

**УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ ЦЕНТРА МАСС КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА
НА ГЕОСТАЦИОНАРНОЙ ОРБИТЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИЛ СВЕТОВОГО
ДАВЛЕНИЯ НА ПОВЕРХНОСТЬ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ**

Е.А. Воробьева

Научный руководитель: к.т.н. А.В. Богачев

Публичное акционерное общество «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П.
Королева, Московская область, Королев, ул. Ленина, 4-а, 141070

E-mail: Kate.Vorobyeva@yandex.ru

В работе рассматривается спутник связи «Ямал-200», который находится на геостационарной орбите с 24 ноября 2003 года. Под воздействием непрерывно действующих на КА гравитационных сил (Земля, Луна, Солнце), происходит уход КА из рабочей точки. Для удержания КА в рабочей точке периодически проводят трансверсальные манёвры с использованием электрореактивных двигателей [1]. С целью продления срока эксплуатации и экономии оставшегося рабочего тела спутника связи «Ямал-200», предлагается безрасходный способ управления движением центра масс КА, использующий силы светового давления, подобный способу, применявшемуся на КА «Ямал-100» [2]. Управление силами светового давления осуществляется за счет разворота поворотных солнечных батарей (СБ) относительно оптимального направления на Солнце. Обычно, управление СБ осуществляется таким образом, чтобы нормаль к их активной поверхности была как можно ближе к направлению на Солнце для обеспечения максимального притока электроэнергии. Однако, отклоняя СБ на малые углы относительно направления на Солнце, можно решать не только задачу электропитания, но и задачу управления движением КА.

Целью работы является разработка способа управления движением центра масс КА «Ямал-200» с использованием сил светового давления на поверхность солнечных батарей. А также оценка эффективности предлагаемого способа управления.

Внешний вид КА, состоящего из корпуса и двух поворотных СБ, схематично представлен на рисунке 1. На рисунке 1 $X_{КА}Y_{КА}Z_{КА}$ – оси базовой системы координат, Ц.Д. – центр светового давления на СБ, Ц.М. – центр масс КА, $\vec{\tau}$ – единичный вектор в направлении на Солнце; положение 1 – оптимальное положение СБ; 1' – положение СБ, отклоненных от оптимального на углы α_1 и α_2 соответственно; \vec{n}_1 и \vec{n}_2 – нормали к поверхности СБ1 и СБ2 в оптимальном положении; \vec{n}'_1 и \vec{n}'_2 – нормали к поверхности СБ1 и СБ2 в отклоненном на углы α_1 и α_2 положении соответственно.

Для выполнения трансверсальных манёвров с использованием сил светового давления предлагается следующий способ:

- считаем, что батареи отклоняются на одинаковые углы относительно оптимального направления на Солнце $\alpha_1 = \alpha_2$.
- численным методом находим угол α_1 , $|\alpha_1| < \alpha_{\max}$, такой, что при развороте обеих батарей на угол α_1 относительно Солнца, скалярное произведение $(\vec{f}(\alpha_1) \cdot \Delta\vec{V})$ принимает максимальное значение, здесь $\vec{f}(\alpha_1)$ – сила солнечного давления, $\Delta\vec{V}$ – требуемое приращение характеристической скорости, α_{\max} – максимально допустимое отклонение СБ от оптимального направления на Солнце.
- осуществляем разворот обеих СБ на угол α_1 относительно направления на Солнце.

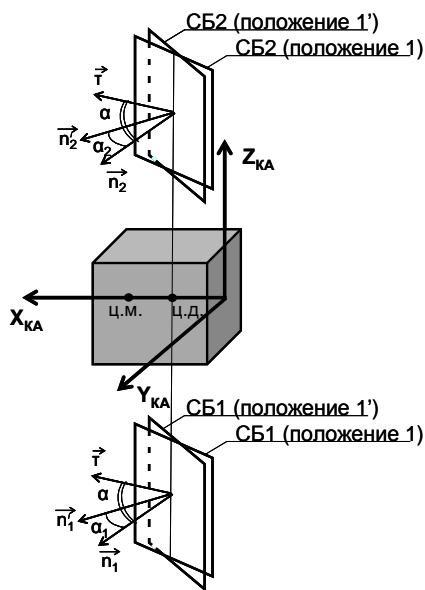


Рис. 1. Общий вид КА «Ямал-200»

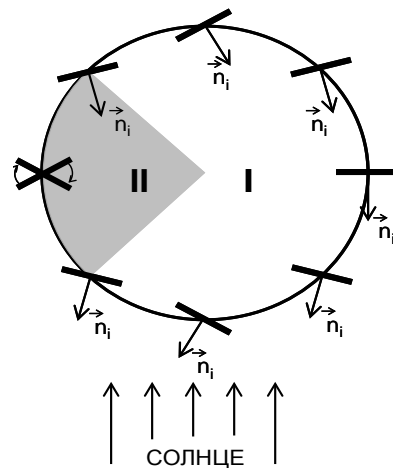


Рис. 2. Схема расположения СБ относительно направления на Солнце в течение витка в режиме управления движением центра масс.

На рисунке 2 схематично показана ориентация СБ относительно направления на Солнце в течение витка для случая трансверсального манёвра на разгон. На данном рисунке \vec{n}_i - нормаль к активной поверхности i -ой СБ, I – зона в которой осуществляется максимальный разгон, II – зона в которой осуществляется минимальное торможение.

Предложенный способ управления движением центра масс позволяет, за виток в зависимости от угла между направлением на Солнце и плоскостью орбиты, осуществлять трансверсальные манёвры с приращением характеристической скорости от 2,5 до 3 мм/с без расхода рабочего тела, что соответствует требуемому приращению характеристической скорости для удержания КА в рабочей точке. При этом происходит накопление кинетического момента по оси перпендикулярной плоскости орбиты от 0,35 до 0,4 Нмс соответственно.

Была произведена оценка эффективности предлагаемого способа управления движением центра масс. Результаты моделирования показали, что использование данного способа в комбинации со штатными коррекциями орбиты на электрореактивных двигателях позволяет экономить до 38% топлива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Платонов В.Н. Одновременное управление движением центра масс и вокруг центра масс при маневрах космических аппаратов на геостационарной и высокоэллиптических орбитах с использованием электроракетных двигателей // Космическая техника и технологии. - 2013. - № 1. - С. 56–66
2. Богачев А.В. Управление движением КА «Ямал-100» с использованием светового давления // Труды РКТ. - 2002.- Серия XII. - Выпуск 1. - С. 114-120.