

УДК 629.78

## СРАВНЕНИЕ МЕР ОШИБОК В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ УГЛОВЫМ ДВИЖЕНИЕМ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

© Акимченко У.В., Крамлих А.В.

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

e-mail: ulyanaakimchenko@gmail.com

Управление угловым движением космических аппаратов (КА) является одной из важных задач для успешной реализации космических миссий.

Задачу управления угловым движением можно разделить на:

- задачу определения ориентации;
- задачу переориентации (поворот);
- задачу демпфирования угловых скоростей;
- задачу стабилизации (удержание требуемого углового положения).

При разработке и исследовании алгоритмов управления угловым движением широкое применение получило математическое моделирование. Математическое моделирование – метод исследования объектов и процессов реального мира с помощью их приближенных описаний на языке математики математических моделей [1]. При разработке алгоритмов управления угловым движением КА используются математические модели внешней среды (например, модель магнитного поля Земли [2], модель атмосферы [3], модель гравитационного поля Земли [4]). Кроме математических моделей источниками ошибок в задачах управления могут выступать:

- погрешность измерительных средств;
- погрешность исполнительных устройств;
- погрешность знания массо-инерционных характеристик (положение центра масс, моменты инерции).

Все это в совокупности приводит к возникновению ошибок при решении задач управления угловым движением КА.

В работе проводится сравнение мер ошибок при решении задачи определения ориентации [5–7] и переориентации КА [8].

Под задачей определения ориентации КА понимается задача определения матрицы перехода между системой координат, связанной с КА (ССК), и некоторой опорной СК, в качестве которой часто используется орбитальная СК (ОСК) [8]. При этом матрица перехода может быть параметризована углами, направляющими косинусами, кватернионами [5–8; 9].

При решении задачи переориентации КА требуется перевести КА из некоторого начального состояния в требуемое угловое положение [8]. При этом используются кинематические и динамические уравнения Эйлера [8; 9], в которых могут учитываться моменты внешних сил. Кинематические и динамические уравнения могут быть записаны с использованием углов ориентации или в кватернионной форме [8; 9].

Для различных способов описания углового движения, различных алгоритмов определения ориентации и алгоритмов переориентации определяются соотношения между мерами ошибок.

*Работа выполнена в рамках проекта 0777-2020-0018, финансируемого из средств государственного задания победителям конкурса научных лабораторий образовательных организаций высшего образования, подведомственных Минобрнауки России.*

### **Библиографический список**

1. Амосов А.А., Дубинский Ю.А., Копченова Н.В. Вычислительные методы для инженеров: учеб. пособие. М.: Высш. шк., 1994. 273 с.
2. Коваленко А.П. Магнитные системы управления космическими летательными аппаратами. М.: Машиностроение, 1975. 600 с.
3. ГОСТ 4401-81 – 1981. Атмосфера стандартная. Параметры. Введ. 1982-07-01. М.: Издательство стандартов, 1982. 180 с.
4. Алексеев К.Б., Бебенин Г.Г. Управление космическими летательными аппаратами. М.: Машиностроение, 1974. 340 с.
5. Белоконов И.В., Крамлих А.В. Методика восстановления ориентации космического аппарата при комплексировании магнитометрических и радионавигационных измерений // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королева. 2007. № 1 (12). С. 22–30.
6. Крамлих А.В. Алгоритм определения ориентации космического аппарата при слабосвязанной схеме комплексирования радионавигационных и магнитометрических измерений // Авиакосмическое приборостроение. 2008. № 7. С. 9–13.
7. Крамлих А.В., Мельник М.Е. Адаптивный алгоритм определения ориентации низковысотных космических аппаратов на основе обработки одномоментных разнотипных измерений // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королева. 2012. № 4 (35). С. 69–75.
8. Мельник М.Е. Модели и методы оценки деятельности коммерческих банков в условиях неопределенности: дис. ... канд. тех. наук: 2.5.16: защищена 10.12.21: утв. 08.07.2022 / Мельник Мария Евгеньевна. Самара, 2021. 109 с.
9. Бранец В.Н., Шмыглевский И.П. Применение кватернионов в задачах ориентации твердого тела. М.: Наука, 1973. 320 с.