

Р. А. Валитов

*Казанский государственный университет,
ramilbox@mail.ru*

ПРИМЕНЕНИЕ УСТРОЙСТВ АКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОГРАНИЧНЫМ СЛОЕМ С УЧЕТОМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ОТРЫВА ПОТОКА

В настоящей работе исследовано применение устройств активного управления пограничным слоем (ПС) на крыловых профилях для устранения отрыва потока. В качестве таких устройств использовались движущаяся стенка, отсос ПС и тангенциальный вдув в ПС. В число искомых величин входили поле скоростей в ПС и его аэродинамические характеристики (интегральные толщины, коэффициент сопротивления трения, точка отрыва).

В решении применялись неявная схема прямого решения уравнений ПС [1] и метод построения адаптивной сетки с определением размеров расчетной области, который позволил сократить число узлов в 2.5 раза и уменьшить время вычислений в 3–4 раза по сравнению с расчетами на равномерных прямоугольных сетках. Для расчета турбулентного ПС использовалась двухзонная модель Прандтля (см., напр., [2, 3]).

Проведена серия расчетов для крылового профиля НАСА 0012, обтекаемого с отрывом при угле атаки $\alpha = 14^\circ$. Располагая на поверхности крылового профиля устройства активного управления ПС с подходящими параметрами, продемонстрирована возможность управления точкой отрыва и достигнуто безотрывное обтекание для каждого из устройств. Найдены поля скоростей в ПС и аэродинамические характеристики. Учитывались энергетические затраты для сравнения эффективности тех или иных устройств активного управления ПС. Для этих целей энергетические затраты на работу механизмов активного управления ПС представлялись в виде эквивалентного коэффициента сопротивления C_{xp} . Результирующий коэффициент сопротивления $C_t = C_d + C_{xp}$

использовался в качестве параметра для сравнения эффективности устройств активного управления ПС [4], где C_d – коэффициент силы сопротивления трения.

Расчет энергетических затрат показал, что минимальные значения C_{xp} достигнуты для движущейся стенки, а максимальное значение – для отсоса ПС. При этом увеличение площади движущейся стенки оказалось более выгодным, чем повышение скорости ее движения. Максимальный коэффициент сопротивления трения соответствовал тангенциальному вдуву, минимальный – движущейся стенке. В итоге наиболее выгодным с позиции минимума результирующего коэффициента сопротивления оказалось использование движущейся стенки, а наиболее затратным оказалось применение отсоса ПС.

Выражаю благодарность Н.Б. Ильинскому и Д.Ф. Абзалилову за предложенную задачу и полезные советы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 гг (гос. контракт №П1124).

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Флетчер К. *Вычислительные методы в динамике жидкостей*: в 2-х т.: Т.2.: пер. с англ. – М.: Мир, 1991.
2. Wilcox D.C. *Turbulence Modeling for CFD*. 2nd Ed., DCW Industries, Inc., 1993.
3. Лапин Ю.В., Гарбарук А.В., Стрелец М.Х. *Алгебраические модели турбулентности для пристенных канонических течений (немного истории и некоторые новые результаты)*. – Спб.: Научно технические ведомости СПбГПУ, №2. с. 81-95, 2004.
4. Чжен П. *Управление отрывом потока*. – М.: пер. с англ., Мир, 1979.