

УДК 629.7

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЕТА МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА, ОСНАЩЕННОГО ЭЛЕКТРОРАКЕТНОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ

© Яковлева П.С., Старинова О.Л.

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

e-mail: polina.ya03@yandex.ru

В настоящее время в ракетно-космической отрасли все увеличивается востребованность малых космических аппаратов (далее КА) и их группировок.

В связи с этим возникает проблема обеспечения системой маневрирования и ориентации в условиях ограниченности массы, габаритов двигательной установки и малой энергообеспеченности. На данный момент, электроракетные двигательные установки (далее ЭРДУ) являются оптимальными для использования на малых КА весом до нескольких десятков килограммов. Но использование этих установок на нано- и микроспутниках – очень малоизученная область.

Несмотря на все достоинства, широкое использование ЭРДУ на малых космических аппаратах сдерживается проблемой поиска управления. В основном проблема заключается в недостаточно развитой теоретической базе: слабо изучена динамика полета малых спутников, снабженных этим типом двигателей, и скудна теория формирования программ управления двигателями малой тяги.

Цель работы: расчет и моделирование полета малых космических аппаратов (весом до 10 кг), оснащенных ЭРДУ [1–3].

Для моделирования полета были выбраны три миссии: IceCube – это миссия НАСА для орбитального наноспутника для разведки, определения и оценки количества и состава водяного льда на поверхности Луны; Aerocube 8 – программа AeroCube для демонстрации масштабируемой ионно-электрораспылительной двигательной установки (SiEPro); PSat-B (баллистический усиленный спутник связи) – миссия спутниковой лаборатории Университета Джорджа Вашингтона для демонстрации электрической двигательной установки с микрокатодным дуговым двигателем (μ CAT). Внешний вид космических аппаратов представлен на рисунке 1.

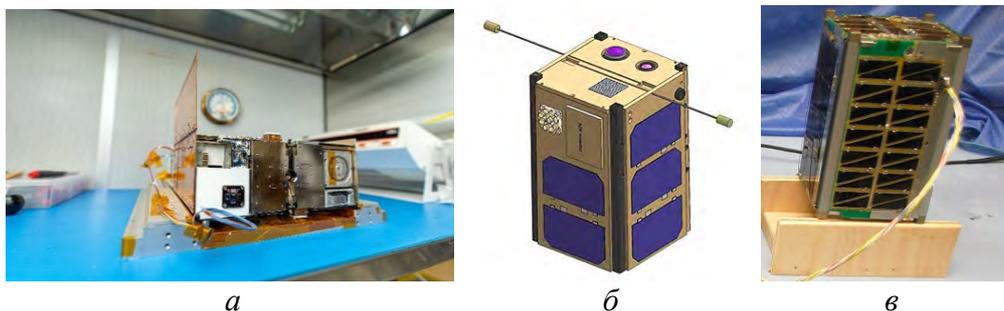


Рисунок 1 – Внешний вид КА: а – аппарат IceCube, б – аппарат Aerocube 8, в – аппарат PSat-B

Модель движения космических аппаратов получена на основе дифференциальных уравнений изменения оскулирующих элементов с учетом возмущений, присущих заданным орбитам [4]. Все необходимые начальные условия были взяты путем парсинга TLE файлов аппаратов. Параметры двигателей представлены в таблице.

Таблица – Параметры двигателей

Компания, страна	Двигатель	Тяга, мН	Удельный импульс, с	Мощность, Вт	Масса, г
Busek, США	BIT-3	1,15	2100	75	1400
MIT, США	S-iEPS	0,1	1200	1,5	3,5
GWU, США	μCAT	0,001÷0,05	2000÷3500	<10	200

На рисунке 2, а представлены результаты моделирования орбиты, на рисунке 2, б – изменения эксцентриситета за один день для КА AeroCube 8.

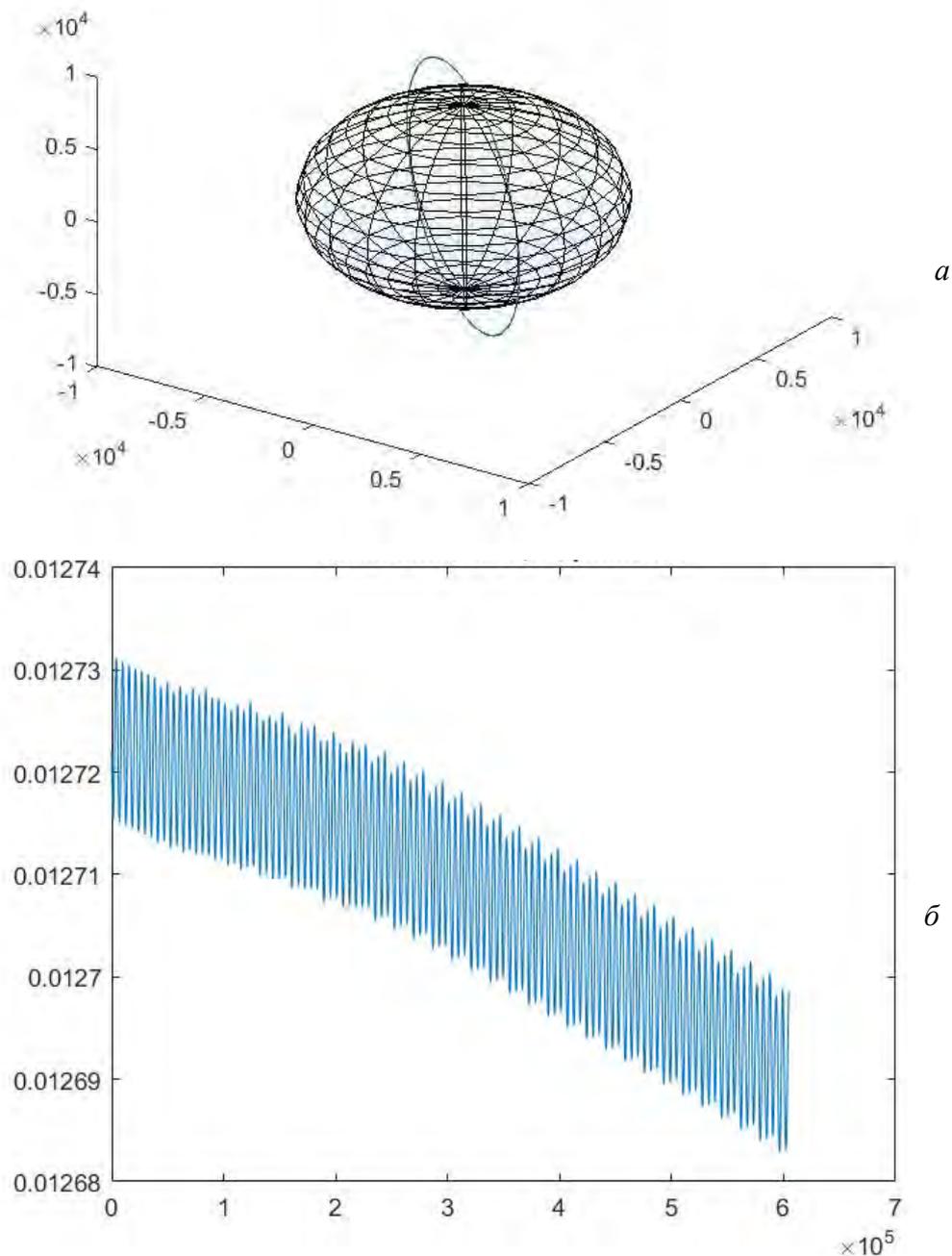


Рисунок 2 – Результаты: а – Орбита КА AeroCube 8, б – Изменение эксцентриситета КА AeroCube 8

В данной работе было проведено моделирование полета трех малых космических аппаратов, оснащенных электроракетными двигательными установками.

Также в дальнейшем предполагается поиск оптимальной структуры совместного управления элементами орбиты для достижения поставленной задачи.

Библиографический список

1. Mark Boucher NASA – Lunar IceCube to Take on Big Mission From Small Package. URL: <https://spaceref.com/science-and-exploration/nasa-lunar-icecube-to-take-on-big-mission-from-small-package> (дата обращения: 24.05.2023).

2. National Aeronautic and Space Administration: официальный сайт. URL: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=2015-025J> (дата обращения: 24.05.2023).

3. National Aeronautic and Space Administration: официальный сайт. URL: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=2015-025E> (дата обращения: 24.05.2023).

4. Зуев А.И. Математическое моделирование плоского движения космического аппарата с двигателем малой тяги: вып. квалификац. работа по спец. «Информатика и вычислительная техника» / рук. работы О.Л. Старина; рец. В.О. Соколов; М-во образования и науки Рос. Федерации, Самар. нац. исслед. ун-т им. С.П. Королева (Самар. ун-т), Фак-т заоч. обучения, Каф. косм. маши. Самара, 2016.