

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ГОЛОВНОЙ И ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ЧАСТЕЙ МОДЕЛИ НВ-1 ПРИ ВЫДУВЕ ЖИДКОСТИ НАВСТРЕЧУ СВЕРХЗВУКОВОМУ ПОТОКУ

А. Е. Бердюгин, В. М. Фомин, В. П. Фомичев

Институт теоретической и прикладной механики СО РАН, 630090 Новосибирск

С помощью внутримодельных тензовесов отдельно измерены величины газодинамического сопротивления головной и цилиндрической частей тестовой модели НВ-1 в сверхзвуковом потоке. Показано, что выдув струи жидкости из головной части модели навстречу потоку приводит к уменьшению сопротивления как головной, так и цилиндрической частей.

В работе [1] исследовалось влияние выдува тонкой струи жидкости навстречу сверхзвуковому потоку на аэродинамические характеристики обтекаемых тел различной конфигурации. Обнаружено, что при воздействии на натекающий поток струей жидкости происходит значительное снижение аэродинамического сопротивления не только затупленных, но и заостренных тел.

Известно, что в сверхзвуковых потоках сопротивление тел складывается из сопротивлений головной части модели (волнового), цилиндрической (трения) и донной. Возникает вопрос о том, какое влияние оказывает выдув жидкости на каждую составляющую. Для этих исследований была изготовлена модель НВ-1(2К), в которой головная и цилиндрическая части смонтированы отдельно на двух однокомпонентных независимых тензовесах, измеряющих осевую нагрузку. Схема модели приведена на рис. 1. Головная часть 1 закреплена на тензовесах 2, а цилиндрическая часть 3 — на тензовесах 4. Тензовесы и донная часть модели 6 размещались на державке 5, которая крепилась на штатных весах аэродинамической трубы Т-313 ИТПМ СО РАН. Канал для подачи жидкости 8 проходил по оси державки, поэтому реакция струи и сила давления потока на торцевую часть сопла 7 для выдува жидкости не отражались в показаниях тензовесов, но влияли на величину полного сопротивления модели, измеряемого штатными весами аэродинамической трубы.

Основной трудностью при использовании тензовесов в аэродинамическом эксперименте является учет «температурного дрейфа нуля». Это связано с термическими деформациями элементов конструкции модели при нестационарном теплообмене ее с обтекающим потоком. Для измерения температуры тензовесов на их конструктивных элементах были установлены терморезисторы. Однако совместить пространственно тензоэлементы весов и терморезисторы оказалось невозможно, что в результате привело к эффекту гистерезиса в зависимости между показаниями тензовесов и терморезисторов при нагреве и охлаждении модели. Характер этой зависимости был изучен при проведении специальных тарировочных испытаний, в ходе которых моделировалось изменение температуры тензовесов в аэродинамическом эксперименте. В результате получены стационарная зависимость нулевого показания тензовесов от температуры и динамическая составляющая, пропорциональная производной температуры тензовесов по времени. Это позволило построить график фактического «температурного дрейфа нуля», который учитывался при обработке экспериментальных данных.

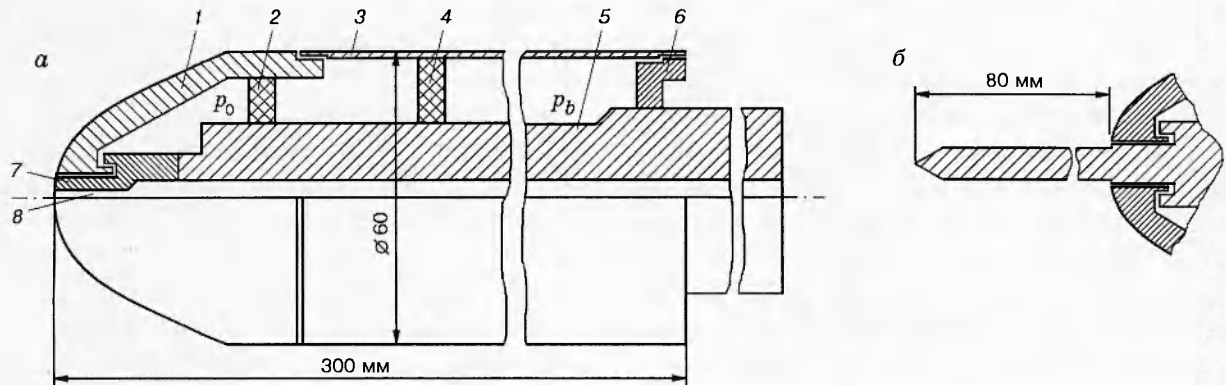


Рис. 1. Конструкция модели в экспериментах:

a — с жидкостью, *б* — с иглой; 1 — головная часть, 2 — тензovesы головной части, 3 — цилиндрическая часть, 4 — тензovesы цилиндрической части, 5 — державка, 6 — донная часть, 7 — сопло, 8 — канал для подачи жидкости

Общее сопротивление модели при обтекании потоком с числом Маха $M = 4$ измерялось штатными весами аэродинамической трубы Т-313. Для учета внутреннего обдува определялось внутримodelьное давление в головной части модели p_0 и вблизи донной части p_b (рис. 1, *a*). Сравнивались значения аэродинамического сопротивления модели НВ-1 в трех режимах: без воздействия на поток, при воздействии струей жидкости и тонкой иглой. Жидкость (75 % раствор этилового спирта в воде) подавалась навстречу потоку из головной части модели через сопло 7. Диаметр сопла (2,4 мм при диаметре модельного сечения модели 60 мм), выбранный согласно результатам [1], соответствовал максимальному снижению сопротивления. Влияние донного давления в эксперименте не учитывалось,

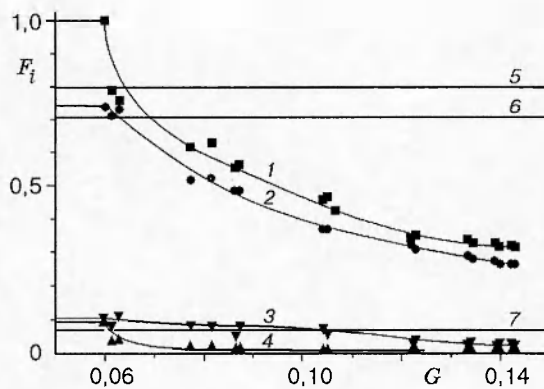


Рис. 2. Экспериментальная зависимость аэродинамического сопротивления головной и цилиндрической частей модели от относительного расхода жидкости G :

1 — суммарное сопротивление модели с подачей жидкости, измеренное штатными аэродинамическими весами, F_1 ; 2 — сила сопротивления головной части, измеренная тензovesами, F_2 ; 3 — сопротивление цилиндрической части, измеренное тензovesами, F_3 ; 4 — поправка за счет внутримodelьного обдува головной части, рассчитанная по измерениям внутримodelьного давления, F_4 ; 5 — величина сопротивления модели с иглой, измеренная штатными весами, F_5 ; 6 — величина сопротивления головной части модели с иглой, F_6 ; 7 — величина сопротивления цилиндрической части модели с иглой, F_7

поскольку при $M = 4$ (согласно штатным измерениям) величина донного сопротивления не превышает 0,1 % от полного сопротивления модели, что значительно меньше общей погрешности эксперимента.

В результате измерений установлено, что сопротивление головной части модели (F_2) при выдуве жидкости с относительным расходом G около 0,14 снижалось в 2,8 раза, а цилиндрической части (F_3) — в 3,2 раза (рис. 2). Расход жидкости, выдуваемой из тела навстречу потоку, отнесенный к расходу газа набегающего потока через мидельное сечение модели, определялся из условий, предложенных в [1].

Таким образом, уменьшение волнового сопротивления связано с изменением формы ударной волны, а уменьшение сопротивления трения, видимо, связано с перестройкой пограничного слоя. Это позволяет предположить, что даже у тел, волновое сопротивление которых не уменьшается за счет выдува струи жидкости или установки иглы [2], общее газодинамическое сопротивление будет уменьшаться за счет уменьшения сопротивления трения, что особенно важно для тел большого удлинения с оживальной головной частью.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 94-01-01453).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бердюгин А. Е., Фомин В. М., Фомичев В. П. Управление сопротивлением тел в сверхзвуковых потоках газа за счет выдува струй жидкости // ПМТФ. 1995. Т. 36, № 5. С. 40–47.
2. Чжен П. Управление отрывом потока. М.: Мир, 1979.

Поступила в редакцию 31/III 1997 г.
