

Управление космической тросовой системой для сближения буксира с объектом космического мусора

Научный руководитель – Асланов Владимир Степанович

Пикалов Руслан Сергеевич

Аспирант

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П.

Королева, Самара, Россия

E-mail: pickalovrs@gmail.com

Решение проблемы космического мусора представляет собой одну из наиболее важных задач стоящих перед человечеством. Для ее решения разрабатываются способы активной уборки существующего мусора, многие из которых предполагают использование космических аппаратов-буксиров для орбитальной транспортировки крупных объектов [1-3]. При этом использование отработанных методов стыковки не представляется возможным. Космический мусор не управляется и не обменивается информацией о своем положении, и ориентации с буксиром, кроме этого, он может вращаться со значительной угловой скоростью. Для захвата подобных объектов целесообразно использовать нежесткую связь между буксиром и космическим мусором, такую как тросовую систему [2]. В качестве устройства захвата в этом случае могут выступать гарпуны, сети или автономные стыковочные модули [1, 3]. При этом ряд концепций космических буксиров, после установления гибкой связи, предполагает жесткую стыковку. То есть близкое сближение буксира и объекта космического мусора. Возникает потребность разработки алгоритмов управления тросовой системой, для обеспечения безопасного маневра близкого сближения.

В представленной работе исследовано движение тросовой системы состоящей из буксира и космического мусора, после формирования связи с нулевой начальной относительной скоростью между ними. Рассматривается этап уменьшения длины троса до момента формирования жесткой связи между ними. Для этих целей построена математическая модель системы. Где буксир и космический мусор моделируется как материальные точки соединенные вязкоупругим тросом. При этом на буксир действует постоянная сила тяги двигателей. Предложен оригинальный закон управления длиной троса позволяющий осуществить маневр близкого сближения, обеспечив нулевую относительную скорость между буксиром и объектом космического мусора в конце маневра.

Проведена серия численных экспериментов, с целью изучения динамики системы. Было установлено, что на этапе близкого сближения буксира и космического мусора, при одновременном действии тяги двигательной установки буксира, возникают продольные колебания троса. Которые необходимо демпфировать, для исключения колебаний троса к моменту стыковки буксира и космического мусора. Аналитически получена зависимость частоты этих колебаний от текущей свободной длины троса. Для снижения негативного эффекта, вызванного колебаниями троса, предложена модифицированная модель системы с добавленным демпфирующим устройством. Для нее записаны уравнения движения, проведен численный эксперимент. Показавший что добавление демпфирующего устройства позволило уменьшить колебания троса. Исследовано влияние вязкоупругих свойств троса и свойств демпфера на динамику системы. Результаты работы показывают, что предложенный закон позволяет осуществить безопасное близкое сближение космического буксира с объектом космического мусора.

Источники и литература

- 1) Трушляков В.И., Юткин Е.А. Обзор средств стыковки и захвата объектов крупногабаритного космического мусора // Омский научный вестник. 2013. № 2. Р. 56–61.
- 2) Aslanov V.S., Yudin V. V. Dynamics of large space debris removal using tethered space tug // Acta Astronautica. 2013. Vol. 91. P. 149–156.
- 3) Shan M., Guo J., Gill E. Review and comparison of active space debris capturing and removal methods // Progress in Aerospace Sciences. 2015. Vol. 80. P. 18–32.