проницаемых металлов на теплообмен в системах транспирационного охлаждения.

Проблема тепловой защиты скоростных и гиперзвуковых ЛА – одна из фундаментальных проблем гиперзвуковых технологий, гиперзвуковой аэродинамики, чрезвычайно актуальна и многогранна. Теоретические и экспериментальные исследования в этой области по различным направлениям ведутся на протяжении многих лет многими российскими и зарубежными учеными. Поэтому, соглашаясь в целом с аргументацией автора относительно актуальности и практической направленности темы работы, изложенной в автореферате, по нашему мнению, ее можно было бы ещё усилить, например, отметив наличие прямой связи рассматриваемой проблемы с проблемами динамики вращающихся скоростных ЛА, описанными, например, в известной книге В.А. Ярошевского «Движение неуправляемых тел в атмосфере». Отмеченные обстоятельства определяют высокую степень **актуальности** темы рассматриваемой работы.

Результаты работы обладают несомненной **научной новизной**. Автором разработаны новые математическая модель и методика расчета, позволившие провести анализ влияния углового движения тела на характеристики

нестационарного тепломассообмена в рамках сопряженной постановки с учетом различных режимов течения в пограничном слое, термохимического разрушения ТЗП при гиперзвуковом обтекании под углами атаки.

Впервые численно определены и сравнены аэродинамические силы и моменты, обусловленные воздействием скорости крена, аэродинамического нагрева, термического разложения углепластика, с силами и моментами обусловленными асимметрией течения около изотермической поверхности в пограничном слое при пространственном обтекании сферически затупленного конуса.

Впервые численно исследовано влияние скорости осевого вращения на фазовый сдвиг между давлением и температурой поверхности теплозащитного углеродного материала при термохимическом разрушении для сферически затупленного конуса при гиперзвуковом обтекании. Численно определены характеристики асимметрии теплового поля и скорости массового уноса на аблирующей поверхности углеродного материала при тех же условиях.

Теоретическая и практическая значимость работы. Полученные в диссертации и представленные в автореферате результаты расширяют и дополняют теоретические представления об аэродинамических и тепломассообменных процессах, протекающих при пространственном сверхзвуковом обтекании вращающегося ЛА в условиях термохимического разрушения ТЗП. Разработанный автором диссертации комплекс программ, позволяющий определять тепловые и аэродинамические характеристики обтекаемого тела в широком диапазоне определяющих параметров, может быть использован при проектировании, создании и оценках эффективности различных способов тепловой защиты перспективных гиперзвуковых ЛА.

Определение влияния вращения тела относительно продольной оси во взаимодействии с другими протекающими процессами тепломассообмена на аэродинамические силы и моменты является важнейшей практической задачей ещё и с точки зрения обратного влияния указанных факторов на скорость крена ЛА.

Отметим также, что опыт АО «ГРЦ Макеева» при проектировании и отработке скоростных ЛА показал существенное влияние процессов перехода и теплообмена с учетом характера углового движения не только на стационарные аэродинамические характеристики, но и на нестационарные.

Отмеченные аспекты, по нашему мнению, полностью определяют и доказывают высокие уровни теоретической и практической значимости результатов рассматриваемой работы.

Достоверность изложенных результатов исследований обусловлены и обоснованы верификацией численных результатов, сравнением с имеющимися расчетными и экспериментальными данными.

Язык автореферата ясный, стиль изложения доказательный.

В качестве замечаний к автореферату можно отметить:

- 1) В работе рассмотрены ЛА только с геометрией затупленного по сфере конуса. Из содержания автореферата неясно, насколько это ограничение сказывается на общности и области применимости полученных в работе результатов. В частности, могут ли они быть использованы для обгарных форм затуплений, несколько отличающихся от сферического; или для 2-х (3-х) составных форм ЛА?
- 2) В Главе 4 (стр. 20, автореф.) утверждается, что для каждого теплозащитного материала существует значение скорости вращения, при котором величина тепловой асимметрии достигает максимального значения. Однако в рассмотренном диапазоне скоростей вращения при $\omega \leq 500$ град/с для Углепластика (на рисунке 10) такого максимума не наблюдается. Напрашивается и более общий вопрос о причинах указанного ограничения рассмотренного диапазона ω , поскольку на практике вполне вероятна реализация и больших величин скорости крена.
- 3) Материалы результатов проведенных расчетов (Глава 4, рисунки 6-10) показывают существенное качественное и количественное различие рассматриваемых параметров асимметрии процесса для Графита В-1 и Углепластика. В материалах автореферата отражена только констатация

полученных отличий, но не указаны причины, свойства, характеристики указанных ТЗП, обуславливающие эти различия. Представляется полезным проведение анализа этих причин, в том числе и с точки зрения прогнозирования свойств перспективных ТЗП.

Указанные замечания не влияют на итоговую положительную оценку результатов работы.

По результатам рассмотрения автореферата можно сделать вывод, что диссертационная работа в целом соответствует требованиям, предъявленным к кандидатским диссертациям согласно п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Овчинников Вячеслав Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 — Механика жидкости, газа и плазмы.

Я. Мокин Юрий Александрович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Овчинникова Вячеслава Александровича, и их дальнейшую обработку.

Заместитель генерального конструктора
по проектированию изделий и комплексов –
первый заместитель начальника КБ-1


Молчанов Сергей
Филиппович

Главный научный сотрудник
АО «ГРЦ Макеева», доктор
физико-математических наук, доцент


16.11.2016
Мокин
Юрий Александрович

Личную подпись Фамилию И.О. заверяю.

Главный ученый секретарь АО «ГРЦ Макеева»,
кандидат технических наук




Калашников
Сергей Тимофеевич

Акционерное общество «Государственный ракетный центр имени академика В.П. Макеева»

Почтовый адрес: 456300, Челябинская обл., г. Миасс, Тургоякское шоссе, д. 1
Тел. 8 (3513) 28-63-70
e-mail: src@makeyev.ru