

УДК 629.7

Об организации перемещения КА между гелиоцентрическими станциями с помощью неизменно ориентированных солнечных парусов

Родников Александр Владимирович

springer@inbox.ru, rodnikovav@mai.ru
SPIN-код: 9513-3713

Московский авиационный институт, Москва, Россия

Аннотация. Изучено относительное движение элементов космической тросовой системы, состоящей из двух тяжелых космических станций, описывающих одну гелиоцентрическую орбиту, и легкого космического аппарата (КА), перемещающегося вдоль троса, связывающего станции. Рассмотрена ситуация, когда длина троса больше расстояния между станциями и движение КА в плоскости орбиты ограничено некоторым эллипсом. Установлено, что перемещение КА между точками этого эллипса в ряде случаев может быть организовано с помощью неизменно ориентированного солнечного паруса, установленного на КА, и двух дополнительных неизменно ориентированных солнечных парусов, установленных на станциях и предназначенных для компенсации влияния движения КА на взаимное положение станций.

Ключевые слова: солнечный парус, космическая тросовая система, метод малого параметра, односторонняя связь, гелиоцентрическая станция

Введение. В работе [1] была предложена математическая модель описания перемещения легкого космического корабля (КА), оснащенного солнечным парусом (СП) вдоль троса, концы которого закреплены на тяжелых гелиоцентрических станциях, описывающих одну круговую орбиту. В рамках этой модели предполагалось, что длина троса превышает расстояние между станциями, то есть локация КА в плоскости орбиты ограничено некоторым эллипсом с фокусами в точках закрепления троса. При этом, однако, не учитывалось, что движение с натянутым тросом, то есть по границе эллипса, влияет на взаимное положение станций. В настоящей работе устанавливается, что в ряде случаев перелет КА между двумя точками эллипса может быть осуществлен без изменения расстояния между станциями, если они оснащены дополнительными СП, причем все три паруса остаются неизменно ориентированными по отношению к направлению на Солнце во все время релокации КА.

Методы и материалы; результаты. Математической моделью космической системы, состоящей из двух станций и КА, в случае, когда трос натянут во все время движения, может служить механическая система, состоящая из трех материальных точек, две из которых соединены гибкой связью, вдоль которой может перемещаться третья. Если все три точки не покидают одной плоскости в поле тяготения Солнца, система имеет пять степеней свободы. Если при этом считать, что и станции, и КА снабжены СП, неизменно ориентированными по отношению к направлению на Солнце, то уравнения движе-

ния моделирующей системы содержат шесть постоянных величин, являющихся проекциями сил солнечной радиации, действующих на СП. Далее, если первоначально станции описывают одну гелиоцентрическую орбиту радиусом около 1 а.е., расстояние между ними не превышает нескольких километров, отношение массы КА к сумме масс станций не более 0,005 и отношение площади основного СП к массе КА не меньше $1 \text{ м}^2/\text{кг}$, то уравнения движения могут быть аппроксимированы интегрируемыми. Требование сохранения расстояния между станциями и угла между отрезком, их соединяющим, и направлением на Солнце формулируются в виде некоторой краевой задачи для этих уравнений. Условия существования решений краевой задачи представляются двумя соотношениями между упомянутыми выше шестью постоянными, зависящими также от начального и конечного положения КА на эллипсе. Из этих соотношений определяются минимально возможная площадь дополнительных СП и их углы поворота по отношению к солнечным лучам. При этом учитываются условия натянутости троса и оптические характеристики материала СП.

Сравнение результатов численного интегрирования полных уравнений движения без учета и с учетом дополнительных СП показывает, что их использование практически исключает изменение взаимного расположения станций.

Заключение. Проведенный анализ показывает, что, описанные в работе [1], алгоритмы управления движением КА с постоянно ориентированным СП вдоль троса, закрепленного на тяжелых гелиоцентрических станциях, применимы, но при условии, что станции снабжены компенсирующими устройствами, которыми могут быть дополнительные СП, также неизменно ориентированные во время движения КА.

Список источников

- [1] Васькова В.С., Родников А.В. Модельная задача о движении по леерной связи под солнечным парусом. *Космические исследования*, 2024, т. 62, № 3, с. 302–310. <https://doi.org/10.31857/S0023420624030087>