

УДК 629.78

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАССИВНЫХ МЕТОДОВ БОРЬБЫ С КОСМИЧЕСКИМ МУСОРОМ

Сергей Александрович Камаев

Студент 4 курса

кафедра «Технологии ракетно-космического машиностроения»

Московский государственный технический университет

*Научный руководитель: Васильева Татьяна Владимировна, старший преподаватель
кафедры «Технологии ракетно-космического машиностроения»,*

Уже сейчас на орбите Земли находится примерно миллион объектов космического мусора размером с пачку сигарет и это количество лишь продолжает расти с пугающей скоростью. В действительности, объектов космического мусора насчитывается несоизмеримо больше.

Основными проблемами являются: скорость перемещения и количество космического мусора. Самый крупный искусственный объект на орбите Земли — Международная космическая станция, которая имеет линейную скорость движения по орбите — 28 000 км/ч, что в 10 раз быстрее, чем пуля патрона 7,62x39, вылетевшая из Автомата Калашникова.

Крупного космического мусора (объекты с диаметром поперечного сечения больше 10 см) насчитывается уже порядка 34 000 единиц. Среднего космического мусора (объекты с диаметром наибольшего поперечного сечения от 1 до 10 см) порядка 900 000 единиц. А малого космического мусора (объекты меньше 1 см) и вовсе 128 000 000 единиц.

Важным моментом в рассмотрении проблемы космического мусора также является синдром Кesslera. Как известно, даже мелкие объекты, двигаясь с космической скоростью, могут полностью уничтожить или вывести из строя работающий спутник в случае столкновения с ним. И таких случаев становится всё больше. В недалёком будущем может наступить ситуация, когда цепная реакция разрастания космического мусора сделает использование космического пространства невозможным.

Однако уже есть ряд предложений по борьбе с космическим мусором — от радикальных, вроде полного отказа от полетов в космос на несколько десятков лет в ожидании, пока околоземное пространство очистится само, до вполне реализуемых.

На сегодняшний день во избежание столкновения космического аппарата с космическим мусором либо уводят космический аппарат от столкновения, либо уводят космический мусор на орбиту захоронения.

Маневры для предотвращения столкновения рабочего спутника и космического мусора обходятся дорого. Операторы спутников уже получают поток сигналов тревоги, большинство из которых ложные, и поэтому выполняют множество ненужных, но дорогостоящих маневров. Группировка из 300 спутников может получать около 580 сигналов тревоги, требующих вмешательства человека и маневров спутников в год. С учетом того, что аварийный маневр на низкой околоземной орбите стоит около 25 000 евро, это составляет ошеломляющую сумму в 14 миллионов евро в год.

Основной проблемой является то, что данные пути не решают проблему существования космического мусора, и поэтому важно было рассматривать методы по ликвидации космического мусора со всех орбит нашей планеты и убедиться в

эффективности их использования в сравнении с обычным маневрированием от столкновения.

Ввиду обширности данной темы, были проанализированы только пассивные методы увода космического мусора. Например, солнечный парус.

Солнечный парус — по аналогии с обычным парусом на корабле — собирает энергию солнца, чтобы затормозить объект. При торможении его орбита начинает понижаться, со временем переходя в орбиту схода. Так объект благополучно падает на Землю, сгорая в верхних слоях атмосферы. С учетом современных технологий стоимость солнечного паруса площадью 100 м² и его доставка рассчитывается 2 700 000 рублей.

Также, стоит принять во внимание принцип действия аэродинамических устройств увода космического аппарата с рабочих орбит, основанный на увеличении площади поперечного к направлению потока сечения космического аппарата, что приводит к увеличению силы аэродинамического сопротивления, которая направлена противоположно направлению движения. Стоимость рассчитывается 1 161 000 рублей.

И, конечно, электродинамическая тросовая система. Она проводит электричество и генерирует ток при движении в магнитном поле Земли. Взаимодействие электронов и протонов окружающей плазмы создает электрическое поле, напряженность которого отлична от нуля. Трос, по которому идет ток, пересекает силовые линии геомагнитного поля, вызывая силу Ампера, которая замедляет движение космического аппарата.

Как уже было сказано, средств для аварийного маневра одного спутника в год уходит порядка 50 000 евро. С учетом количества размещенных рабочих спутников и активного вывода новых эта сумма может достигать 600 миллионов евро (60 000 000 000 рублей) в год.

Если рассмотреть совместное применение солнечного паруса и сопротивления атмосферы, то, рассматривая только само оборудование, цена будет около 4 000 000 рублей для одного объекта космического мусора.

Так как данные методы эффективно использовать против самого опасного крупного космического мусора, которого уже насчитывается порядка 34 000, то цена ликвидации его с орбит Земле будет стоить примерно 136 000 000 000 рублей.

С учетом того, что значения средств на осуществление маневров и окончательный увод примерно одного порядка, а во втором случае решается проблема самого факта существования космического мусора, логично заключить, что пассивные методы можно и нужно рассматривать для решения проблемы космического мусора.

Литература

1. Космический мусор: чем опасно загрязнение околоземного пространства для спутников и космических исследований. URL: <https://ecosphere.press/2025/02/07/kosmicheskij-musor-kak-poyavilas-svalka-na-orbite/> (дата обращения 12.03.2025).
2. Ключников В.Ю. Синдром Кесслера: будет ли закрыта дорога в космос? // Воздушно-космическая сфера. 2021. № 4. С. 32 – 43.
3. Neuraspace introduces “Machine Learning Prediction Plots” for earlier collision avoidance planning URL: <https://blog.neuraspace.com/press-release-machine-learning-prediction-plots> (дата обращения 15.03.2025).
4. Поляхова Е. Н., Королев В. С. Задачи управления космическим аппаратом с солнечным парусом. // Технические науки — от теории к практике. 2016. № 2 (50).

5. Крестина А.В., Ткаченко И.С., Волгин С.С., Иванушкин М.А. Устройство аэродинамической системы увода малого космического аппарата с орбиты. Инженерный журнал: наука и инновации, 2022, вып. 1.
 6. Камолов М.С. Электродинамическая тросовая космическая система с незамкнутой электрической цепью // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2021. 7(88). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/12082>
-