

ОАО «Корпорация «Тактическое ракетное вооружение»

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ГОСУДАРСТВЕННОЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ
БЮРО «РАДУГА» имени А.Я. Березняка»



ул. Жуковского, 2а, г. Дубна, Московской обл., Россия, 141980
Тел.: +7(495)777-07-20, факс: +7(495) 777-07-36 E-mail: raduga@dubna.ru
ОКПО 07539914 ОГРН 1055024900006 ИНН/КПП 5010031470/501001001

RADUGA STATE MACHINE-BUILDING DESIGN BUREAU JOINT STOCK COMPANY

2a, Zhukovsky st., Dubna, Moscow Region, 141980, Russia

Phone: +7(495) 777-07-20
Fax.: +7(495) 777-07-36
E-mail: raduga@dubna.ru

056675

УТВЕРЖДАЮ

_____ № _____
на № _____ от _____

Генеральный директор, Председатель
научно-технического совета
ОАО "ГосМКБ "Радуга" им. А.Я. Березняка",
доктор технических наук


В.Н. ТРУСОВ
" 2 " _____ 2014 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации – ОАО "ГосМКБ "Радуга" им. А.Я.Березняка"
на диссертационную работу Котова Михаила Алтаевича "Расчетно-
экспериментальные исследования ударно-волновых процессов в
гиперзвуковой ударной аэродинамической трубе", представленную на
соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по
специальности 01.02.05 – "Механика жидкости, газа и плазмы.

Актуальность темы

Экспериментально-теоретическое моделирование элементов
конструкции летательных аппаратов, в том числе высокоскоростных, играет
существенную роль в таких исследованиях, как изучение внешней
аэродинамики планера, взаимодействие планера с воздухозаборным
устройством и соплом воздушно-реактивного двигателя, работа элементов
силовой установки, взаимодействие планера и работающей силовой установки
и т.д. В общем случае предметом исследований для указанных подзадач
являются пространственные течения вязкого сжимаемого несовершенного газа
при наличии тепломассообмена и химических реакций в потоке.

Использование аэродинамических ударных труб для экспериментального
рассмотрения задач такого рода является неотъемлемой частью

аэротермодинамических исследований, поскольку установки данного типа позволяют обеспечивать воспроизведение полетных условий аэрокосмических и гиперзвуковых летательных аппаратов (ГЛА), а также широкий диапазон теплофизических параметров натекающего на модель потока и высокую точность и надежность измеряемых данных.

Краткий анализ содержания работы

Представленная к защите диссертационная работа структурирована следующим образом:

Во *введении* обоснована актуальность темы исследований, приведен обзор экспериментальных исследований, выполнены сформулирована цель работы, а также и представлено краткое изложение структуры диссертации.

В *первой главе* использованием различных типов аэродинамических ударных труб. Описаны принципы функционирования установок, приведены технические характеристики оборудования, проанализированы опубликованные результаты экспериментальных исследований.

Во *второй главе* приведено описание технических характеристик и параметров работы созданной гиперзвуковой ударной аэродинамической трубы, рассмотрены некоторые аспекты формирования набегающего потока.

В *третьей главе* представлено описание измерительного оборудования установки, рассмотрены принципы его функционирования, а также содержатся предварительные оценки погрешностей регистрируемых данных.

Четвертая глава содержит результаты экспериментального и численного исследования процесса формирования набегающего на исследуемые модели потока. Осуществлено сравнение экспериментальных и расчетных данных, полученных для случаев гиперзвукового и сверхзвукового обтекания различных вариантов модели перспективного гиперзвукового прямоточного воздушно-реактивного двигателя. Приведены результаты исследований по обтеканию модели спускаемого аппарата под различными углами атаки.

Пятая глава содержит рекомендации по совершенствованию установки и повышению точности выполняемых измерений. Описаны технологические подробности работы гиперзвуковой ударной аэродинамической трубы.

В *шестой главе* приведен обзор способов компьютерного трехмерного моделирования поверхностей перспективных ГЛА. Приведены примеры построения модели поверхности ГЛА X-43, Waverider, X-51A.

В *заключении* кратко сформулированы основные выводы, полученные в диссертационной работе.

Степень достоверности результатов проведенных исследований

Правомерность и достоверность результатов диссертации подтверждается физической обоснованностью постановок задач и строгим расчетно-экспериментальным характером их рассмотрения с применением современных экспериментальных средств диагностики высокоскоростных течений, а также сравнением полученных экспериментальных данных с результатами численного моделирования, проводимого для решения задач данного класса.

Оценка новизны и практической значимости результатов работы

За время работы над диссертацией автор занимался изучением и реализацией различных вопросов проведения экспериментов в ударных трубах. При непосредственном участии Котова М.А. в ИПМех РАН была создана гиперзвуковая ударная аэродинамическая труба. Автор лично участвовал в проведении экспериментов на установке, изучении получаемых данных, а также в решении вопросов обеспечения надлежащей работы установки и улучшения ее параметров. Им были предложены и реализованы нововведения в областях цифровой регистрации наблюдаемых во время эксперимента явлений, описаны возможности многорежимного обтекания моделей потоками с разными числами Маха в условиях проведения одного испытания.

Отметим основные результаты работы, являющиеся новыми и представляющими, на наш взгляд, значительный научный и практический интерес:

1. Создана установка типа гиперзвуковой ударной аэродинамической трубы, позволяющая проводить эксперименты при числах Маха $M = 3 \dots 7$. Для обеспечения надлежащего функционирования выполнена установка и настройка регистрирующих элементов.

2. Получены экспериментальные результаты исследования процессов формирования набегающего потока и его взаимодействия (натекания) с исследуемыми моделями при различных числах Маха. Выполнено сравнение зарегистрированных характеристик с результатами численного моделирования, выполненного автором.

3. Показана возможность постановки эксперимента для реализации многорежимного обтекания моделей потоками с разными числами Маха, и представлено описание его проведения.

4. Проведены эксперименты по исследованию структуры сверхзвукового течения в плоском канале сложной геометрии, моделирующей воздухозаборную и проточную части гиперзвукового прямооточного воздушно-

реактивного двигателя, а также по обтеканию гиперзвуковым воздушным потоком модели спускаемого аппарата под различными углами атаки. Выполнено сравнение с результатами численного моделирования.

5. Показана возможность осуществления работ по решению технологических задач, возникающих на созданной установке. Предложены способы реализации дальнейшей модернизации установки.

6. Средствами систем автоматизированного проектирования построены сложные трехмерные компьютерные модели поверхностей перспективных ГЛА X-43, Waverider, X-51 для дальнейшего использования при численном моделировании газодинамических процессов.

Полученные в диссертации экспериментальные результаты, а также их сравнение с результатами численного моделирования, представляют непосредственный научный интерес для коллективов и организаций, занятых в области решения вопросов сложной сверхзвуковой и гиперзвуковой аэротермодинамики и разработки ГЛА. Созданная при непосредственном участии автора гиперзвуковая ударная аэродинамическая установка представляет существенную практическую ценность для использования в области экспериментальных газодинамических исследований.

Замечания к диссертационной работе

1. В представленных в работе экспериментах в конфигурации начальных параметров в качестве толкающего и рабочего газов используется воздух. Представляется интересным получение картины течения в секциях высокого и низкого давления с использованием в качестве толкающего и рабочего других газов, например, гелия или азота.

2. В диссертации содержится мало данных о контактной регистрации параметров в рабочей секции гиперзвуковой ударной аэродинамической трубы. Для полноты картины параметров набегающего потока необходимы данные с датчиков, расположенных непосредственно на исследуемых моделях.

3. Указанная степень натекания в секциях установки (10^{-3} мбар/мин) удовлетворяет условиям проведения скоротечных аэродинамических испытаний. Однако, для большей чистоты эксперимента желательно меньшее значение этого параметра.

В диссертации затронуты весьма интересные, важные и актуальные проблемы. Отмеченные замечания не являются принципиальными и не снижают значимость, научную и практическую ценность полученных в работе результатов.

Заключение

Диссертация Котова М.А. является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, на высоком научном уровне. Проведенные научные исследования можно охарактеризовать как научно-обоснованный систематический анализ важной фундаментальной и прикладной задачи о свойствах излучения газовых смесей, нагретых сильными ударными волнами. Представленные в работе исследования достоверны, выводы и рекомендации обоснованы.

Диссертационная работа содержит достаточное количество исходных данных, имеет пояснения, рисунки, графики, примеры, подробные расчеты, написана технически грамотно и аккуратно оформлена. По каждой главе и работе в целом имеются выводы.

Основные этапы работы, выводы и результаты представлены в автореферате, соответствующем содержанию диссертации.

По актуальности рассмотренных проблем, научной новизне решенных задач и практической значимости полученных результатов диссертационная работа соответствует всем требованиям, предъявляемым ВАК Российской Федерации к кандидатским диссертациям, а ее автор, Котов Михаил Алтаевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 "Механика жидкости, газа и плазмы".

Отзыв рассмотрен и одобрен на секции НТС ОАО "ГосМКБ "Радуга" им. А.Я.Березняка", протокол от « 20 » ноября 2014 года № 7.

Первый заместитель Генерального директора -
заместитель по НИОКР, Главный конструктор
ОАО "ГосМКБ "Радуга" им. А.Я.Березняка",
кандидат технических наук

Е.К. Сыздыков

Начальник отделения-комплекса аэродинамики,
динамики полета и управления
ОАО "ГосМКБ "Радуга" им. А.Я.Березняка",
кандидат технических наук

В.В. Ляпунов

Секретарь научно-технического совета
ОАО "ГосМКБ "Радуга" им. А.Я.Березняка",
Ведущий конструктор

Л.А. Дергач