

УДК 533.6.011

Экспериментальное исследование эффектов пассивного управления режимами сверхзвукового обтекания кольцевой каверны

Симоненко Михаил Михайлович^(*)

sim1950@mail.ru

Зубков Александр Федорович

9392998@mail.ru

НИИ механики МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Аннотация. Экспериментально изучалось сверхзвуковое обтекание кольцевой каверны на конически заостренном цилиндрическом теле при различных условиях формирования потока на входе в каверну. На основе результатов визуализации и измерения давления получены новые данные о возможности пассивного управления режимами обтекания каверны. Показано, в частности, что турбулизация отрывающегося слоя смещения приводит к расширению области открытых режимов течения и сокращению области неоднозначности.

Ключевые слова: угол атаки, гистерезис, пассивное управление, открытая каверна, замкнутая каверна

Введение. Сверхзвуковое обтекание каверн (вырезов, выемок) на поверхности тел представляет интерес, как для практических приложений, так и для фундаментальной аэродинамики. В зависимости от относительной протяженности каверны отрывное течение в каверне может быть двух видов: с открытым и замкнутым режимами взаимодействия. В некотором диапазоне изменения относительной протяженности возможны оба режима и имеет место гистерезис [1]. С практической точки зрения открытый режим сверхзвукового обтекания каверны предпочтителен. В связи с этим рассматривались различные способы активного и пассивного управления течением в каверне [2]. Целью данной работы являлось изучение возможности управления режимами обтекания кольцевой каверны пассивными методами, определяющими структуру и параметры потока на входе в каверну.

Материалы и методы; результаты. Экспериментальная модель включала цилиндрический корпус 1 с выдвижным цилиндрическим стержнем 2, на свободном конце которого соосно установлен гладкий (модель Т0) конус 3, рис. а.

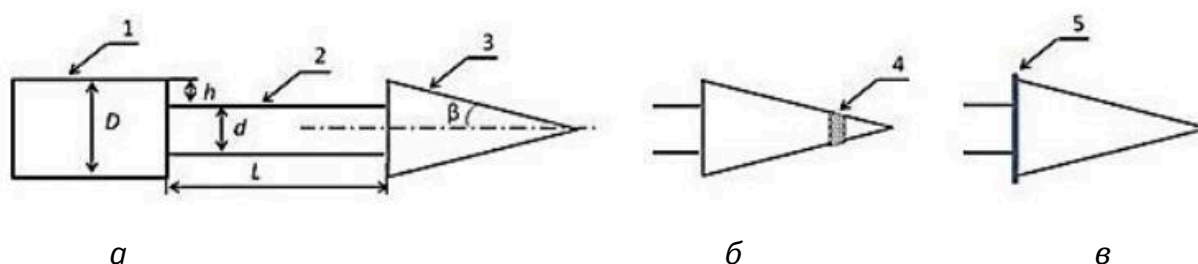


Схема модели Т0 (а), и головные части моделей Т1 (б) и Т2(в)

Геометрические параметры модели: $D = 45$ мм; $d = 29$ мм; $h = 8$ мм; $\beta = 10^\circ, 20^\circ$ и 30° . Модель Т1 снабжена турбулизатором пограничного слоя в виде кольцевой песчаной полоски 4 (рис. б), модель Т2 — турбулизатором слоя смещения в виде кольцевого сетчатого интерцептора 5 высотой $h/10$ (рис. в). Эксперименты проведены в аэродинамической трубе А-7 НИИ механики МГУ ($M = 3$, $Re_1 = 3.6\text{--}3.8 \times 10^7 \text{ м}^{-1}$). В ходе экспериментов осуществлялось непрерывное изменение в потоке протяженности каверны ($L/h = 6\text{--}20$) и угла атаки ($\alpha = 0\text{--}15^\circ$).

На основе результатов визуализации и измерения давления в параметрической плоскости (α , L/h) определены границы областей однозначных и неоднозначных режимов обтекания кольцевой каверны. На соответствующих углах атаки при уменьшении угла раствора головного конуса наблюдалось увеличение протяженности области открытых режимов течения в каверне. Принудительная турбулизация слоя смещения также приводила к расширению границ области открытых режимов обтекания каверны при практически неизменных границах области замкнутых режимов, при этом область неоднозначных режимов вырождалась на углах атаки более $5\text{--}6^\circ$.

Заключение. Показана возможность управления режимами сверхзвукового обтекания кольцевой каверны на конически заостренном осесимметричном теле пассивными методами, определяющими условия формирования потока на входе в каверну.

Работа выполнена в рамках темы АААА-А16-116021110201-2.

Список источников

- [1] Simonenko M.M., Guvernyuk S.V., Zubkov A.F. Hysteresis properties of supersonic flow past an annular cavity at angles of attack. *AIP Conf. Proc.*, 2023, vol. 2549, art. no. 070004. <https://doi.org/10.1063/5.0107904>
- [2] Lawson S.J., Barakos G.N. Review of numerical simulations for high-speed, turbulent cavity flows. *Progr. Aerosp. Sc.*, 2011, vol. 47, pp. 186–216. <https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2010.11.002>