

## ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЕПЛООВОГО СЛОЯ НА ПАРАМЕТРЫ УДАРНОЙ ВОЛНЫ

Т.А. Киселева, В.Ф. Чиркашенко

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт теоретической и прикладной механики  
им. С.А. Христиановича Сибирского отделения, 630090, Новосибирск, Россия*

Рассматривается метод активного воздействия на структуру возмущенного течения вблизи головной ударной волны (УВ) путем организации в потоке теплового струйного слоя. В [1] представлены аналитические и численные оценки по воздействию теплового следа на параметры ударной волны. На основании численного моделирования процесса взаимодействия плоской УВ с неподвижным тепловым слоем, а также аналитического анализа в рамках теории коротких волн в [1] показано, что в зависимости от параметров падающей УВ (интенсивность, длина волны) и теплового слоя (толщина, температура) возможно как уменьшение интенсивности, прошедшей тепловой слой, УВ, так и её увеличение. В [2] показана возможность существенного уменьшения интенсивности падающей ударной волны при взаимодействии ее с нагретым дозвуковым слоем. Однако единого мнения о механизмах снижения интенсивности УВ пока нет. Исследования, представленные в данной работе, направлены на проверку эффективности активного метода управления параметрами УВ и определение условий его реализации.

В малогабаритной аэродинамической установке (диаметр среза профилированного сопла 0.1м) проведены экспериментальные исследования по управлению параметрами слабой косой ударной волны, распространяющейся в сверхзвуковом потоке ( $M=2,1$ ), путем воздействия на неё слоя нагретого газа. Слой газа пониженной плотности создавался истечением из щелевого насадка продуктов сгорания смеси водорода с воздухом. Температура газа при входе в сверхзвуковой поток практически в три раза превышала температуру торможения спутного потока. Генератором ударной волны служила модель в виде конуса на цилиндре с углами полураствора  $15^\circ$  и  $20^\circ$ . Продольное распределение возмущенного статического давления за отраженной головной УВ измерялось вблизи модели с помощью измерительной дренированной пластины. На рисунке 1 показаны результаты измерения возмущенного статического давления вблизи модели. Получено незначитель-

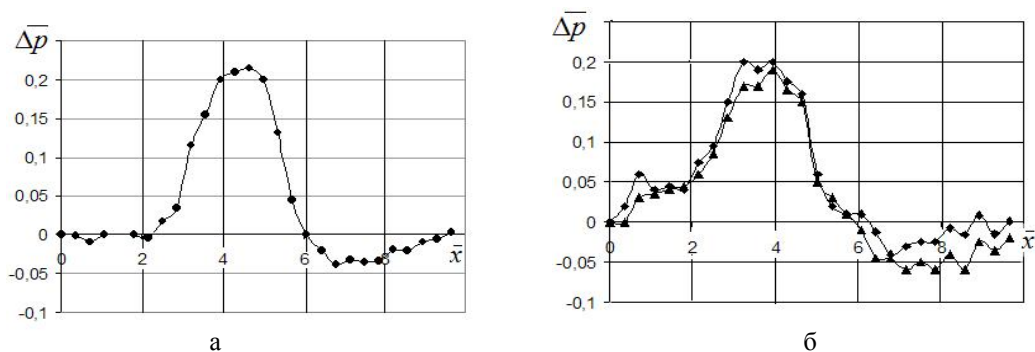


Рис. 1. Распределение относительного избыточного статического давления:

а - без энергоподвода, б – с энергоподводом.

ное (5%) снижение интенсивности прошедшей тепловой слой ударной волны. При этом перед фронтом головной ударной волны формируется область повышенного давления, которая генерируется деформированным тепловым слоем под действием распространяющихся в нем возмущений от головной ударной волны. Характер полученного распределение давления в виде сформировавшейся протяженной по потоку области избыточного давления, предшествующей головной УВ, указывает на уменьшение эффективности воз-

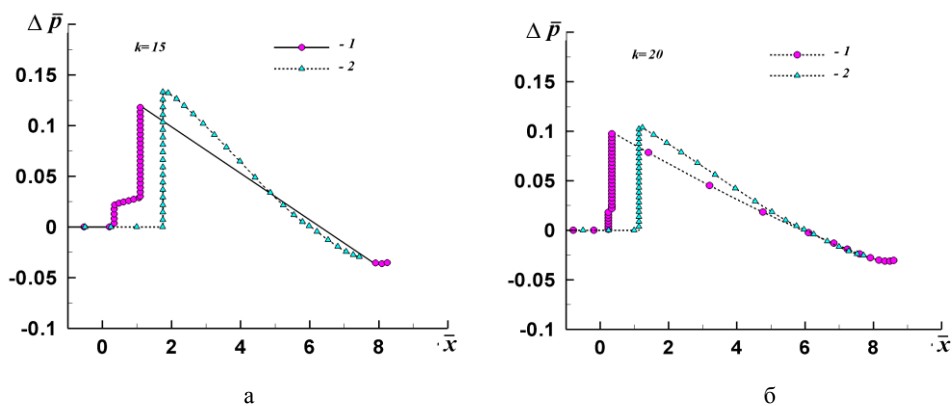


Рис. 2. Профили относительного избыточного статического давления при различных удалениях от модели: 1- с энергоподводом, 2 – без энергоподвода.

действия головной ударной волны.

Результаты пересчета измеренных профилей давления на большие удаления (см. рис.2), выполненные методом, изложенным в [3], показали на незначительное влияние реализованного теплового слоя на параметры ударной волны. По мере удаления УВ от модели, в результате влияния нелинейных эффектов распространения возмущений, протяженность по потоку волны сжатия быстро уменьшается (см. рис.2а) и на удалении порядка 20 калибров (см. рис.2б) она практически отсутствует.

В виду ограниченных возможностей условий эксперимента для уменьшения интенсивности УВ, согласно [1,2], были выполнены численные исследования взаимодействия ударной волны с тепловым следом. Исследования проводились в рамках двумерных стационарных уравнений Навье-Стокса с использованием пакета программ ANSYS Fluent. Начальные и граничные условия задавались приближенными к условиям эксперимента. На основании параметрических исследований определено влияние параметров потока в тепловом слое. Показано слабое влияние отношения акустических импедансов и отношения температур в тепловом следе и набегающем потоке на уменьшение интенсивности ударной волны. Основным фактором, обеспечивающим существенное снижение интенсивности УВ, является дозвуковой режим течения в тепловом слое в области взаимодействия. Эффективность уменьшения интенсивности УВ увеличивается с уменьшением величины дозвукового числа Маха и увеличением поперечного размера теплового слоя.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Меньшаков С.С., Охитин В.Н.** О защитных свойствах слоя горячего воздуха // ПМТФ. 2002. Т. 43. №4. с. 87-97.
2. **Зудов В.Н.** Взаимодействие ударной волны с дозвуковым нагретым слоем// Письма в ЖТФ. 2010. Т. 36, вып. 18. С. 82-88.
3. **Рыжов О.С.** Затухание ударных волн в стационарных течениях // ПМТФ. 1961. № 6. С. 36-40.