

УДК 629.78

Определение углового движения малого космического аппарата по измерениям магнитометра детектора космической радиации

Иванов Данил Сергеевич^{1(*)}

danilivanovs@gmail.com

Богомолов Виталий Владимирович^{2, 3}

bogovit@rambler.ru

Свертилов Сергей Игоревич^{2, 3}

sis@coronas.ru

¹ ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, Москва, Россия² Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына, Москва, Россия³ МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Аннотация. В работе решается задача определения углового движения пассивно-движущегося малого космического аппарата с установленным на борту детектором космической радиации. В состав детектора входит также магнитометр, измеряющий сумму локального геомагнитного поля Земли и бортового магнитного поля космического аппарата. С помощью расширенного фильтра Калмана по измерениям магнитометра проводится реконструкция углового движения, а также оцениваются параметры модели измерений: коэффициент масштабирования и переменное смещение нуля.

Ключевые слова: определение углового движения, магнитометр, расширенный фильтр Калмана, малый космический аппарат, детектор космической радиации

Введение. На малом космическом аппарате Avion Kaluga 650 установлена полезная нагрузка в виде детектора космической радиации «ДеКоР», который представляет собой прибор для измерения потоков и спектров заряженных частиц, а также гамма-излучения в диапазоне энергосвечения 0,1...2,0 МэВ [1, 2]. Основными научными задачами миссии являются исследование быстрых вариаций потоков электронов в зонах высыпаний и зазора между радиационными поясами, при этом изучается динамика потоков частиц и гамма-излучения на низких орбитах в зависимости от геомагнитных условий.

Материалы и методы; результаты. В настоящей работе решается задача определения углового движения космического аппарата по измерениям бортового магнитометра, встроенного в детектор космической радиации. Это необходимо для оценки ориентации чувствительной оси детектора относительно источников космической радиации, что позволяет уточнить уровень регистрируемого сигнала. Особенность измерений магнитного поля заключается в том, что с интервалом 1 секунда поочередно измеряется только одна из трех компонент магнитометра. Измерения магнитометра не откалиброваны, т. е. необходимо также оценить коэффициент масштабирования и смещение нуля измерений датчика. На момент каждого кадра телеметрии по информации, вычисленной согласно модели орбитального движения, определяется положение аппарата в инерциальной системе координат. Для каждой точки орбиты, для которой есть измерения магни-

тометра, по модели геомагнитного поля вычисляется вектор геомагнитной индукции в инерциальной системе координат. Далее, с использованием модели измерений магнитометра и модели пассивного движения космического аппарата оценивается кватернион, вектор угловой скорости связанной с космическим аппаратом системы координат, масштабный коэффициент и смещение нуля измерений. Задача оценки решается с помощью применения расширенного фильтра Калмана [3].

Заключение. В работе проводится оценка точностные характеристик алгоритма с использованием измерений уровня космической радиации, а также анализируется изменение смещения нуля измерений магнитометра вследствие влияния переменного остаточного магнитного диполя. Показано, что достижимая точность определения углового движения космического аппарата Avion Kaluga 650 составляет около 1-2 градусов.

*Работа поддержана Российским научным фондом,
грант №22-71-10009 (<https://rscf.ru/project/22-71-10009/>).*

Список источников

- [1] Svertilov S.I., Bogomolov V.V., Bogomolov A.V., Iyudin A.F., Kalegaev V.V., Osedlo V.I., Korzhik M. Monitoring of space radiation and electromagnetic transients by Moscow State University nano-satellites. *Advances in Space Research*, 2024, 15 p. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2024.08.025>
- [2] Bogomolov A.V., Bogomolov V.V., Iyudin A.F. et al. Using CubeSat Nanosatellites to Observe Solar Cosmic Rays. *Bull. Russ. Acad. Sci. Phys.*, 2024, vol. 88, pp. 271–274. <https://doi.org/10.1134/S1062873823705378>
- [3] Ivanov D., Roldugin D., Tkachev S., Ovchinnikov M., Zharkikh R., Kudryavtsev A., Bychek M. Attitude motion and sensor bias estimation onboard the SiriusSat-1 nanosatellite using magnetometer only. *Acta Astronautica*, 2021, vol. 188, pp. 295–307. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2021.07.038>