

Доставка возвращаемого контейнера с поверхности Фобоса с использованием электростатических сил

В.С. Асланов¹, Д.С. Андриевская¹

¹Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, Московское шоссе 34А, Самара, Россия, 443086

Аннотация. Предложена оригинальная схема доставки возвращаемого контейнера с пробами грунта с поверхности Фобоса на орбитальный космический аппарат. Сценарий предлагаемой миссии состоит из двух стадий: запуск контейнера с Фобоса с использованием простого пружинного механизма и его захват орбитальным космическим аппаратом с помощью кулоновских сил. Разработана математическая модель движения контейнера относительно космического аппарата. Проведен анализ движения, на основании которого выбраны следующие характеристики системы: начальная скорость контейнера, значение кулоновой силы и высота подъема контейнера.

1. Введение

Исследование Марса на данный момент очень актуально. Причин этому много. В первую очередь — ради науки. Изучение Марса может значительно расширить горизонт знаний человечества как о самом Марсе, так и о Земле и других планетах. Также, полет на Марс — увеличит интеллектуальный капитал, который невероятно обогатит наше общество. Попутно будет совершено множество открытий, которые будут использоваться не только для полета в космос, но и на Земле. Наконец, этот полет нужен для будущего человечества. Если мы сейчас отправимся на Марс, то есть вероятность, что лет через 500 люди будут жить на многих планетах. Множество космических миссий по исследованию Марса уже было организовано. Но что если легче исследовать Марс, изучая его спутники? Например, Фобос.

Фобос удобен для проведения исследований по ряду причин. Во-первых, вследствие крайне малой массы атмосфера у Фобоса отсутствует, и первая космическая скорость составляет всего 7 м/с. Во-вторых, период вращения спутника вокруг своей оси совпадает с периодом его обращения вокруг Марса, поэтому он всегда повёрнут к планете одной и той же стороной. В-третьих, расстояние между поверхностью Фобоса и поверхностью Марса составляет примерно 6 000 километров. Также он имеет форму, близкую к трёхосному эллипсоиду, большая ось которого направлена на Марс. Размеры Фобоса составляют 26,8×22,4×18,4 км. Температура на поверхности составляет 233 градусов по Кельвину.

Данная работа рассматривает сценарий миссии по транспортировке контейнера с грунтом с поверхности Фобоса на орбитальный космический аппарат для последующего изучения. Данная работа рассматривает следующие этапы миссии: запуск контейнера и его захват орбитальным космическим аппаратом. Считается, что посадка контейнера на Фобос и его работа по сбору материалов уже совершена. Наша задача: поднять этот контейнер с Фобоса на КА. Это можно сделать различными методами, например, захват контейнера космическим

аппаратом с помощью какого-либо манипулятора (механическая рука, гарпун, сеть) или используя магнитное взаимодействие. Нами предложен метод увода с помощью электростатического взаимодействия или, что одно и то же, силы Кулона.

2. Постановка задачи

В данной задаче мы имеем два объекта: контейнер с измерительными материалами и орбитальный КА (рисунок 1). Контейнер запускается с поверхности Фобоса с помощью простого пружинного механизма. КА находится на заданной высоте и имеет определенный электрический заряд (приобретенный или сгенерированный за счёт специальных встроенных устройств). Так как в космическом пространстве тела имеют свойства заряжаться (величина заряда определяется размерами тела, его материалом и другими характеристиками), контейнер приобретёт определенный конечный заряд. Наша задача: произвести захват этого заряженного контейнера с помощью электростатического взаимодействия, возникающего между самим контейнером и КА. Для этого мы можем варьировать три величины: начальную скорость контейнера, высоту захвата (высота над поверхностью Фобоса, на которой находится КА) и величину заряда на КА.

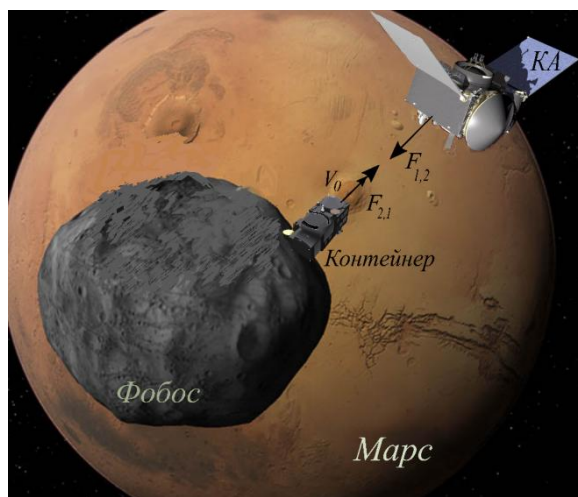


Рисунок 1. Схема системы.

3. Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-01-00215-А).

4. Литература

- [1] Aslanov, V. Motion Control of Space Tug During Debris Removal by a Coulomb Force / V. Aslanov, V. Yuditsev // Journal of Guidance, Control, and Dynamics. – 2018. – Vol. 41(7). – P. 1476-1484.
- [2] Hogan, E. Relative Motion Control For Two-Spacecraft Electrostatic Orbit Corrections / E. Hogan, H. Shaub // Journal of Guidance, Control, and Dynamics. – 2013. – Vol. 36(1). – P. 240-249.
- [3] Aslanov, V. Spatial Dynamics and Control of a Two-Craft Coulomb Formation // Journal of Guidance, Control, and Dynamics. – 2019. – Vol. 42(12). – P. 2722-2729.
- [4] Bennett, T. Contactless electrostatic detumbling of axi-symmetric GEO objects with nominal pushing or pulling / T. Bennett, H. Shaub // Advances in Space Research. – 2018. – Vol. 62. – P. 2977-2987.

Delivery of a returned container from the surface of Phobos using electrostatic forces

V.S. Aslanov¹, D.S. Andrievskaia¹

¹Samara National Research University, Moskovskoe Shosse 34A, Samara, Russia, 443086

Abstract. The original scheme of delivery of a returned container with soil samples from the surface of Phobos to the orbital spacecraft is proposed. The scenario of this mission consists of two stages: the launch of the container from Phobos using a simple spring mechanism and capture of the container by the orbiting spacecraft using the Coulomb force. A mathematical model of the container's motion relative to the spacecraft has been developed. A motion analysis is carried out, based on which the following characteristics of the system are selected: initial velocity of the container, value of the Coulomb force, and height of the lift of the container.