

УДК 629.78

Алгоритм определения ориентации осей наноспутника формата кубсат по измерениям бортового магнитометра

Иванов Данил Сергеевич^{1(*)}

danilivanovs@gmail.com

Богомолов Андрей Владимирович²

aabboogg@srd.sinp.msu.ru

Свертилов Сергей Игоревич^{2,3}

sis@coronas.ru

Богомолов Виталий Владимирович^{2,3}

bogovit@rambler.ru

Оседло Владислав Ильич²

osedlo@mail.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. Рассмотрена задача определения ориентации осей космического аппарата типа нано-спутника формата кубсат по измерениям бортового магнитометра. С помощью алгоритма обработки на основе расширенного фильтра Калмана определяется кватернион ориентации связанной с космическим аппаратом системы координат относительно инерциальной системы координат. С помощью полученной оценки ориентации вычисляются углы между осями спутника и направлением на заданную точку на небесной сфере. В качестве последней рассматриваются Солнце, а также области локализации источников некоторых гамма-всплесков, зарегистрированных с помощью спутников Московского университета.

Ключевые слова: кубсат, определение углового движения, магнитометр, расширенный фильтр Калмана, гамма-всплески, солнечные вспышки

Введение. Существенный вклад в определение характеристик физических процессов в источниках космических гамма-всплесков могут дать многоканальные наблюдения, для чего необходимо знать локализацию источников всплесков с максимально возможной точностью. Один из методов оценки области локализации источника гамма-всплеска основан на определении пространственной ориентации оси детектирующего прибора, расположенного на космическом аппарате. Знание ориентации детектора также позволяет более точно оценить величину интенсивности или полного потока за всплеск в случае, если расположение его источника на небе известно из других наблюдений. Последнее относится и к фотометрии солнечных вспышек в жестком рентгеновском и гамма-диапазонах. Наблюдения космических гамма-всплесков и солнечных вспышек ведутся в настоящее время с помощью приборов, установленных на спутниках формата кубсат в составе группировки таких космических аппаратов Московского университета [1, 2].

Методы и материалы, результаты. В настоящей работе решается задача определения ориентации космического аппарата на основе измерений бортового магнитометра, встроенного в детектор космического гамма излучения. Это необходимо для оценки ориентации чувствительной оси детектора отно-

сительно источников гамма-всплесков или направления на Солнце в случае регистрации жесткого рентгеновского или гамма излучения солнечной вспышки. Это позволяет уточнить величину интенсивности или полного потока регистрируемого всплеска. 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]. Работа алгоритма определения ориентации осей космического аппарата и соответственно оси регистрирующего прибора относительно направления на источник всплеска или на Солнце по показаниям бортового магнитометра иллюстрируется на примере нескольких мощных вспышек (22.II.2024 г., класс X6.2; 3.X.2024г, класс X9.0; 9.X.2024г., класс X1.8) [4] и гамма-всплесков (GRB 230812B, GRB 250902A и др.).

Заключение. Разработанный алгоритм определения пространственной ориентации осей космического аппарата по измерениям бортового магнитометра может быть успешно применен для определения углов между осью детектирующего прибора и направлением на источник всплеска.

Список источников

- [1] Svertilov S.I., Bogomolov V.V., Bogomolov A.V. et al. Monitoring of space radiation and electromagnetic transients by Moscow State University nano-satellites. *Advances in Space Research*, 2024, pp. 6608–6622. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2024.08.025>
- [2] Богомолов В.В., Богомолов А.В., Дементьев Ю.Н. и др. Первый опыт мониторинга космической радиации в мультиспутниковом эксперименте Московского университета в рамках проекта «Универсат-СОКРАТ». *Вестник Московского университета. Сер. 3. Физика, астрономия*, 2020, т. 75, № 6, с. 135–141.
- [3] Ivanov D., Roldugin D., Tkachev S. Attitude motion and sensor bias estimation onboard the SiriusSat-1 nanosatellite using magnetometer only. *Acta Astronautica*, 2021, vol. 188, pp. 295–307.
- [4] Богомолов А.В., Богомолов В.В., Васильев Н.А. и др. Наблюдение транзиентов астрофизического и солнечного происхождения на спутниках формата кубсат группировки Московского университета «Созвездие-270». *Проблемы космофизики. Вторая науч. конф. имени М.И. Панасюка: сб. тез.* Москва, 2025, с. 82–83.