

УДК 539.9

ОБТЕКАНИЕ СФЕРИЧЕСКИХ И КОНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В ГИПЕРЗВУКОВОЙ УДАРНОЙ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ ТРУБЕ

Котов М.А., Рулева Л.Б., Солодовников С.И., Суржигов С.Т.

*Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук,
Россия, Москва, 119526, проспект Вернадского, д.101-1,
mikhail_kotov88@mail.ru*

Аннотация

Проведены эксперименты на гиперзвуковой ударной аэродинамической трубе по обтеканию моделей простых форм: полусферы, двойного конуса, сферы с клином. Приведены фрагменты видеосъемки обтекания моделей, расположенных под разными углами атаки к сверхзвуковому потоку.

FLOWS OF SPHERICAL AND CONICAL MODELS IN THE HYPERSOUND SHOCK AERODYNAMIC TUBE

Kotov M.A., Ruleva L.B., Solodovnikov S.I., Surzhikov S.T.

Institute for Problems in Mechanics Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow, 119526

Experiments in hypersonic shock aerodynamic tube on the gas flow of simple shapes: a hemisphere, a double cone, and sphere with a wedge. Video fragments of flows for models arranged in different angles of attack are represented.

1. Введение

Эксперименты на гиперзвуковой ударной аэродинамической трубе (ГУАТ) лаборатории РадГД ИПМех РАН по обтеканию моделей летательных аппаратов сложной геометрии [1–4] чередуются с экспериментами обтеканиями моделей геометрии простых форм. Эксперименты с моделями – примитивами проведены с целью повторения классических конфигураций ударно-волновой структуры на ГУАТ для сравнения их с работами, выполненными другими авторами [5–7]. Заданные режимы обтекания моделей геометрии простых форм, как правило, служат для верификации разработанных программных кодов в тестовом режиме.

В настоящей работе представлены результаты экспериментов по обтеканию моделей полусферы, двойного конуса и обтеканию шара с острым клином.

2. Эксперименты по обтеканию модели полусферы

В лаборатории РадГД ИПМех РАН изготовлена модель сферической формы, а также кронштейн с элементами крепления модели в ГУАТ, позволяющие изменять угол атаки по отношению к сверхзвуковому потоку.

На рис.1 приведен эскиз модели полусферы. Изготовлена данная полусфера из дюрала D16. Изготовлены также аналогичные модели полые для размещения в них миниатюрных динамических датчиков давления.

У полусферы, закрепленной на разработанном кронштейне, имелась технологическая возможность изменять угол атаки. Фрагмент теневой картины обтекания полусферы, установленной под углом 15^0 к оси сопла при гиперзвуковом истечении, приведена на рис. 2.

На рис. 2 приведен один из фрагментов, запечатленных высокоскоростной камерой с частотой съемки 2000 кадров/с. Имеются специфические особенности обтекания при набега-

нии потока со сверхзвуковой скоростью на полусфере, торможении потока, стационарные и нестационарные состояния.

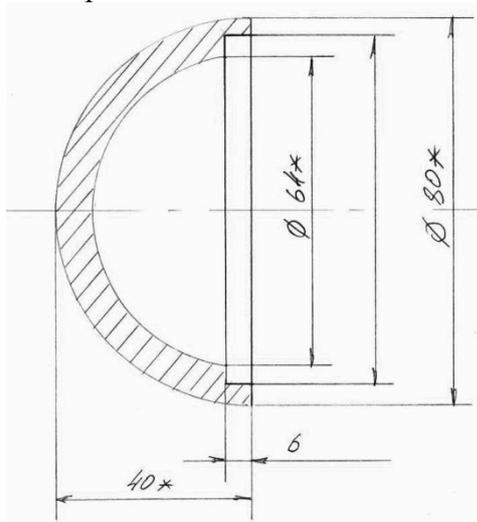


Рис.1. Эскиз модели: полусфера

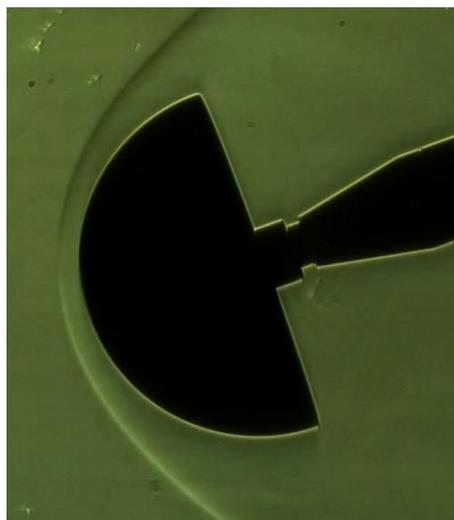


Рис. 2. Картина обтекания полусферы при $M=7$ около полусферы под углом атаки 15°

3. Эксперименты по обтеканию модели двойного конуса

Изготовлена модель двойного конуса, параметры которой приведены на рис.3.

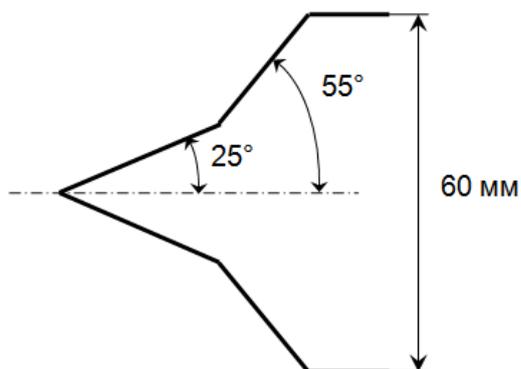


Рис. 3. Параметры двойного конуса

Теневая картина одного из фрагментов видеоряда обтекания двойного конуса в эксперименте изображена на рис. 4.

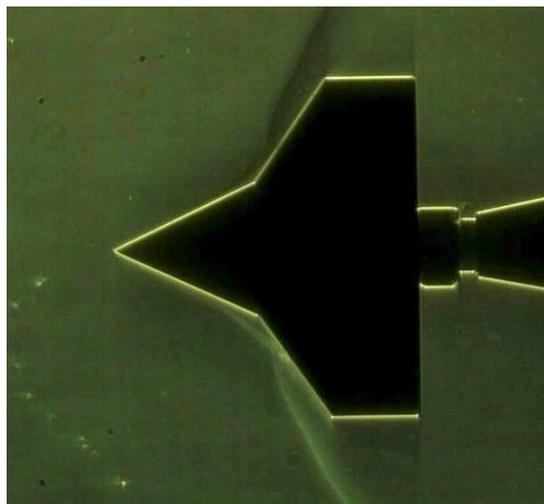


Рис. 4. Гиперзвуковой поток $M = 7$ около модели двойного конуса

Здесь двойной конус был установлен по оси симметрии сверхзвукового потока, истекающего из сопла. В серии экспериментов угловое положение модели менялось относительно оси истекающего из сопла сверхзвукового потока.

4. Эксперименты по обтеканию группы моделей: сфера и острый клин

Изготовленный и испытанный в ГУАТ острый клин [3] и сфера были закреплены в кронштейне и выставлены относительно оси сопла так, что отраженная от поверхности клина ударная волна была направлена в центр сферы. Для этого сфера, диаметром 40 мм смещена относительно острого носа клина на 138 мм, а последний смещен на расстоянии 114 мм относительно края сопла. Данная конструкция, размещенная в вакуумной камере ГУАТ, приведена на рис.5.

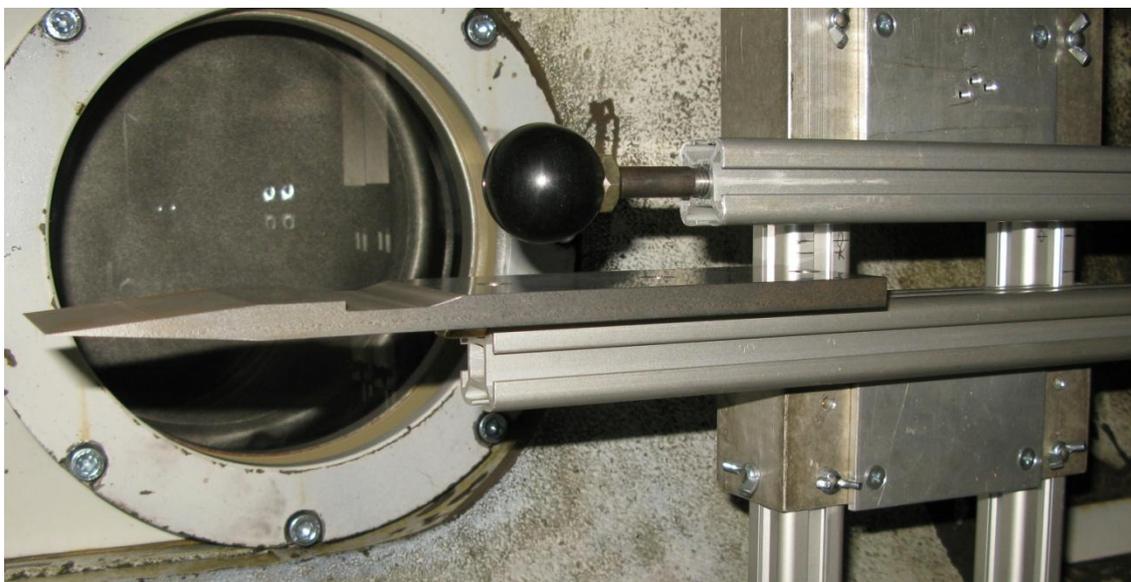


Рис.5. Крепление сферы с острым клином в ГУАТ

На рис. 6. приведен фрагмент теневой картины обтекания исследуемой группы: острый клин и сфера.

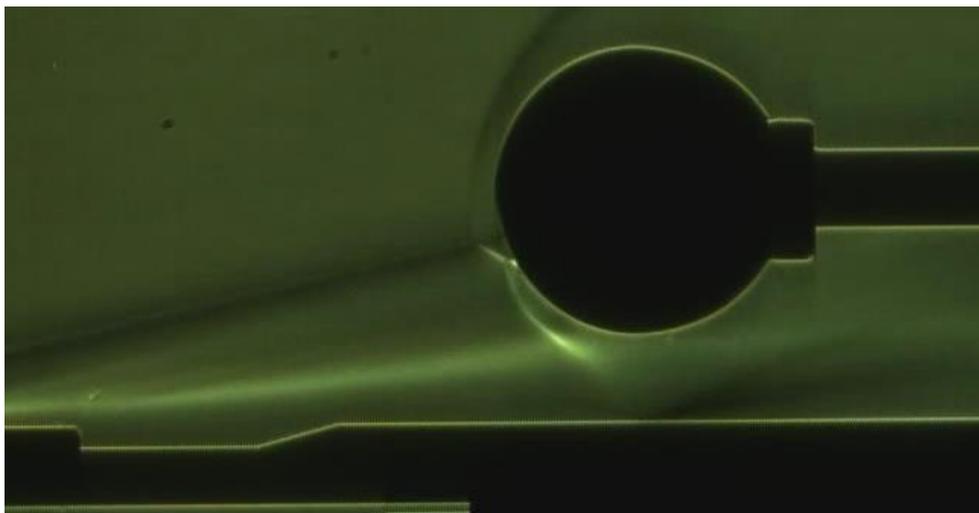


Рис. 6. Характерная картина падающей и отраженных волн около исследуемой группы: острый клин и сфера

На рис. 7 изображены сигналы высокочастотных датчиков давления, расположенных в камерах высокого и низкого давлений.

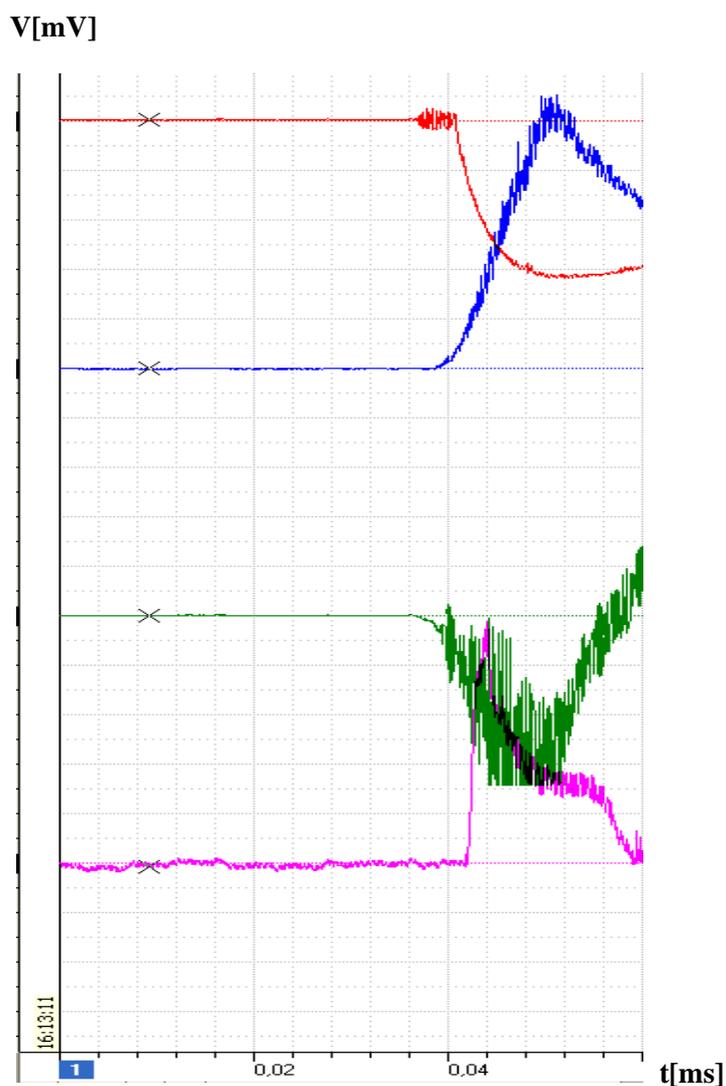


Рис.7. Графики сигналов высокочастотных датчиков давлений, установленных в КВД и КНД

Здесь верхний график связан с датчиком, установленным в торце КВД. Ниже расположены графики датчиков, вмонтированных в центр КНД, первый из которых РСВ, США, второй РФ. Нижний график датчика, установленного на входе в сопло.

Приведенные эксперименты с моделями простых форм на разных числах Маха с фиксацией давлений датчиками динамического давления, могут быть полезны при сложных расчетах моделей летательных аппаратов [8].

Заключение

Выполненные эксперименты показали хорошую согласованность с аналогичными работами и могут служить информацией при верификации разрабатываемых программных кодов.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных исследований РАН «Аэротермодинамика и навигация гиперзвуковых летательных аппаратов».

Литература

1. Kotov M.A., Kryukov I.A., Ruleva L.B., Solodovnikov S.I., Surzhikov S.T. Experimental Investigation Of An Aerodynamic Flow Of Geometrical Models In Hypersonic Aerodynamic Shock Tube // AIAA 2013-2931, 14 p.
2. Surzhikov S.T., Seleznev R.K., Tretjakov P.K., Zabaykin V.A. Unsteady Thermo-Gasdynamic Processes in Scramjet Combustion Chamber with Periodical Input of Cold Air // AIAA 2014-3917, 50th AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference, 2014.
3. Котов М.А., Рулева Л.Б., Солодовников С.И., Суржилов С.Т. Исследование ударно-волновых процессов обтекания клиновидных моделей с кавернами в гиперзвуковой ударной аэродинамической трубе// Физико-химическая кинетика в газовой динамике. 2014. Том 15. Вып. 3. <http://www.chemphys.edu.ru/pdf/2014-10-02-002.pdf>
4. Котов М.А., Рулева Л.Б., Солодовников С.И., Суржилов С.Т. Проведение экспериментов по обтеканию моделей в гиперзвуковой ударной аэродинамической трубе// Физико-химическая кинетика в газовой динамике. 2013. Т.14, Вып.4. <http://www.chemphys.edu.ru/pdf/2013-12-20-008.pdf>
5. Ван-Дайк М. Альбом течений жидкости и газа./ Баренблат Г.И., Шидловский В.П. М.: Мир, 1986. 184 с.
6. Красильщиков А.П., Гурьяшкин Л.П. Экспериментальные исследования тел вращения в гиперзвуковых потоках. М.: Физмат, 2007. 208 с.
7. Аэротермодинамика летательных аппаратов в фотографиях / Майкапф Г.И. Жуковский. ЦАГИ. 2003. С.140–141.
8. Суржилов С.Т. Трехмерная вычислительная модель аэротермодинамики спускаемых космических аппаратов// Физико-химическая кинетика в газовой динамике. 2010. Том 9. <http://www.chemphys.edu.ru/pdf/2010-01-12-002.pdf>

Статья поступила в редакцию 20 ноября 2014 г.