

УДК 520.607

Численное моделирование системы пассивной стабилизации вращающегося КА на Солнце

Матвеев Михаил Андреевич

mikhailmatveevand@gmail.com

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Выдвинута гипотеза о возможности пассивной ориентации на солнце космического аппарата оснащенного вращающимся полотном. Представлены зависимости влияния геометрических параметров полотна на эффективность ориентации. Рассмотрен случай компенсации влияния момента гироскопа на направление момента ориентации полотна. Разработаны предложения по исполнению конструкции с наименьшей потерей эффективности поверхности для солнечной фотоэлектростанции.

Ключевые слова: Солнечная электростанция, пассивная ориентация на солнце, космический аппарат, разворачиваемая конструкция

Введение. Космические солнечные электростанции являются перспективным источником энергии в космосе, представляя собой крупногабаритную конструкцию они потребуют механизм раскрытия и поддержания формы. Одним из таких механизмов будет являться раскрытие вращением. Однако поддержание ориентации на солнце таких конструкций потребует дополнительных затрат и повышения сложности исполнения, эта работа предлагает ряд решений обеспечивающих пассивную ориентацию на солнце силами незначительных модификаций полотна. Малая величина скорости поворота (один оборот к в год) наводит на мысль об использовании малых воздействий для приложения усилия ориентации.

Методы и материалы; результаты. Основным методом этой работы является математическое моделирование в среде разработки Octave. А точнее создание геометрической поверхности, состоящей из элементарных площадок к которой в векторном виде будут приложены нагрузки имитирующие солнечное давление [1, 2]. В качестве верификации приложения к случаю вращающегося полотна использована осесимметричная геометрия и последующая симуляция вращения смещением, для подтверждения независимости конструкции от ориентации, поворотом вокруг оси вращения. Исследовано влияние гироскопического эффекта на поворот от усилия ориентации [3] и предложены способы минимизации негативных свойств эффект в двух случаях исполнения: для концентрических круговых складок и радиальных, исходящих из центра.

В результате получены зависимости момента вращения, и его направления, конструкции от геометрических характеристик полотна взаимного расположения зон поглощения и отражения света. В работе так же учитывается влияние момента инерции расположенных на полотне фотоэлементов.

Заключение. Проведен анализ моментов оказываемых солнечным давлением на поверхность полотна и представлены зависимости от выбранной геометрической конфигурации. Показано изменение направления вращающего момента под действием гироскопа и способы его компенсации за счет изменения угла складок в основании конструкции и чередования покрытий с разным коэффициентом отражения. Выдвинуты решения минимизации вращательного момента, создаваемого чередованием покрытий. Представлена линейка предложенных технологических решений с описанием границ применимости, требований и способов повышения эффективности площади. Показан эффект само ориентации на солнце. Приведены массовые характеристики решений и их сравнение с существующими системами ориентации [4].

Список источников

- [1] Farres A. Propellant-less systems. *Next Generation CubeSats and SmallSats*, Elsevier, 2023, pp. 519 – 541. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824541-5.00019-4>
- [2] Georgevic R. National Aeronautics and Space Administration. *Mathematical Model of the Solar Radiation Force and Torques Acting on the Components of a Spacecraft*, 1971. URL: <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19720004068/downloads/19720004068.pdf> (accessed 24.11.2025).
- [3] Butikov E. Precession and nutation of a gyroscope. *European Journal of Physics*, 2006. vol. 27 (5), pp. 1071–1081. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/27/5/006>
- [4] Weston S., Burkhard C., Stupl J., Ticknor R., Yost B., Austin R., Galchenko P., Newman L., Luis S., & Soto. *State-of-the-Art Small Spacecraft Technology – 2025*. URL: <https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/2025/02/soa-2024.pdf?emrc=8a3a41> (accessed 24.11.2025).