

# ЗАДАЧА МИНИМИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ ДВИЖУЩЕЙСЯ СТЕНКИ НА КРЫЛОВОМ ПРОФИЛЕ

Д. Ф. Абзалилов, Р. А. Валитов, Н. Б. Ильинский

НИИ математики и механики им. Н. Г. Чеботарева, Казань

Движущаяся стенка рассматривается в качестве устройства активного управления пограничным слоем (ПС) [1, 2] и представляется в виде подвижной поверхности на крыловом профиле, которая инженерно может быть реализована ленточно-протяжным механизмом или иным способом. При этом целью ее применения является устранение отрыва потока. Для этого поставлена и решена задача поиска оптимальных параметров движущейся стенки, которую следует расположить на поверхности заданного крылового профиля, обтекаемого турбулентным течением с отрывом потока, при которых достигается минимум результирующего коэффициента сопротивления при условии безотрывного обтекания. Результирующий коэффициент сопротивления характеризует эффективность работы движущейся стенки, учитывает сопротивление трения крылового профиля и энергетические затраты на работу активным управлением потоком.

К рассматриваемым параметрам движущейся стенки относятся ее положение на крыловом профиле (начальная и конечная позиции) и скорость движения. В процессе решения проводились аэродинамические расчеты обтекания крыловых профилей с движущейся стенкой с использованием неявной схемы прямого решения уравнений ПС на адаптивной сетке [3], в результате находились поле скоростей в ПС и его аэродинамические характеристики (коэффициент сопротивления трения, точка отрыва). Задача оптимизации решалась с использованием метода штрафных функций [4]. Составлена программа и проведена серия расчетов для крылового профиля НАСА 0012, обтекаемого с отрывом при угле атаки  $\alpha = 14^\circ$ . В каждом из случаев достигалось безотрывное обтекание, приведены оптимальные значения для искомых параметров и соответствующий минимальный результирующий коэффициент сопротивления. Сделаны выводы, касающиеся выбора оптимальных параметров движущейся стенки.

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

## Список литературы

- [1] Чжен П. *Управление отрывом потока*. М.: пер. с англ., Мир, 1979.
- [2] Mohamed Gad-el-Hak. *Flow Control: Passive, Active, and Reactive Flow Management*. Cambridge University Press, 2007.
- [3] Абзалилов Д.Ф., Валитов Р.А., Ильинский Н.Б. *Об управлении пограничным слоем с учетом энергетических затрат для предотвращения отрыва потока*. Журнал вычислительной математики и математической физики, Т. 49, №12, с. 1-10, 2009.
- [4] Bazaraa M., Sherali H., Shetty C. *Nonlinear programming: theory and algorithms*. 3rd Ed. New Jersey: John Wiley & Sons Inc., 2006.