

Аналитические решения в окрестности устойчивых точек для тросовой системы, закрепленной в коллинеарных точках либрации L_1 , L_2 системы Марс — Фобос

В.С. Асланов, Д.В. Нерядовская

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия

Обоснование. Тросовые системы широко применяются в космосе, например, для транспортировки полезной нагрузки на орбите [1], для увода космического мусора [2, 3], для исследования планет и их спутников [4], для изучения других небесных тел [5]. Исследовать поверхность Фобоса с помощью тросовой системы предложено NASA в миссии Phobos L_1 Operational Tether Experiment (PHLOTE) [4]. Предполагается, что тросовая система будет закреплена в точке либрации L_1 посредством орбитального космического аппарата, расположенного рядом с этой коллинеарной точкой [4]. Точки либрации L_1 и L_2 находятся на небольшом расстоянии от поверхности Фобоса (~3,4 км). Это позволяет использовать эти точки для исследования не только поверхности спутника Марса, но и космического пространства возле него.

Цель — найти аналитические решения в окрестности устойчивых точек для тросовой системы, закрепленной в коллинеарной точке либрации L_1 или L_2 системы Марс — Фобос.

Методы. В работе рассматривается механическая система, состоящая из троса, закрепленного в точке либрации L_1 или L_2 , и груза, прикрепленного к его концу. Дифференциальные уравнения классической ограниченной задачи трех тел используются в качестве математической модели [6]. Уравнения движения тросовой системы постоянной длины получены в полярных координатах с учетом силы натяжения троса. После этого найдены аналитические формулы для силы натяжения троса и исследовано влияние параметров системы на эту силу для статического и динамического случаев.

Результаты. На основе полученных формул выполнено численное моделирование для длины троса, равной 3 км. При увеличении угла отклонения троса от местной вертикали возрастает динамическая сила натяжения, при этом ее значение не превышает 0,14 Н. Статическая сила натяжения не превышает 0,09 Н для массы, равной 50 кг, прикрепленной к концу троса.

Выводы. Численное моделирование показало, что трос растягивается во всех рассматриваемых случаях. При этом сила натяжения троса находится в пределах от 0,09 до 0,14 Н. Результаты работы могут быть полезны для создания миссии подобной PHLOTE.

Ключевые слова: аналитическое решение; тросовая система; точка либрации; положение равновесия; сила натяжения.

Список литературы

1. Aslanov V.S., Ledkov A.S. Swing principle in tether-assisted return mission from an elliptical orbit // *Aerosp Sci Technol*. 2017. Vol. 71. P. 156–162. DOI: 10.1016/j.ast.2017.09.006
2. Пикалов Р.С., Юдинцев В.В. Обзор и выбор средств увода крупногабаритного космического мусора // *Труды МАИ*. 2018. № 100. С. 1–37.
3. Асланов В.С., Юдинцев В.В. Тросовая буксировка объекта космического мусора с полостью, заполненной жидкостью // *Труды МАИ*. 2017. № 97. С. 1–23.
4. Kempton K., Pearson J., Levin E., et al. Phase 1 study for the Phobos L_1 operational tether experiment (PHLOTE). End Report. NASA, 2018. 91 p.
5. Mashayekhi M.J., Misra A.K. Optimization of tether-assisted asteroid deflection // *J Guid Control Dyn*. 2014. Vol. 37, No. 3. P. 898–906. DOI: 10.2514/1.60176
6. Маркеев А.П. Точки либрации в небесной механике и космодинамике. Москва: Наука, 1978. 312 с.

Сведения об авторах:

Дарья Владимировна Нерядовская — студентка, группа 1235-010403D, институт авиационной и ракетно-космической техники; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия. E-mail: neryadovskayadv@yandex.ru

Владимир Степанович Асланов — научный руководитель, профессор; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева; заведующий кафедрой теоретической механики, Самара, Россия. E-mail: aslanov_vs@mail.ru