

Орбитальный манёвр Гомана разрывом связей вращающейся тросовой системы

Екимовская Анна Алексеевна

Абитуриент

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
Москва, Россия

E-mail: anu_ekimovskaya03@mail.ru

В настоящее время всё чаще применяются малые космические аппараты (КА) [1]. Новый вид техники потребовал начать разработку новых конструктивных схем, в частности, тросовых систем, в том числе вращающихся [2]. Расчёт орбит таких КА выполняется традиционными баллистическими методами, но с учётом вращательного движения [3,4,5]. Преимущество вращающейся системы заключается в наличии кинетической энергии вращения, которая может быть использована для орбитального маневрирования [6]. Если разорвать трос двух вращающихся грузов в тот момент, когда скорость первого направлена по орбитальной скорости центра масс, а скорость второго против, то первый груз перейдёт на орбиту с увеличенным апогеем, а второй - на орбиту с уменьшенным перигеем, может вернуться на Землю. При этом никакого химического топлива не требуется. В этом техническом предложении вращающиеся грузы отталкиваются друг от друга после разрыва троса. Система напоминает древнее оружие - пращу, в которой камень запасал энергию при раскрутке воином.

В тросовой системе из двух вращающихся грузов возможен один разрыв и одна пара импульсов. Один груз снижается, другой уходит на более высокую орбиту. В редакторе Excel разработана программа расчёта первого импульса в манёвре Гомана. Полный манёвр Гомана требует выполнить два импульса. Для этого нужна система, как минимум, из трёх вращающихся грузов с двумя тросами. Первый разгонный импульс после разрыва первого троса в перигее переводит второй и третий вращающиеся грузы на переходную эллиптическую орбиту с увеличенным апогеем. Вторым разгонным импульсом в апогее после разрыва второго троса переводит третий груз на высокую круговую орбиту.

Для доказательства возможности манёвра Гомана за счёт энергии вращения тросовой системы без применения химического топлива были использованы формулы и методики из баллистической литературы [4,5]. Для ускорения расчётов методика расчёта была реализована в программе Excel сначала для одного импульса, потом для полного манёвра Гомана с двумя импульсами. Расчёт второго импульса и новых параметров орбиты оказался более сложным, чем первого. Для определения одной неизвестной величины надо было знать другую, а для определения другой - первую. Был разработан специальный итерационный метод. Потребовалось применить законы сохранения энергии, импульса и момента количества движения.

Расчёт первой простейшей симметричной вращающейся системы из трёх грузов показал, что при длине тросов-радиусов 100 метров и угловой скорости вращения 1 радиан в секунду, то есть при линейной скорости вращения 100 м/с, первый груз можно безопасно вернуть на Землю, потом оттолкнуться от второго и перевести с низкой (200 км) на высокую (300 км) круговую орбиту 1/78 часть исходной массы. Это не очень много, но другие системы, с большим количеством грузов, могут оказаться более рациональными, поэтому требуют продолжать исследование.

По результатам работы подана заявка на патент на изобретение "Способ межорбитального маневрирования космического аппарата" [7].

Источники и литература

- 1) Меньшиков В.А., Перминов А.Н., Урлич Ю.М. Глобальные проблемы человечества и космос. – М.: «Изд. МАКД», 2010. – 570 с.
- 2) Осипов В.Г., Шошунов Н.Л. Космические тросовые системы: история и перспективы / Земля и Вселенная. РКК «Энергия» им. С.П.Королёва. - №4, 1998.
- 3) Микрин Е.А., Комарова Л.И. и др. Особенности бортового баллистико-навигационного обеспечения спуска в системе управления транспортного пилотируемого корабля “Союз ТМА”, Проблемы управления, 2010, выпуск 6, с.58–63.
- 4) Мирер С.А. Механика космического полёта. Орбитальное движение. Учебное пособие. Часть 2. – М.: МФТИ (НИУ), 2013.
- 5) Астрономические постоянные. http://www.sai.msu.ru/neb/rw/cm_const.htm
- 6) Екимовская А.А. Механика космических тросовых вращающихся систем. Секция: Физика. X Международный конкурс научно-исследовательских и творческих работ учащихся. - Москва: Российская академия естествознания (РАЕ), август, 2019 г. - Электронный ресурс: <https://school-science.ru/10/11/45529>
- 7) Екимовская А.А. Способ межорбитального маневрирования космического аппарата. Заявка на патент на изобретение RU № 2021126157, приоритет 06.09.2021 г.