

УДК 629.76

Методика оценки проектных параметров высокоскоростной системы выпуска троса для увода космического мусора на ранней стадии проектирования

Онищук Сергей Юрьевич

onishchuksy@gmail.com

SPIN-код: 6122-7947

ОмГТУ, Омск, Россия

Аннотация. Рассмотрена методика оценки проектных параметров высокоскоростной системы выпуска троса (ВСВТ) для увода космического мусора (КМ). Для увода используется орбитальный комплекс, состоящий из разгонного блока (РБ) и отделяемого на тросе автономного стыковочного модуля (АСМ). Методика позволяет определить на ранней стадии проектирования основные параметры ВСВТ (механические характеристики троса, скорость и циклограмму выпуска и торможения троса) на этапах дальнего и ближнего наведения, а также после формирования вращающейся тросовой космической системы (ВТКС), состоящей из РБ на одном конце троса и АСМ с захваченным КМ на другом конце троса. Полученные данные являются основой для определения проектного облика основных систем ВСВТ: системы хранения, выпуска, торможения и фиксации троса.

Ключевые слова: высокоскоростная система выпуска троса, вращающаяся тросовая космическая система, космический мусор

Введение. Концепция использования ВТКС для увода КМ описывалась в работах [1, 2]. Схема увода КМ с ВТКС приведена на рисунке.

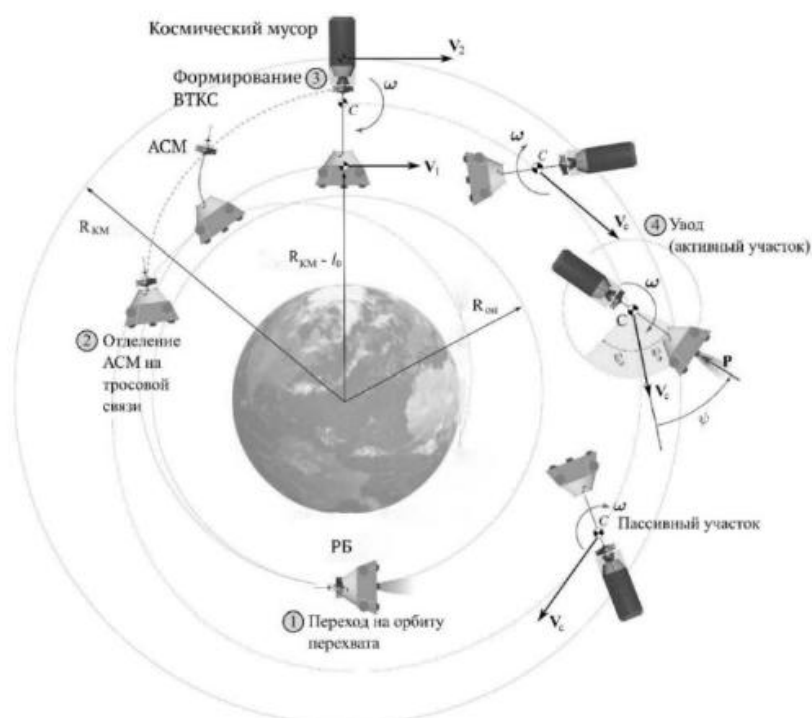


Схема ВТКС для увода КМ [2]

Исходными данными для оценки параметров ВСВТ являются: масса объекта КМ $m_{км}$; высота круговой орбиты КМ $h_{км}$, линейная V_2 , и угловая $\omega_{км}$ орбитальные скорости; наклонение $i_{км}$; масса РБ $m_{рб}$ с тягой $P_{рб}$, а также масса АСМ $m_{асм}$; интервал времени на захват КМ $\Delta t_{захв}$; длительность интервала времени торможения троса $\Delta t_{тор}$.

Методы и материалы; результаты.

Этап 1. Формирование орбиты перехвата (дальнее наведение). В рамках данного этапа определяют параметры, при которых происходит формирование ВТКС: величину разности относительных скоростей $\Delta V_{отн}$, начальную угловую скорость закрутки ВТКС ω_0 , начальную длину троса в момент прохождения РБ апогея орбиты перехвата l_0 и диаметр $d_{тр}$ троса, и его механические характеристики (модуль Юнга $E_{тр}$, предел прочности на разрыв σ_v , предельное относительное удлинение ε_v), а также параметры орбиты перехвата РБ $((h_{км} - l_0) \times h_{пр})$, позволяющие определить положение РБ в любой момент времени до возникновения ВТКС.

Этап 2. Отделение АСМ на тросовой связи (ближнее наведение). В конце этапа определены время сближения АСМ с КМ $\Delta t_{сбл}$ и скорость разворачивания троса $V_{тр}$, получена полная циклограмма движения АСМ, РБ и КМ, включающая в себя моменты отделения $t_{отд}$ АСМ от РБ, подлета АСМ к КМ $t_{подл}$, а также радиус r и угол истинной аномалии ϑ КМ и РБ в данные моменты времени для КМ.

Этап 3. Формирование ВТКС. В конце данного этапа были получены значения проекций относительных скоростей на трос ΔV_R , ΔV_T для проверки на условие целостности троса, определено натяжение троса в момент образования ВТКС вызываемое рывком $T_{рыв}$ и программа увеличения свободной длины троса при стравливании для снижения величины рывка троса. После определения установившегося значения длины $l_{ст}$ и деформации $\delta_{ст}$ троса определяют общую длину наматываемого $l_{нам}$ на катушку троса с учетом запаса на длину $l_{зап}$.

Заключение. Полученная в результате методика позволяет определить полную циклограмму работы систем ВСТВ, определив ключевые ее параметры на ранней стадии проектирования: наматываемую длину троса $l_{нам}$, диаметр $d_{тр}$ и плотность материала троса $\rho_{тр}$ для разработки проектного облика системы хранения; скорость $V_{тр}$ и продолжительность интервала разворачивания троса $\Delta t_{сбл}$ для разработки системы выпуска троса; тормозное усилие $F_{тр}$ и время торможения $\Delta t_{тор}$ для разработки системы торможения троса; величину рывка троса $T_{рыв}$ для разработки системы фиксации троса.

Список источников

- [1] Trushlyakov V., Yudintsev V. Dynamics of rotating tethered system for active debris removal. *Acta Astronautica*, 2022, vol. 195, pp. 405–415.
- [2] Trushlyakov V.I., Yudintsev V.V. Rotating tethered system for active space debris removal. *J. Phys.: Conf. Ser.*, 2019, vol. 1260, no. 11, art. no. 112032.