

Куркин Е.И., Лукьянов О.Е., Спирина М.О., Александров И.Б.

СРАВНЕНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕЛ, ПОЛУЧЕННЫХ В ANSYS CFX И В ЭКСПЕРИМЕНТАХ

В работе проведено сравнение аэродинамических характеристик простейших тел на примере цилиндра. Алгоритм расчета реализован в среде MATLAB. Верификация разработанной программы проведена путем сравнения ее результатов с результатами расчета в ANSYS CFX. Проведен анализ изменения аэродинамических сил и моментов, действующих на тела при различных углах атаки.

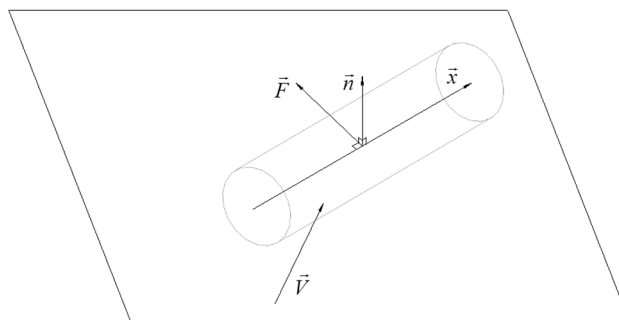


Рисунок 1 – Схема обтекания цилиндра и расчета силы аэродинамического сопротивления

По результатам эксперимента известно, что сопротивление может быть рассчитано по следующим формулам, записанным в векторном виде:

$$\vec{F} = \left(\frac{1}{2} \cdot c_x \cdot |\vec{x}| \cdot r \cdot \rho \cdot \vec{V}^2 \cdot \vec{n}_{\vec{V}_i} \right) \cdot \vec{n}_{\vec{x}\vec{V}_0},$$

где $\vec{n}_{\vec{V}_i} = \vec{V}_i \cdot \vec{n}_{\vec{x}\vec{V}_0}$, $\vec{n}_{\vec{x}\vec{V}_0} = \frac{\vec{n}_{\vec{x}\vec{V}_i \text{sgn}}}{|\vec{n}_{\vec{x}\vec{V}_i \text{sgn}}|}$, $\vec{n}_{\vec{x}\vec{V}_i \text{sgn}} = \vec{n}_{\vec{x}\vec{V}_i} \cdot \text{sgn}(\vec{n}_{\vec{x}\vec{V}_i} \cdot \vec{V})$, $\vec{n}_{\vec{x}\vec{V}_i} = \vec{n}_{\vec{x}\vec{V}} \times \vec{x}$,

$\vec{n}_{\vec{x}\vec{V}} = \vec{x} \times \vec{V}$, \vec{x}_1 – координаты начальной точки цилиндра, \vec{x}_2 – координаты конечной точки цилиндра, r – радиус цилиндра, c_x – коэффициент лобового сопротивления цилиндра, ρ – плотность воздушной среды.

Расчет в ANSYS CFX был выполнен с построением блочно-структурированной сетки, состоящей из 10 миллионов элементов гексагональной формы, построенной в ANSYS ICEM CFD. Размеры расчетной области составляют 27 м x 18 м x 20 м. Безразмерная толщина пристеночной ячейки не превышает 6 (рисунок 2).

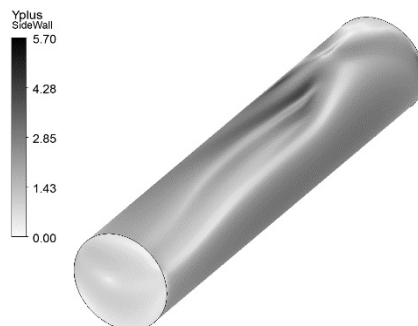


Рисунок 2 – Безразмерная толщина пристеночной ячейки Y^+ на поверхности цилиндра

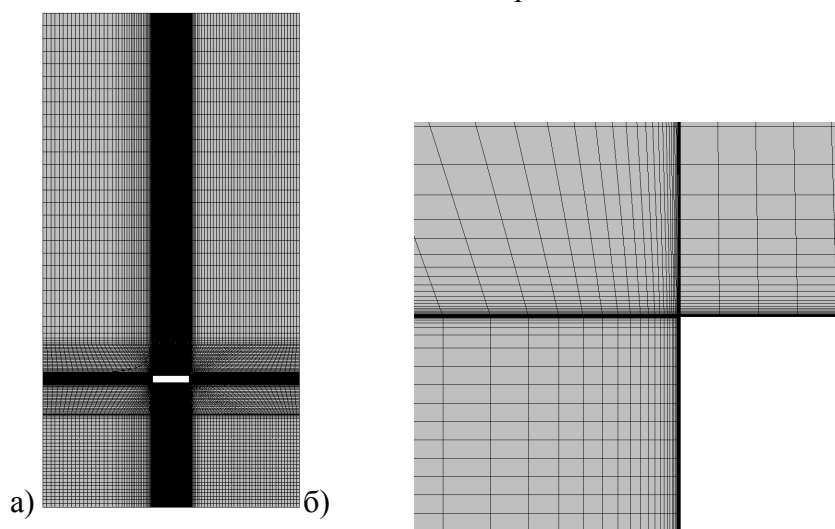


Рисунок 3 – Расчетная сетка: а) общий вид, б) вблизи стенки цилиндра

Использована SST модель турбулентности. Исследован обдув цилиндра воздухом со скоростью 60 м/с под углами атаки 90° (перпендикулярно оси цилиндра). Расчет проведен на суперкомпьютере Самарского университета «Сергей Королев». В результате вычислений были получены поля давлений и скоростей (рисунок 4).

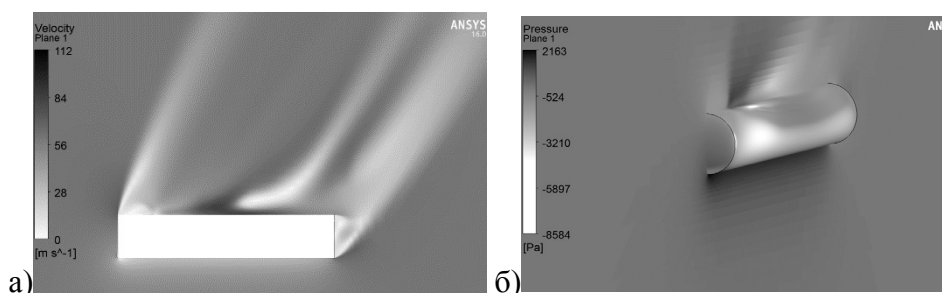


Рисунок 4 – Поля: а) скоростей, б) давления

Полученные в ANSYS CFX результаты расчета сравниваются с данными, полученными в системе MATLAB по представленным выше эмпирическим зависимостям. На рисунке 5 представлен график зависимости силы сопротивления от угла атаки.

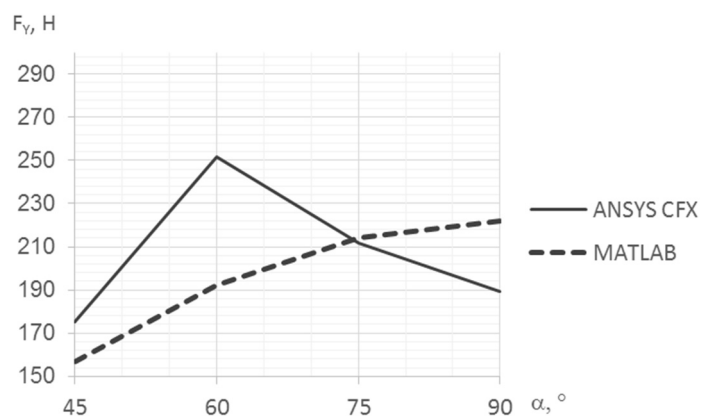


Рисунок 5 – Зависимость силы аэродинамического сопротивления от угла атаки

Значения величины подъемной силы вычисленные по эмпирическим зависимостям и методом контрольных объемов имеют один порядок и лежат в диапазоне от 150 Н до 250 Н.

В то же время более подробный учет концевых эффектов на торцах цилиндра, проведенный с помощью метода конечных объемов, показывает качественные различия в поведении подъемной силы в зависимости от угла атаки.