

УДК 629.785

Исследование схода с орбиты малых космических аппаратов типоразмера CubeSat серии «Ярило» и «Хорс»

Филиппова Полина Ивановна^(*)

Polina_filippova_2002@bk.ru

Мельникова Валерия Геннадьевна

melnikovabg@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Доклад содержит результаты исследования баллистического срока существования малых космических аппаратов типа CubeSat «Ярило» и «Хорс», разработки МГТУ им. Н.Э. Баумана. Приводится методика определения дат схода аппаратов с орбиты, а также расчета зависимости изменения высоты аппаратов от времени полета на основе данных системы NORAD и с учетом действия гравитационных сил, влияния атмосферы и солнечного давления.

Ключевые слова: малый космический аппарат, наноспутник, баллистический срок существования, сход с орбиты, TLE, CubeSat

Введение. В связи с сравнительно небольшим временем баллистического существования малых космических аппаратов типа CubeSat, при проектировании и эксплуатации аппаратов необходимо понимать, какой ресурс аппаратуры и программы полета должны быть заложены в аппарат в зависимости от его срока существования на орбите. Зная данные орбиты в определенные моменты времени, можно спрогнозировать в какой момент спутник достигнет малых высот, при которых не сможет работать.

Материалы и методы; результаты. В рамках настоящей работы была разработана методика расчета даты схода аппаратов «Ярило» № 1, № 2 [1], № 3, № 4 [2] и «Хорс» № 1, № 2 с орбиты. Расчет проводился методом интегрирования дифференциальных уравнений движения в программном комплексе GMAT (General Mission Analysis Tool) [3] до достижения аппаратами высоты 100 км над поверхностью Земли. Из-за частой смены ориентации аппаратов и отсутствии данных об ориентации на длительном периоде времени, средняя площадь миделя для каждого из них подбиралась по известным данным по изменению высоты орбиты по данным TLE (two-line element) системы NORAD CelesTrak [4]. Исходные данные и результаты расчета представлены в таблице.

Исходные данные и результаты расчета

Название аппарата	Дата запуска	Параметры орбиты (наклонение, град / высота, км)	Масса, кг	Средняя площадь миделя, м ²	Дата схода с орбиты
«Ярило» № 1	28.09.2020	97,7/548,8	1,825	0,028	18.01.2025
«Ярило» № 2	28.09.2020	97,7/549,2	1,973	0,029	10.05.2025
«Ярило» № 3	27.06.2023	97,7/553,3	3,251	0,075	14.09.2025

Окончание таблицы

Название аппарата	Дата запуска	Параметры орбиты (наклонение, град / высота, км)	Масса, кг	Средняя площадь миделя, м ²	Дата схода с орбиты
«Ярило» № 4	27.06.2023	97,7/554,0	2,980	0,043	25.05.2030
«Хорс» № 1	27.06.2023	97,7/553,8	11,500	0,135	27.03.2033
«Хорс» № 2	27.06.2023	97,7/553,5	10,300	0,135	19.02.2032

Заключение. В настоящей работе разработана методика определения баллистического срока существования малых космических аппаратов типа CubeSat, найдены даты схода с орбиты аппаратов «Ярило» и «Хорс», разработки МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Список источников

- [1] Порсева С.В., Рачкин Д.А., Тенненбаум С.М. и др. Группировка наноспутников Ярило. Подготовка к запуску, первый опыт эксплуатации на орбите. *XLV Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых — пионеров освоения космического пространства: сб. тез.* Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021, т. 3, с. 265–267.
- [2] Lazarev N., Mayorova V., Melnikova V. et al. Experience in the Development and Operation of the Nanosatellites for Space Weather Monitoring. *Proceeding of 72nd International Astronautical Congress (IAC)*, Dubai, United Arab Emirates, 2021, pp. IAC-21-E2.4.8.
- [3] *General Mission Analysis Tool (GMAT) Version R2022a. NASA Technology Transfer Program.* URL: <https://software.nasa.gov/software/GSC-19097-1> (accessed November 20, 2024).
- [4] *Satellite Catalog (SATCAT). CelesTrak.* URL: <https://celestrak.org/satcat/search.php> (accessed November 06, 2024).