

УДК 629.78

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ТРОСОВОЙ СИСТЕМЫ НА КРУГОВОЙ ОРБИТЕ

© Белов А.А., Ледков А.С.

Самарский национальный исследовательский университет имени академика
С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация

e-mail: aleshabelov2001@mail.ru

Электродинамические тросовые системы позволяют осуществлять многие орбитальные маневры без затрат реактивного топлива [1; 2]. В работе исследуется движение космической тросовой системы, состоящей из массивной космической станции, движущейся по круговой орбите, и прикрепленного на тросе субспутника (рис. 1). Станция и субспутник оснащены устройствами, обеспечивающими контакт с ионосферой и позволяющими пускать по одножильному тросу ток [3]. При протекании тока со стороны магнитного поля Земли на трос будет действовать сила Ампера F_A , которую можно использовать для управления движением системы.

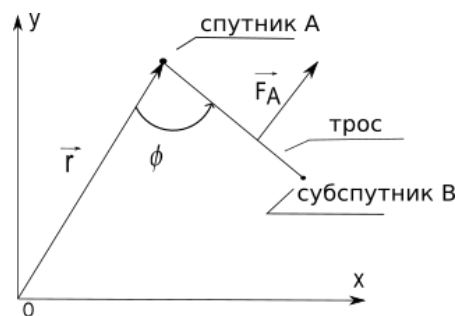


Рис. 1. Механическая система

Целью работы является разработка математической модели движения электродинамической космической тросовой системы на круговой орбите и исследование с ее помощью возможности перевода тросовой системы из устойчивого радиального положения в режим вращения.

Для построения уравнений движения используются уравнения Лагранжа второго рода. Рассматривается движение космической тросовой системы в плоскости магнитного экватора. Считается, что спутник и субспутник являются материальными точками, а трос – невесомым неупругим стержнем. В качестве обобщенной координаты был принят угол ϕ отклонения троса от местной вертикали. Изменение угла описывается уравнением

$$\phi(t) = \frac{I\mu_m(2l\cos(\phi(t)) + r)}{2m_B r^4} - \frac{\mu \sin(\phi(t)) \left(\frac{r^3}{(l^2 - 2lr\cos(\phi(t)) + r^2)^{3/2}} - 1 \right)}{lr^2},$$

где l – длина троса, m_B – масса субспутника, μ – гравитационная постоянная, r – радиус орбиты спутника, I – сила тока, μ_m – магнитная постоянная, ϕ – угол отклонения от местной вертикали.

С помощью уравнения (1) была исследована возможность перевода космической тросовой системы из радиального положения в режим вращения. Была рассмотрена тросовая система, имеющая параметры: $r = 6721$ км, $l = 50$ км, $m_A = 6000$ кг, $m_B = 100$ кг. На рис. 2 показан график зависимости максимального угла отклонения троса от местной вертикали от силы тока. Видно, что при силе тока $I = 11$ А космическая тросовая система переходит во вращение.

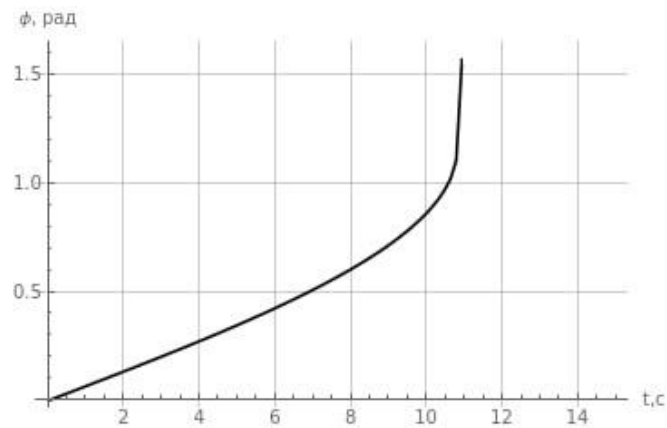


Рис. 2. Зависимость максимального угла отклонения от силы тока

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-31-20058.

Библиографический список

1. Воеводин П.С., Заболотнов Ю.М. К задаче о стабилизации движения низкоорбитальной электродинамической тросовой системы // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. 2019. № 2. С. 117–132.
2. Ледков А.С., Соболев Р.Г. Стабилизация электродинамической тросовой системы на круговой орбите // Труды МАИ. 2019. № 107. С. 1–20.
3. Шевченко М.В., Хитько А.В., Пискунов А.Ф. Проблемные вопросы создания контакторов для электродинамических тросовых систем //Авиационно-космическая техника и технология. 2007. № 10. С. 134–136.