

УДК 629.7.05

Расчет поправок магнитометра по измерениям бортовых технических камер наблюдения

Курбатов Олег Артемович¹

kurbatovoa@my.msu.ru

Самыловский Иван Александрович¹

ivan.samylovskiy@cosmos.msu.ru

Левашов Сергей Дмитриевич^{2,3}

sergey.d.levashov@gmail.com

Хмелев Александр Валерьевич^{2,3}

aleksandr.khmelev@phystech.edu

Чернов Аркадий Николаевич^{2,3}

chernov.an@phystech.edu

Мерзлинкин Виталий Евгеньевич^{2,3}

v.merzlinkin@goqrates.com

¹ МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия² ООО «КуСпэйс Технологии», Москва, Россия³ НИТУ «МИСиС», Москва, Россия

Аннотация. В данной статье предложен метод повышения точности системы определения ориентации малогабаритного космического аппарата (МКА) спутниковой связи «Импульс-1». В качестве основного подхода предлагается калибровка бортового магнитометра с использованием независимых данных о пространственном положении КА, получаемых с бортовых технических камер наблюдения. Реализован алгоритм обработки данных и расчета корректирующих коэффициентов для магнитометра. Проведенное математическое моделирование подтвердило эффективность рассматриваемого метода, продемонстрировав значительное повышение точности определения ориентации.

Ключевые слова: магнитометр, определение ориентации, системы координат, малогабаритный космический аппарат

Введение. Современные малогабаритные космические аппараты активно применяются для решения широкого круга задач. Успешное выполнение целевых задач в значительной степени зависит от точности определения и поддержания ориентации аппарата в пространстве. Для МКА, в условиях ограничений по массе, габаритам, энергопотреблению и стоимости, одним из наиболее широко используемых датчиков ориентации является трехосный магнитометр [1–5]. Его популярность обусловлена простотой конструкции и низкой стоимостью. Магнитометр измеряет вектор индукции геомагнитного поля, что в совокупности с моделью этого поля (например, International Geomagnetic Reference Field — IGRF) позволяет оценить ориентацию аппарата на орбите. Однако точность показаний магнитометра существенно снижается из-за систематических погрешностей, вызванных конструктивными особенностями датчика на борту космического аппарата.

Методы и материалы; результаты. В основу исследования лег комплекс телеметрических данных малогабаритного космического аппарата, включающий показания магнитометра и снимки оптической камеры дистанционного зондирования Земли. Дополнительно использовались баллистические координаты аппарата, эталонная модель геомагнитного поля IGRF и мо-

дель геоида (по модели World Geodetic System 1984). Ключевой этап методики заключался в реконструкции системы истинной ориентации МКА путем фотограмметрической обработки серии снимков с определением параметров внешнего ориентирования. Полученные точные значения ориентации служили эталоном для решения обратной задачи калибровки магнитометра.

Результаты обработки экспериментальных данных показали высокую эффективность предложенного метода. Анализ измерений выявил наличие значительных систематических погрешностей в исходных телеметрических данных магнитометра.

Заключение. В ходе проведения исследования был выполнен комплекс работ по обработке телеметрических данных малогабаритного космического аппарата и данных полезной нагрузки систем дистанционного зондирования Земли. На основе обработанной информации был успешно рассчитан вектор истинной ориентации малогабаритного космического аппарата.

Список источников

- [1] Renaudin V., Afzal M.H., Lachapelle G. New method for magnetometers based orientation estimation. *Record — IEEE PLANS, Position Location and Navigation Symposium*, IEEE Xplore, 2010, pp. 348–356. <https://doi.org/10.1109/PLANS.2010.5507301>
- [2] Psiaki M.L. Nanosatellite Attitude Stabilization Using Passive Aerodynamics and Active Magnetic Torquing. *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*, 2012, vol. 27, no. 3, pp. 347–355. <https://doi.org/10.2514/1.1993>
- [3] Ferric C., Selly E., Adityawarman D., Indarto A. Application of nanotechnologies in the energy sector: A brief and short review. *Frontiers in Energy*, 2013, vol. 7, pp. 6–18. <https://doi.org/10.1007/s11708-012-0219-5>
- [4] Beravs T. et al. Magnetometer calibration using Kalman filter covariance matrix for online estimation of magnetic field orientation. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 2014, vol. 63, no. 8, pp. 2013–2020.
- [5] Guelman M. et al. Design and testing of magnetic controllers for Satellite stabilization, *Acta Astronaut*, 2005, vol. 56, no. 1–2, pp. 231–239. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2004.09.028>