

УДК 629.78.05

## **МАЛЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ С СИСТЕМОЙ ОРИЕНТАЦИИ НА ГАЗОВЫХ КОМПОНЕНТАХ ТОПЛИВА**

Кольцов И.В.

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

В настоящее время разработка малых космических аппаратов (МКА) является одним из приоритетных направлений развития ракетно-космической техники ввиду многих преимуществ, в том числе ценовой привлекательности. Отсюда вытекает возможность применения МКА в различных областях (метеорология, телекоммуникация и т. д.).

Одним из вариантов исполнения двигательной установки (ДУ) для МКА предлагается кислородно-водородная ДУ на основе электролиза воды и двигателей малой тяги на газовом топливе (ДМТГТ), обладающими некоторыми преимуществами, такими как малый импульс последствия (отсюда высокая точность ориентации МКА на навигационный ориентир), использование более высокоэнергетического топлива, экологичность и др.

В качестве исходных данных примем следующие значения:

- суммарный импульс тяги –  $\sim 7,25 \cdot 10^5$  Нс;
- время активного функционирования МКА –  $\sim 5$  лет;
- масса КА –  $\sim 1,5$  т;
- число (тяги) ДМТГТ коррекции – 4 (100 Н);
- число (тяги) ДМТГТ ориентации – 12 (5 Н);
- удельный импульс тяги ДМТГТ коррекции – 2950 м/с;
- удельный импульс тяги ДМТГТ ориентации – 2500 м/с.

Рассматриваются пять основных рабочих манёвров МКА: манёвр довыведения с исходной опорной орбиты на заданную рабочую орбиту, манёвр поддержания параметров рабочей орбиты, манёвр изменения наклона рабочей орбиты, манёвр поддержания заданной ориентации за фиксированное время, манёвр затопления МКА в заданном районе Мирового океана. Манёвр довыведения представляет собой Гомановский переход с опорной (высота 320 км) на расчётную (800 км) орбиту, если принять допущение о том, что эти орбиты являются круговыми и компланарными. Расчёты показывают, что затраты на совершение этого манёвра составят  $3,925 \cdot 10^5$  Нс, что составляет 54,2% от суммарного импульса тяги. Поддержание параметров рабочей орбиты, в принципе, является тем же Гомановским переходом, однако в силу малости возмущений (главным образом, это аэродинамическое сопротивление) такая коррекция оказывается необязательной, поскольку изменение рабочей высоты за время активного существования МКА составит около 50 м.

Проведённые расчёты показывают, что затраты на изменение наклона рабочей орбиты оказываются весьма значительными для представленного класса МКА (500...1500 кг) вплоть до превышения 100%-го рубежа, поэтому необходимо чётко устанавливать пределы изменения величины наклона для каждого проектируемого аппарата.

Одним из важнейших манёвров является затопление МКА, схема которого заключается в том, что аппарат переводится с рабочей орбиты на границу эффективной атмосферы  $H=100$  км, и далее осуществляется его вход в плотные слои атмосферы и затем затопление в заданном районе мирового океана. Расчёты показывают, что затраты на данный манёвр составят около 0,7% от располагаемого импульса тяги. Рассмотрение МКА с ДУ на газовом топливе показывает, что этот аппарат весьма перспективен по своим характеристикам и способности к выполнению широкого спектра задач. Необходимы дальнейшая проработка схемы системы ориентации, учёт различных видов возмущений МКА при движении по рабочей орбите.