

**ОТЗЫВ**  
**официального оппонента доктора технических наук, профессора**  
**Калугина Владимира Тимофеевича**  
**на диссертацию Котова Михаила Алтаевича**  
**«Расчетно-экспериментальные исследования ударно-волновых**  
**взаимодействий в гиперзвуковой ударной аэродинамической трубе»,**  
**представленную на соискание ученой степени**  
**кандидата физико-математических наук**

Диссертация Котова М.А. посвящена экспериментальным исследованиям обтекания сверхзвуковыми и гиперзвуковыми потоками конструктивных элементов моделей перспективных гиперзвуковых летательных аппаратов, проводимым на установке гиперзвуковой ударной аэродинамической трубы ИПМех РАН.

Создание и совершенствование ударных аэродинамических установок, позволяющих проводить эксперименты, близкие к натурным, на моделях элементов конструкции летательных аппаратов, несомненно является актуальной задачей современной экспериментальной аэродинамики сверхзвуковых и гиперзвуковых скоростей. Быстротечность газодинамических процессов в рабочем тракте таких установок, затрудняющая выполнение измерений, компенсируется применением малоинерционных датчиков, бесконтактных средств измерения с применением оптических приборов и использованием нового поколения высокоскоростного регистрирующего оборудования и средств обработки экспериментальных данных.

Созданная в процессе выполнения данной работы гиперзвуковая ударная аэродинамическая труба является удобным экспериментальным инструментом для исследования широкого класса задач аэродинамики.

Диссертация объемом 194 страницы состоит из введения, шести глав и заключения. Текст диссертации иллюстрирован 147 рисунками, 6 таблицами. Список литературы содержит 234 наименования.

Во введении обоснована актуальность темы, изложено состояние вопроса исследования, сформулированы цель и задачи работы, отмечена научная новизна и практическая значимость, приведены основные положения, выносимые на защиту, описаны, используемые в работе расчетные методы и дано краткое ее содержание.

Первая глава диссертации (объем 55 страниц) включает обзор современного состояния вопроса по теме диссертации. Рассматриваются

работы, посвященные экспериментальным исследованиям в аэродинамических ударных трубах. Выполнен анализ современных технических характеристик и принципов функционирования измерительного оборудования, используемого для получения опытных данных.

Следует отметить ряд замечаний по данному разделу. По результатам анализа экспериментальных исследований сверхзвукового обтекания моделей не сформулированы цель и задачи, решаемые в диссертации (они преждевременно указаны во введении). Также имеются некоторые неточности в тексте. Некоторые рисунки содержат надписи на английском языке, что затрудняет чтение главы.

Во второй главе (объем 12 страниц) указаны работы, выполненные при создании установки гиперзвуковой ударной аэродинамической трубы ИПМех РАН. Приводятся характеристики установки, описание ее параметров и технических устройств, используемых для обеспечения ее функционирования. Материал настоящей главы содержит достаточно полную техническую информацию о созданной установке, в частности, об использовании вакуумных уплотнителей в ее секциях и характеристики вакуумных насосов.

В разделе 2.2 при рассмотрении вопросов использования первичных мембран не уделено внимание способу насечения посредством создания больших сжимаемых усилий с манометрической индикацией (например, использование гидравлического пресса).

В третьей главе диссертации (8 страниц текста) дано описание измерительного оборудования установки и принципов его функционирования. Проведена оценка погрешности измерений.

Ввиду малого объема третьей главы следовало бы включить ее разделы в предыдущую главу и объединить таким образом главы 2 и 3.

В четвертой главе (объемом 41 страница) приведены результаты экспериментального и численного исследования формирования набегающего потока. Проведено определение конфигурации фронта потока газа на выходе из сопла с использованием специальной гребенки, что позволило дать рекомендации по расположению рабочей области для исследования моделей в данной установке.

Описано поведение воздушных потоков с разными числами Маха около исследуемых элементов конструкции летательных аппаратов. На основе сравнения визуальных данных проведена оценка поперечных размеров рабочей области в тестовой секции установки.

Исследованы вопросы многорежимного обтекания моделей, связанного с многократным отражением ударной волны от торцевой стенки перед входом в

сопловой блок. Это позволило оценить возможность проведения таких экспериментов для газодинамических исследований и определить характеристики набегающего на модель потока при многорежимном течении.

Выполнено сравнение экспериментально полученных структур потока около моделей воздухозаборника и проточной части вариантов моделей гиперзвукового прямооточного воздушно-реактивного двигателя с результатами численного моделирования. Сравнение показало удовлетворительное совпадение.

По данной главе есть следующие замечания. В разделе 4.2 приводятся результаты сравнения показаний, представленных на рисунках 66 и 70. Между ними 5 страниц текста, что затрудняет чтение раздела. По результатам теневых фотографий раздела 4.3 трудно судить о характеристиках зон отрыва. Также не изучено влияние границ стенок тестовой секции на поток около модели.

Пятая глава (15 страниц текста) содержит описание технологических подробностей работы гиперзвуковой ударной аэродинамической трубы ИПМех РАН.

И, наконец, в шестой главе (объемом 22 страницы) содержится обзор методов компьютерного трехмерного построения моделей летательных аппаратов в системах автоматизированного проектирования. Приведены примеры построения компьютерных моделей гиперзвуковых летательных аппаратов X-43, Waverider, X-51A.

Согласно логическому ходу структуры диссертации шестая глава нужна для комплексного представления проделанной работы, однако, ее можно было вынести как вспомогательное сопутствующее приложение.

В заключении кратко сформулированы основные результаты, полученные в работе.

### **Выводы**

Диссертационная работа может быть рассмотрена как пример проведения цельного научного исследования, включающего этапы анализа современного положения дел, создания и модернизации экспериментальной установки, проведения экспериментальных исследований и решения ряда практически важных инженерных задач.

Тема диссертации соответствует выбранным специальностям, цели и задачи исследований достигнуты, выводы и рекомендации представляют научный и практический интерес.

Полученные в диссертации экспериментальные результаты могут быть использованы в организациях, занимающихся вопросами аэродинамики и теплообмена гиперзвуковых летательных аппаратов.

Созданная в ИПМех РАН и совершенствовавшаяся в процессе написания диссертации гиперзвуковая ударная аэродинамическая труба представляет особую практическую значимость в области экспериментальных исследований механики сверхзвуковых и гиперзвуковых потоков.

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

Основные результаты работы достаточно полно опубликованы в сборниках научных трудов, а также в реферируемых журналах.

Автореферат отражает содержание диссертации.

В качестве общих замечаний по работе можно отметить следующие:

1. В диссертационной работе подробно освещается вопрос о контактной регистрации параметров давления в рабочих частях аэродинамических установок посредством высокоскоростных датчиков. Однако, при описании полученных на гиперзвуковой ударной аэродинамической трубе экспериментальных результатов содержится мало информации о параметрах давления в тестовой секции установки. Интерес для практики представляет и измерение теплового потока.
2. При сравнении полученных на установке визуальных данных видно использование стекол с различными оптическими характеристиками в качестве иллюминаторов рабочей секции, что влияет на регистрацию картины ударно-волнового взаимодействия.
3. В тексте диссертации имеются неточности и опечатки.

Указанные замечания не снижают научной и практической значимости работы, а также возможности ее дальнейшего развития и использования в инженерной практике. Устранение этих недостатков является одним из путей совершенствования работы при проведении дальнейших исследований.

Характеризуя диссертацию Котова М.А. в целом, следует отметить, что основные результаты работ являются новыми и хорошо обоснованными. Защищаемые диссертантом расчетные методики, безусловно, имеют значимое практическое приложение.

## Заключение

Представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук диссертация Котова Михаила Алтаевича выполнена на высоком научном уровне с использованием современного научного подхода и является законченной научно-исследовательской работой, имеющей важное значение для отраслей авиационной и ракетно-космической промышленности.

Несмотря на указанные замечания, диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу на актуальную тему. Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для науки и практики. Выводы и рекомендации достаточно обоснованы. Работа отвечает требованиям Положения ВАК РФ о порядке присуждения научным и научно-педагогическим сотрудникам ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 «Механика жидкости, газа и плазмы».

**Официальный оппонент**  
**профессор, доктор технических наук,**  
**декан факультета**  
**«Специальное машиностроение»**  
**В.Т. КАЛУГИН**

**Московский государственный  
технический университет им. Н.Э. Баумана**

« 20 » ноября 2014г.

