

**ДИНАМИКА ПОЛЁТА МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ
АППАРАТОВ, ОСНАЩЁННЫХ ЭЛЕКТРОРАКЕТНЫМИ
ДВИГАТЕЛЬНЫМИ УСТАНОВКАМИ**

П.С. Яковлева

студент гр. 1315-240301D

г.о. Самара, Самарский университет

Научный руководитель:

О.Л. Старинова

Заведующий кафедрой динамики полёта и систем управления

г.о. Самара, Самарский университет

Диплом за 2 место на секции «Открытый космос»

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

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

Благодаря разделению источника энергии и рабочего вещества ЭРД позволяет обеспечивать высокую скорость истечения (до 100 км/с и более) и имеет маленький расход рабочего тела, но имеет малую тягу (от единиц до десятков и сотен грамм) и требует высокую

энергообеспеченность аппарата, что вносит дополнительные требования к конструкционному и электронному оснащению спутника (например, наличие солнечных батарей). Использование ЭРД в ДУ КА в большинстве случаев позволяет существенно увеличить массу выводимой полезной нагрузки и продлить срок активного существования КА.

Широкое использование ЭРДУ на малых космических аппаратах сдерживается проблемой поиска управления. В связи с недостаточно развитой теоретической базой: слабо изучена динамика полёта малых спутников, снабжённых этим типом двигателей и скудна теория формирования программ управления двигателями малой тяги.

Целью данной работы является проведение расчётов и моделирование полёта малого космического аппарата (весом до 10 кг), оснащённого ЭРДУ с учётом возмущений от несферичности Земли, влияния атмосферы, а также воздействия солнца и луны.

Моделирование полёта проводилось для двух наноспутников формата CubeSat, размером 1,5 U. Спутник Aerocube 8 оснащён ионно-электрораспылительной двигательной установкой (SiEPro) с тягой 0,1 мН [1]. Спутник PSat-B демонстрирует электрическую двигательную установку с микрокатодным дуговым двигателем (μ CAT) с тягой 0,05 мН [2].

Для моделирования полёта космических аппаратов использовалась модель движения на основе дифференциальных уравнений изменения оскулирующих элементов с учётом возмущений на заданных орбитах. Начальные условия были взяты путём парсинга TLE файлов аппаратов. [3]

В результате моделирования были получены следующие орбиты:

Миссия AeroCube-8

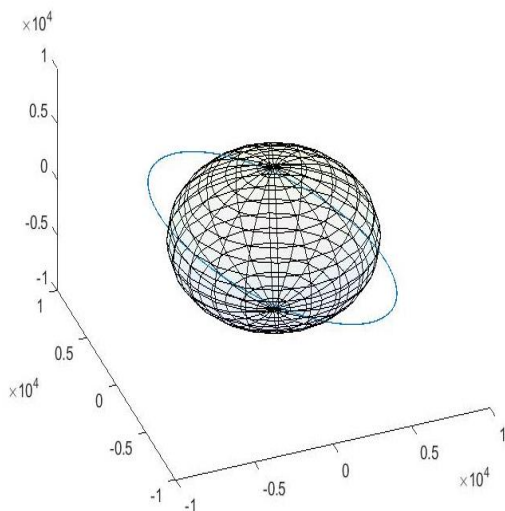


Рисунок 1 - Орбита КА AeroCube-8

Миссия PSat-B

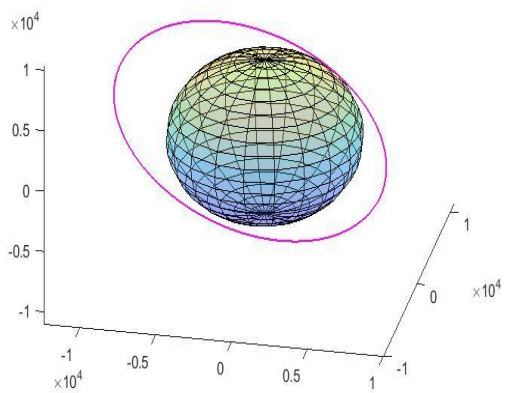


Рисунок 2 - Орбита КА PSat-B

В результате было проведено моделирование полёта, длительностью одни сутки, двух космических аппаратов оснащённых ЭРДУ при условии непрерывной работы установки и отсутствия расхода рабочего тела с учётом воздействия возмущений. А также получены графики изменения оскулирующих элементов.

Список литературы:

1. National Astronautic and Space Administration: официальный сайт. - URL: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=2015-025J> (дата обращения 31.10.2023). – Текст: электронный.
2. National Astronautic and Space Administration: официальный сайт. - URL: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=2015-025E> (дата обращения 31.10.2023). – Текст: электронный.
3. Зуев, А. И. Математическое моделирование плоского движения космического аппарата с двигателем малой тяги: вып. квалификац. работа по спец. "Информатика и вычислительная техника" / А. И. Зуев; 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. - on-line.