

Моделирование температурного режима космического аппарата

Научный руководитель – Павленко Александр Валентинович

Луценко Александр Васильевич

Аспирант

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И.

Платова, Энергетический факультет, Новочеркасск, Россия

E-mail: aleksandarlutsenko@yandex.ru

Солнечные батареи космических аппаратов (СБ КА) во время полёта находятся под постоянным воздействием таких факторов, как радиация, воздействие микрометеоритов, собственной внешней атмосферы и постоянно изменяющегося температурного режима. Изменение температурного режима СБ КА происходит главным образом из-за смены свето-теневого обстановки, в качестве примера можно привести МКС, которая совершает около 15,8 оборотов за сутки вокруг Земли [2].

Чтобы найти время пребывания КА в тени Земли, в соответствии с исследованиями в [4] можно записать:

$$t_{\text{тень}} = 2 \arcsin(R_3 / (R_3 + h)) * \sqrt{((R_3 + h)^3 / \mu)},$$

где: R_3 – радиус Земли; h – высота орбиты; μ – гравитационный параметр Земли.

Для орбиты КА с высотой 400 км время нахождения в тени Земли составит ~ 36 мин или 38,96% от времени полного оборота $\sim 92,4$ мин. Помимо непосредственного источника света – Солнца на температуру СБ КА воздействуют: планетарное излучение, отражённое от Земли солнечное излучение (СИ) и тепловое излучение самой СБ КА, отводимое в космическое пространство [3]. Для теневого участка орбиты уравнение теплового баланса СБ КА будет выглядеть следующим образом:

$$Q_{\text{ика}} = Q_{\text{ип}} ,$$

где: $Q_{\text{ика}}$ – плотность теплового потока, излучаемого СБ КА в космическое пространство; $Q_{\text{ип}}$ – плотность теплового потока, излучаемого Землёй.

Для светового участка тепловой баланс СБ КА может быть представлен в виде уравнения:

$$Q_{\text{пр}} + Q_3 + Q_{\text{ип}} = Q_{\text{ика}} + Q_{\text{отв}} ,$$

где: $Q_{\text{пр}}$ – величина теплового потока прямого солнечного излучения, поступающего непосредственно от Солнца; Q_3 – величина теплового потока, отражённого от Земли СИ; $Q_{\text{отв}}$ – величина потока энергии, затрачиваемой на производство электричества, т.е. потока энергии, отводимого с поверхности СБ КА.

Моделирование производилось в математическом программном комплексе *Scilab/Xcos* для СБ из арсенид-галлиевых ФЭП в первом обороте КА вокруг Земли с 0⁰⁰ ч. GMT 02.02.2026 г. В процессе моделирования вычислялся угол между нормалью к поверхности СБ КА и направлением на Землю. При этом принималось допущение, что СБ КА своей лицевой стороной в любой момент времени будут направлены строго перпендикулярно в направлении Солнца. Полученные значения угла между нормалью к поверхности СБ КА и направлением на Землю в различные промежутки времени представлены в таблице на рисунке 1. По результатам моделирования произведены вычисления температурного режима, параметры которого представлены на графике, рисунок 2. Минимальная температура СБ КА в тени Земли составила $-61,64^\circ\text{C}$, максимальная температура на освещённом участке $+72,39^\circ\text{C}$ при величине солнечной постоянной 1360 Вт/м^2 . Полученный температурный диапазон соответствует данным по эксплуатации Российского сегмента МКС [1].

Источники и литература

- 1) Зернов А. С., Николаев В.Д. Опыт эксплуатации солнечных батарей служебного модуля Международной космической станции // Космическая техника и технологии. Королёв, 2016. Т.1(12). С. 29-38.
- 2) Марахтанов М.К. О коррекции орбиты космической станции и искусственного спутника Земли с помощью солнечной электроракетной двигательной установки // Инженерный журнал: наука и инновации. М., 2013, Т. 10. С. 1-13.
- 3) П. Фортескью, Г. Суайнерд, Д. Старк. Разработка систем космических аппаратов. М., 2016.
- 4) Ismail, M.N. et al., Eclipse intervals for satellites in circular orbit under the effects of Earth's oblateness and solar radiation pressure // NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics. Helwan, 2015, Т. 4, Р. 117-122.

Иллюстрации

Время (минуты)	Угол (град.)	Время (минуты)	Угол (град.)	Время (минуты)	Угол (град.)
0	6,337	31	60,747	75	30,403
1	4,353	32	61,545	76	29,93
2	2,351	33	62,479	77	29,308
3	0,344	34	63,543	78	28,541
4	1,665	35	64,726	79	27,638
5	3,669	36	66,023	80	26,605
6	5,658	37	67,423	81	25,449
7	7,629	38	68,916	82	24,181
8	9,573	39	70,498	83	22,807
9	11,482	40	72,154	84	21,336
10	13,352	41	73,881	85	19,78

Рис. : Угол между нормалью к поверхности СБ КА и направлением на Землю

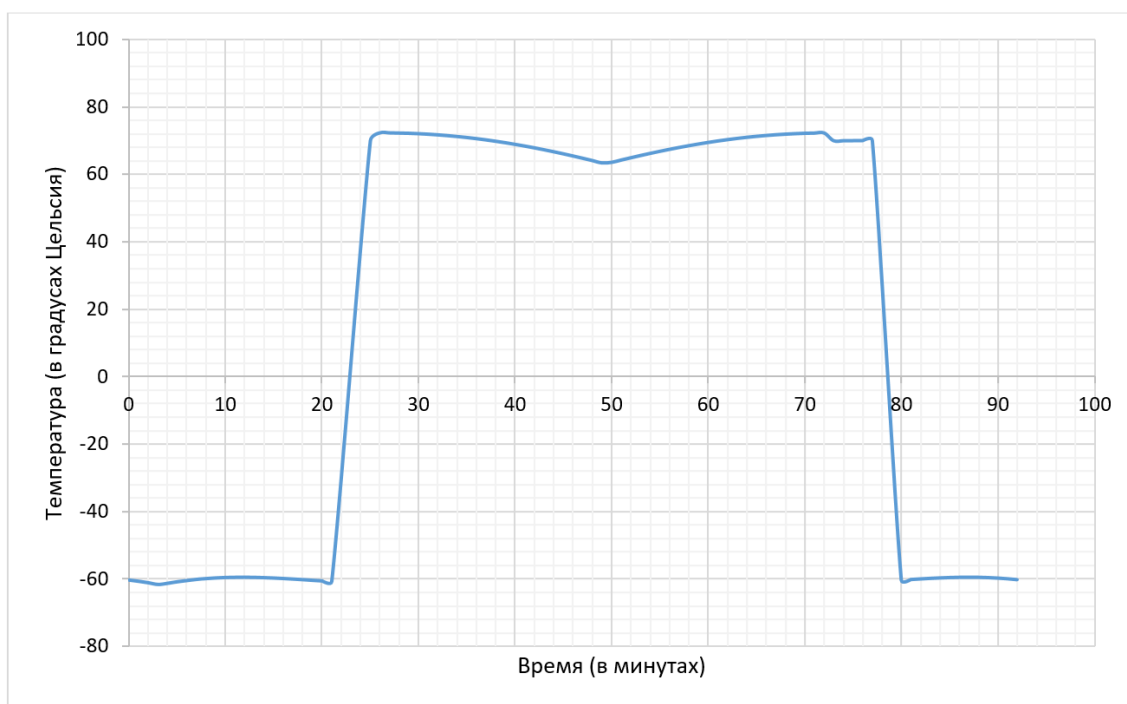


Рис. : Температурный режим СБ КА за время оборота вокруг Земли