

УДК 519.711.2

РЕАЛИЗАЦИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОРИЕНТАЦИИ НАНОСПУТНИКА НА ОСНОВЕ ФИЛЬТРА КАЛМАНА

© Селезнева Л.А., Крамлих А.В.

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

e-mail: selezneva.l.a.mail@gmail.com

В работе рассмотрен вопрос построения и реализации алгоритма определения ориентации наноспутника (НС) на основе измерений магнитометра и гироскопа с использованием расширенного фильтра Калмана (ФК).

Математическая модель движения НС описана с помощью динамических уравнений Эйлера, а также кинематических соотношений в виде кватернионных уравнений Пуассона [1]. В уравнениях движения были учтены гравитационный и аэродинамический моменты внешних сил.

Также построена модель измерений магнитометра и гироскопа с учетом калибровочных соотношений и температурного дрейфа нуля для гироскопа и смещения нуля для магнитометра. В качестве модели измерений магнитометра использован прямой диполь.

Основой алгоритма определения ориентации выбраны уравнения расширенного фильтра Калмана [2], матрицы которого получены с помощью линеаризации моделей движения и измерений путем разложения в ряд Тейлора по вектору оцениваемых параметров, состоящего из векторной части кватерниона и вектора угловой скорости.

В ходе исследования работы алгоритма предложен метод первоначальной настройки ФК (подбор начальных приближений для ковариационных матриц) [3] на основе алгоритма Нелдера – Мида, позволяющий значительно повысить точность и уменьшить время сходимости.

Произведено численное моделирование работы алгоритма определения ориентации НС и метода настройки для спутника формата CubeSat 3U на орбите МКС (на высоте 400 км). Программный код для моделирования написан в пакете программ MATLAB. Результаты моделирования показали, что ошибка определения ориентации с помощью предложенного алгоритма определения ориентации составляет примерно $0,5^\circ$ по пространственному углу поворота, при этом время сходимости составляет 450 с.

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. Амелькин Н.И. Кинематика и динамика твердого тела (кватернионное изложение). М., 2000. 64 с.
2. Terejanu G.A. Extended Kalman Filter Tutorial // University at Buffalo. 2008.
3. Иванов Д.С., Карпенко С.О., Овчинников М.Ю. Алгоритм оценки параметров ориентации малого космического аппарата с использованием фильтра Калмана. мМ.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2009. 32 с.