

УДК 629.78

Анализ схемы Спитцера с учетом теневых участков

Иванюхин Алексей Викторович^{1, 2(*)}

ivanyukhinav@mai.ru

SPIN-код: 7756-9741

Емельянов Антон Владимирович^{1, 2(*)}

emelyanovav3@mai.ru

¹ НИИ ПМЭ Московского авиационного института, Москва, Россия² РУДН, Москва, Россия

Аннотация. Исследована стратегия управления малой тягой, направленные на изменение эксцентриситета орбиты с сохранением большой полуоси и ориентации линии апсид, предложенная Спитцером. Базовый вариант управления дополнен учетом выключения двигателя на теневых участках орбиты. Рассмотрены варианты поддержания средних значений большой полуоси и аргумента перицентра. Представлены соответствующие законы управления с обратной связью и сделаны оценки эффективности реализации межорбитальных манёвров на их основе.

Ключевые слова: малая тяга, вековые изменения, схема Спитцера, теневые участки

Введение. Все большее количество космических аппаратов (КА) используют двигатели малой тяги (электрореактивные двигатели) для совершения межорбитальных перелетов, поддержания и коррекции орбиты в околоземном пространстве. Большой интерес вызывают комбинированные стратегии выведения КА на целевые орбиты с использованием большой и малой тяги [1, 2]. Для анализа межорбитальных перелетов и комбинированных стратегий выведения необходимо создание простых и эффективных стратегий управления для совершения типичных орбитальных маневров КА с малой тягой [3–6].

Методы материалы; результаты. Рассмотрены осредненные уравнения движения для анализа вековых изменений орбитальных элементов под действием малой тяги в орбитальной и декартовой системах координат. Частным случаем полученных уравнений является схема Спитцера для коррекции эксцентриситета. Движение КА рассматривается в рамках задачи двух тел. Учитывается отключение двигателей на теневых участках, для их компенсации рассмотрено управление, вводящее дополнительные пассивные участки. Результаты, полученные путем численного моделирования представленных законов управления, сравниваются с аналитическим решением. Сделан анализ использования этих законов управления в комбинированных стратегиях выведения на геостационарную орбиту.

Заключение. Получены общие эволюционные уравнения движения, которые можно использовать для качественного анализа изменения геометрии орбиты при использовании постоянно действующего ускорения с постоянной ориентацией в инерциальном пространстве, частным случаем которых является схема Спитцера. Описаны изменения орбитальных элементов с учетом

теневых участков, предложены законы управления, компенсирующие появление теневых участков орбиты.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда
№ 25-79-30009.*

Список источников

- [1] Obukhov V.A., Petukhov V.G., Popov G.A. Application of stationary plasma thrusters for spacecraft insertion into the geostationary orbit. *Proceedings of the international astronautical congress. 63rd International Astronautical Congress*, 2012, vol. 9, pp. 7569–7577.
- [2] Ruggiero A., Pergola P., Marcuccio S., Andrenucci M. Low-thrust maneuvers for the efficient correction of orbital elements. *IEPC Paper*, 2011, pp. 1–13.
- [3] Лебедев В.Н. *Расчет движения космического аппарата с малой тягой*. Москва, ВЦ АН СССР, 1968.
- [4] Pollard J.E. Simplified approach for assessment of low-thrust elliptical orbit transfers. *IEPC Paper*, 1997, pp. 979–986.
- [5] Di Carlo M., Vasile M. Analytical solutions for low-thrust orbit transfers. *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy*, 2021, vol. 133, no. 7, pp. 1–38.
<https://doi.org/10.1007/s10569-021-10033-9>
- [6] Spitzer A. Novel orbit raising strategy makes low thrust commercially viable. *IEPC Paper*, 1995, pp. 95–212.