

УДК 681.5

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

© Горбунов А.А., Хнырева Е.С.

*Самарский национальный исследовательский университет имени академика
С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация*

e-mail: aleksandrgorbunov6969@gmail.com

В наши дни малые космические аппараты – это наиболее динамично развивающаяся космическая техника. У них множество преимуществ, однако движение малых космических аппаратов исследовано недостаточно, в отличие от космических аппаратов среднего класса и орбитальных станций. Поэтому проблема оценки параметров вращательного движения малого космического аппарата является актуальной и своевременной [1].

Малый космический аппарат «Аист» – это совместная разработка РКЦ «Прогресс» и студентов СГАУ. К настоящему времени были запущены летный и опытный образцы малого космического аппарата «Аист», а также «Аист2Д». В рамках проекта проводятся научные эксперименты, такие как измерение магнитного поля Земли и отработка системы измерения и компенсации микроускорений аппарата [2], исследование поведения высокоскоростных механических частиц естественного и искусственного происхождения.

Одним из способов оценить параметры вращательного движения МКА, а именно его угловую скорость, является измерение магнитного поля Земли с помощью бортовых магнитометров, входящих в состав научного оборудования МАГКОМ [3]. Измерения вектора индукции магнитного поля Земли записывались магнитометрами в телеметрическую информацию с дискретностью измерений 6 с. Другим способом оценки угловой скорости МКА является анализ данных о токе с панелей солнечных батарей. Данные о токе снимались с частотой раз в минуту. Следовательно, оценку можно было проводить только в частотах от 0 до $\pi/60$ рад/с.

Оценка угловой скорости вращения летного образца малого космического аппарата «Аист» по измерениям вектора индукции магнитного поля Земли проводилась по формуле Бура [4]:

$$\vec{\omega}_i = \frac{\vec{B}_i \times \left(\vec{B}_i - \frac{d\vec{B}_i}{dt} \right)}{B_i^2},$$

где $\vec{\omega}_i$ – вектор угловой скорости вращения малого космического аппарата вокруг центра масс в момент времени t , \vec{B}_i – вектор индукции магнитного поля Земли; \vec{B}_i – абсолютная производная вектора индукции магнитного поля Земли, $\frac{d\vec{B}_i}{dt}$ – частная производная вектора индукции магнитного поля Земли в связанной с малым космическим аппаратом системе координат.

Оценка угловой скорости вращения летного образца малого космического аппарата «Аист» с использованием данных о токе с панелей солнечных батарей проводилась по следующей формуле [4]:

$$\omega_{ki} = \frac{\arccos\left(\frac{i_{ki}}{i_{max}}\right) - \arccos\left(\frac{i_{ki-1}}{i_{max}}\right)}{t_i - t_{i-1}},$$

где i_{ki} , i_{ki-1} – измеренные значения тока в момент времени t_i и t_{i-1} соответственно; $i_{max} = 1 \text{ А}$ – максимальное значение тока, которое считается постоянным и одинаковым для всех граней малого космического аппарата «Аист»; $k = x, y, z$.

На рисунке приведены оценки угловой скорости вращения летного образца МКА по данным двух временных интервалов от 09.09.2014, где линия 1 – оценка по данным о токе с панелей солнечных батарей, а линия 2 – по вектору индукции магнитного поля Земли [5].

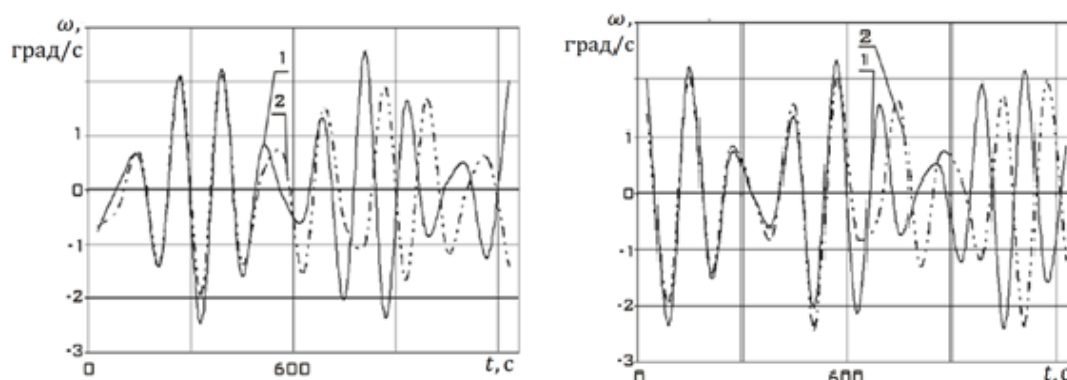


Рис. Оценка угловой скорости по данным от 09.09.2014

Анализ зависимостей на рисунках показывает, что оценки угловой скорости вращения летного образца малого космического аппарата «АИСТ» по данным о токе и по измерениям вектора индукции магнитного поля Земли в целом согласуются.

Поэтому после деградации аккумуляторной батареи, когда измерения вектора индукции стали не доступны из-за того, что магнитометры не работают, данные о токе можно использовать в качестве информации для оценки угловой скорости.

Библиографический список

1. Белоусов А.И., Седельников А.В. Проблемы формирования и контроля требуемого уровня микроускорений при испытаниях и эксплуатации КА // Известия вузов. Авиационная техника. 2014. № 2. С. 3–7.
2. Sedelnikov A.V. Fast Analysis of Onboard Measurements of the Earth Magnetic Field for the Purpose of Microaccelerations Decrement on Board of the “AIST” Small Spacecraft During its Uncontrolled Orbital Flight // International Review of Aerospace Engineering. 2018. Vol. 11. No 2. P. 76–83.
3. Седельников А.В., Филиппов А.С., Горожанкина А.С. Проблемы обработки данных магнитного поля Земли средствами измерений научной аппаратуры «МАГКОМ» // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2017. № 7. С. 33–40.
4. Белоусов А.И., Семкин Н.Д., Седельников А.В. и др. Анализ вращательного движения малых космических аппаратов серии «Аист» // Авиакосмическое приборостроение. 2017. № 8. С. 3–10.
5. Gorozhankina A.S., Orlov D.I., Belousova D.A. Problems of development motion control algorithms for a small spacecraft for technological purpose taking into account temperature deformations of solar panels // Journal of Physics: Conference Series. 2020. Vol. 1546. 012015.