

УДК 629.782

ВЛИЯНИЕ ФОРМ ПОПЕРЕЧНЫХ СЕЧЕНИЙ НИЗКООРБИТАЛЬНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ НА КОЭФФИЦИЕНТ ЛОБОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

Купцов В. В., Письмаров А. В., Фролов В. А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С. П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

При проектировании низкоорбитальных космических аппаратов (КА) одним из способов увеличения его срока активного существования является уменьшение площади миделева сечения. Соответственно, и минимальной будет сила лобового сопротивления, что приводит к меньшей силе лобового сопротивления. Цель работы заключается в выборе наилучшей формы низкоорбитальной космической платформы (НКП), обеспечивающей уменьшение силы лобового сопротивления.

Коэффициент лобового сопротивления рассчитывается по формуле

$$C_{X_a} = \frac{X_a}{q_\infty \cdot S_{мф}} = \frac{2 \cdot X_a}{\rho \cdot S_{мф} \cdot V^2},$$

где q_∞ – скоростной напор, Па; $S_{мф}$ – площадь миделева сечения НКП, м²; X_a – сила лобового сопротивления, Н; V – скорость набегающего потока, м/с; ρ – плотность атмосферы, кг/м³.

Одной из неизвестных величин является плотность атмосферы. Верхняя атмосфера Земли является высокодинамичной средой, состояние которой изменяется как по высоте над поверхностью Земли, так и по времени. В первом приближении математическую модель плотности верхней атмосферы можно представить в виде $\rho = f(h, t)$, где h – высота над поверхностью Земли, t – текущее время. Для определения порядка величин плотности верхней атмосферы Земли воспользуемся табулированными функциями из ГОСТ Р 25645.166-2004 "АТМОСФЕРА ЗЕМЛИ ВЕРХНЯЯ. Модель плотности для баллистического обеспечения полетов искусственных спутников Земли", согласно которому динамическая математическая модель плотности атмосферы записывается в виде выражения

$$\rho = f(h, t) = \rho_H \cdot K_0 \cdot (1 + K_1 + K_2 + K_3 + K_4),$$

где ρ_H – модельная плотность ночной атмосферы Земли; K_0 – коэффициент, учитывающий изменение плотности атмосферы, связанное с изменением солнечной активности; K_1 – коэффициент, учитывающий суточный эффект в распределении плотности атмосферы; K_2 – коэффициент, учитывающий полугодовой эффект в изменении солнечной активности; K_3 – коэффициент, учитывающий отклонение среднесуточного индекса солнечной активности; K_4 – коэффициент, учитывающий зависимость плотности атмосферы от геомагнитных возмущений.

Плотность атмосферы была рассчитана на интервале 230...300 км. Для высоты 260 км результаты коэффициентов и плотности атмосферы приведены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики атмосферы на высоте 260 км

K_0	K_1	K_2	K_3	K_4	ρ_H	ρ
1,133	0,712	1,102	0,545	1,197	2,51e-11	12,9e-11

Для расчёта сил лобового сопротивления в программе ANSYS (Fluent) поперечное сечение выбиралось таким образом, чтобы фигура была вписана в окружность радиуса 0,625 м. Рассматриваемыми сечениями являлись круг и вписанные в него восьмиугольник, шестиугольник и квадрат (рисунок 1).

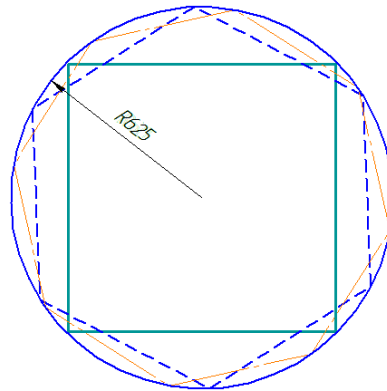


Рис. 1. Поперечное сечение НКП

В программном пакете ANSYS Fluent задавались параметры разреженной атмосферы из ГОСТа, скорость набегающего потока, температура атмосферы, давление, вид течения (турбулентный) и граничные условия непроницаемости НКП, при этом граничные условия скольжения не учитывались. Расчётная модель и схема обтекания НКП представлена на рисунке 2.

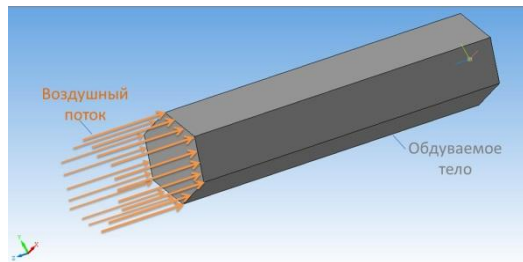


Рис. 2. Модель обтекания НКП

В результате работы определены средние значения коэффициентов лобового сопротивления на исследуемом интервале высот, которые приведены в таблице 2.

Таблица 2. Средние значения коэффициентов лобового сопротивления

	Круг	Квадрат	Шестиугольник	Восьмиугольник
Средние значения по площадям	1,700	1,688	1,694	1,696
Общее среднее значение	1,695			

Как следует из таблицы 2, наилучшей формой поперечного сечения НКП при обтекании разреженной атмосферой является квадрат.