

Козлова А.С.

СРАВНЕНИЕ ДВУХ МЕТОДОВ РАСЧЁТА КОЭФФИЦИЕНТА ЛОБОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ ТЕЛ

В работе сравниваются два способа вычисления коэффициента лобового сопротивления эллиптических тел. Исследование выбранных тел с различным соотношением полуосей a/b (рис. 1) проведено в программе математического моделирования ANSYS Fluent.

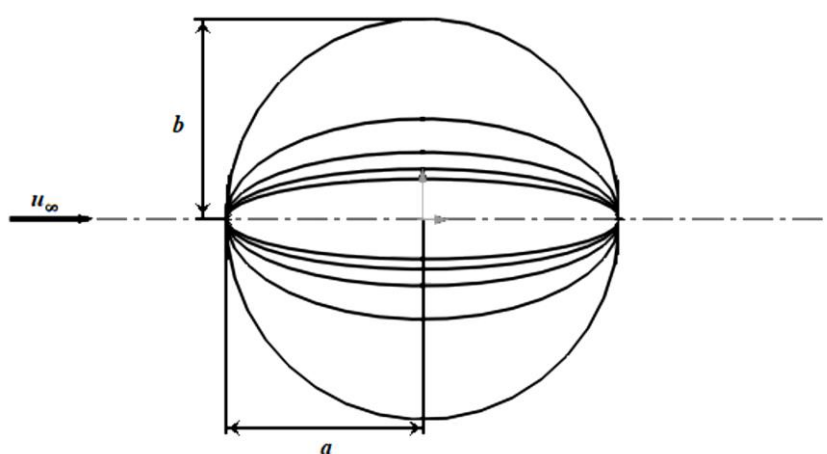


Рис. 1. Объект исследования

Расчёт производился для вязкой несжимаемой жидкости при числе Рейнольдса $Re = \rho u_\infty d / \mu = 10^5$, где $\rho = 1,204 \text{ кг/м}^3$ – плотность воздуха, $\mu = 1,81 \cdot 10^{-5} \text{ Па} \cdot \text{с}$ – динамическая вязкость воздуха при температуре $t = 20^\circ \text{C}$, u_∞ – скорость набегающего потока, м/с.

В качестве первого объекта исследования был выбран круглый цилиндр диаметром $d = 2r = 62,5 \text{ мм}$.

Расчёт коэффициента лобового сопротивления C_{xa} происходил двумя методами. В первом случае был использован метод импульсов [1]. Коэффициент сопротивления определён формулой [1-3]:

$$C_{xa} = \frac{\rho}{2bq} \int_{y=c}^{y=c_1} u_1 (u_\infty - u_1) dy,$$

где $q = \frac{\rho u_\infty^2}{2}$ – скоростной напор, Н/м²; u_1 – скорость в сечении следа позади тела, м/с,

b – продольная полуось рассматриваемого тела, м.

Сечение в следе позади тела выбиралось отстоящим на $40a$ от задней поверхности рассматриваемого тела, s и s_1 – границы интегрирования вдоль вертикальной оси y , м.

Во втором случае вычисление коэффициента лобового сопротивления проведено по формуле:

$$C_{xa} = C_f + C_p, \quad (1)$$

где C_f – полный коэффициент сопротивления трения по поверхности, C_p – полный коэффициент сопротивления давления. Рассчитанные значения коэффициента лобового сопротивления C_{xa} двумя методами представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения коэффициентов лобового сопротивления C_{xa} , полученных по результатам моделирования и эксперимента

Способ исследования	Экспериментальные значения [3,4,5]	Расчёт по методу импульсов	Расчёт по формуле (1)
Фэротруба	1,089	–	–
Flow Simulation [3]	–	1,200	–
ANSYS	–	1,208	1,301

Далее были рассчитаны коэффициенты лобового сопротивления C_{xa} для эллиптических цилиндров с различным соотношением полуосей a/b . На рис. 2 представлены результаты моделирования в ANSYS Fluent для двух методов. Моделирование проведено для стационарного случая. Под стационарностью понимается итерационный метод решения алгебраического аналога дифференциального уравнения с получением невязок, по которым судят о сходимости решения. Решение экстраполируется на нулевую величину невязки, в частности для параметров скорости по продольной и поперечной осям величины невязок не превышают 10^{-3} .

При дискретизации использовался метод конечных объемов. В качестве алгоритма решения системы уравнений движения и неразрывности выбран SIMPLE-метод – один из простых методов, связывающих поля скорости и давления.

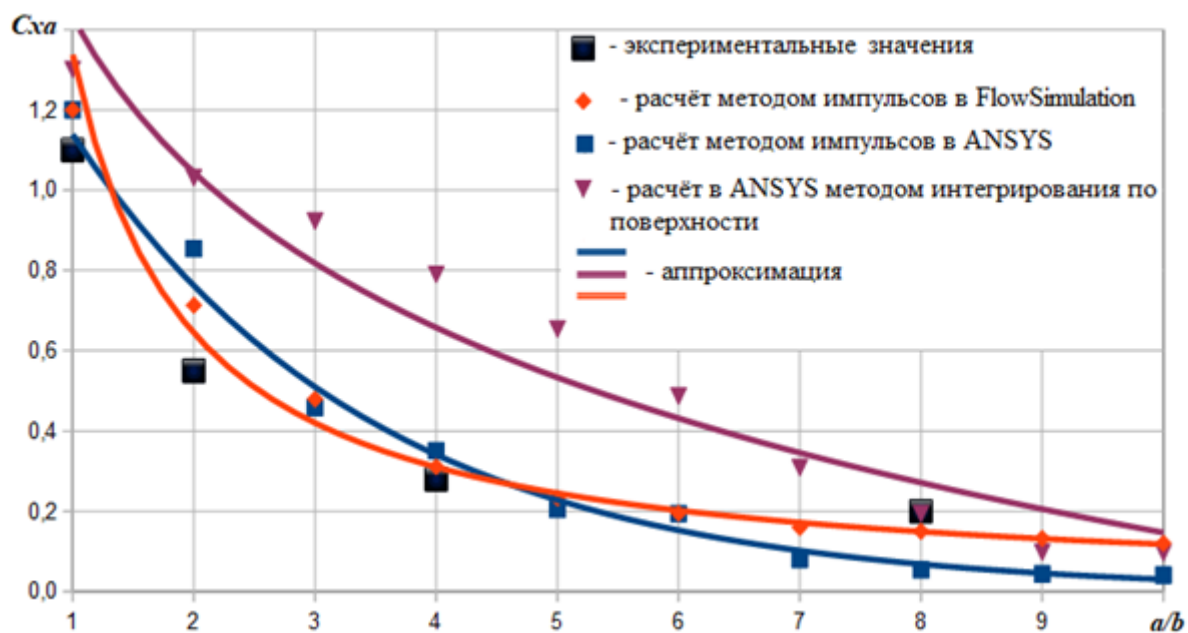


Рис. 2. Сравнение значений коэффициента лобового сопротивления для эллиптических цилиндров по результатам моделирования и эксперимента

Как можно заметить, значения, рассчитанные по методу импульсов в программах ANSYS Fluent и FlowSimulation, согласуются.

Библиографический список

1. Шлихтинг, Г. Теория пограничного слоя [Текст] / Г. Шлихтинг – М.: Наука – 1974. – 218 с.
2. Горлин, С.М. Экспериментальная аэромеханика [Текст] / С.М. Горлин – М.: Наука – 1970. – 423 с.
3. Frolov, V.A., Kozlova, A.S. Reducing cylinder drag by adding a plate [Text] / V.A. Frolov, A.S. Kozlova // AIP Conference Proceedings. – 2017. – No.1893, 030074. (<https://doi.org/10.1063/1.5007532>)
4. Девнин, С.И. Аэрогидромеханика плохообтекаемых конструкций [Текст] / С.И. Девнин – Ленинград.: Судостроение – 1983. – 320 с.
5. Katz, J. Low-speed aerodynamics [Text] / J. Katz, A. Plotkin – McGraw-Hill Book Co., 1991.