УДК 629.78

ТЕХНОЛОГИИ АКТИВНОЙ ОЧИСТКИ ГЕОСТАЦИОНАРНОЙ ОРБИТЫ ОТ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА

А. А. Внуков[1*], Т. Н. Баландина[2]

[1]ООО «Научно-производственный центр «Малые космические аппараты»
Российская Федерация, 662971, Красноярский край, г. Железногорск, ул. Школьная, 33, оф. 25
[2]АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева»
Российская Федерация, 662972, г. Железногорск Красноярского края, ул. Ленина, 52
[*]E-mail: vnukovalx@ya.ru

Приводится классификация причин возникновения космического мусора на геостационарной орбите, даётся оценка опасности космического мусора для действующих космических аппаратов и обозначаются мероприятия по снижению этой опасности. Рассматриваются различные способы активного удаления космического мусора с орбиты и дан обзор существующих проектов по активной очистке орбит.

Ключевые слова: космический мусор, геостационарная орбита, технологии активного удаления космического мусора.

ACTIVE SPACE DEBRIS TECHNIQUES FOR GEOSTATIONARY ORBIT

A. A. Vnukov[1*], T. N. Balandina[2]

[1]Research and Production Center Small Satellites Limited Liability Company
33. of. 25, Shkolnaya str., Zheleznogorsk, Krasnoyarsk region, 662971, Russian Federation
[2]JSC Academician M. F. Reshetnev Information Satellite Systems
52, Lenin Str., Zheleznogorsk, Krasnoyarsk region, 662972, Russian Federation
[*]E-mail: vnukovalx@ya.ru

In this issue the classification of the space debris source on GEO obtained, the threat of the debris for the operating spacecrafts evaluated and the actions for that threat mitigation presented. The different techniques of the active space debris removal considered and existing projects of the active space debris removal reviewed.

Keywords: space debris, geostationary orbit, active space debris removal techniques.

Проблема засорённости околоземного пространства заключается в том, что неуправляемые искусственные объекты на околоземных орбитах являются источником опасности вероятного столкновения с космическими аппаратами (КА), функционирующими по целевому назначению, которое может привести к повреждению или выходу рабочего КА из строя. В связи с этим производится непрерывный мониторинг пространственного положения всех объектов на орбитах и реализуются мероприятия по предотвращению столкновения КА между собой и с космическим мусором (КМ).

Причины возникновения космического мусора различны [1]:

– аварийное завершение функционирования КА (потеря управления);

– отсутствие требований увода КА или верхних ступеней ракет-носителей (РН) на орбиту захоронения;

– отделение фрагментов от КА или РН в процессе раскрытия из транспортного положения и во время штатного функционирования;

– разрушение (намеренное или аварийное) КА на орбите.

Для обеспечения безопасного использования околоземного космического пространства Межагентским комитетом по космическому мусору разработаны рекомендации, включённые в настоящее время во все национальные и международные стандарты, об организации двух защищаемых областей космического пространства: низкие околоземные орбиты с высотой до 2000 км над поверхностью Земли и геостационарная орбита. Все КА, функционирующие в этих областях должны по завершению активного функционирования переводиться на орбиты захоронения, исключающие столкновения КА, выведенных из эксплуатации, с активными КА.

Несмотря на все меры, предпринимаемые производителями и операторами КА, иногда случаются аварийные ситуации и КА становится неуправляемым, оставаясь при этом на ГСО. В этом случае он начинает дрейфовать в защищаемой зоне и представлять опасность для активных КА на ГСО. При этом количество объектов космического мусора, представляющих потенциальную опасность, сопоставимо с общим количеством КА: на начало 2018 года в защищаемой области ГСО находилось 17 неактивных КА российского производства, при том, что численность функционирующих КА российской принадлежности на ГСО – 21 аппарат [2].

Для обеспечения безопасной эксплуатации КА на околоземных орбитах и на ГСО в первую очередь, необходимо осуществлять принудительный увод неактивных КА из защищаемой зоны ГСО средствами специальных сервисных аппаратов. Сложность создания сервисного КА состоит в том, что для реализации программы увода КМ на орбиту захоронения сервисный КА должен быть состыкован с объектом КМ, причём эта стыковка, в силу большой высоты ГСО и связанных с этим задержках во времени прохождения радиосигнала, должна быть автоматической.

За последние 20 лет было проведено большое количество исследований технической возможности автоматической стыковки сервисного КА с КМ, при этом в качестве объекта КМ выступал специально разработанный КА, а стыковка проводилась при помощи манипуляторов. Такая система не может полностью решить проблему очистки околоземных орбит от КМ, поскольку находящиеся сейчас на орбитах неактивные КА не приспособлены для стыковки с сервисными КА. Для обеспечения удаления КМ абсолютно любого типа были предложены следующие технические решения [3]:

– жесткий захват/зацеп КМ с помощью робота-манипулятора, установленного на сервисном КА, при этом манипулятор может быть как многозвенным, так и однозвенным с жёсткими или гибкими (например, надувными) зацепами, а буксировка объекта КМ на орбиту захоронения осуществляться как сервисным КА, так и отдельным транспортным модулем, закрепляемым сервисным КА на объекте КМ;

– захват/зацеп КМ гарпуном или сетью-ловушкой выпущенных с сервисного КА и последующая управляемая буксировка КМ на гибкой сцепке на орбиту захоронения сервисным КА, либо транспортным модулем;

– бесконтактный способ выдачи в направлении центра масс КМ вдоль вектора скорости объекта космического мусора необходимого импульса путем воздействия на него струей потока частиц (штаного/ специального) двигателя сервисного КА и последующий не управляемый полет КМ на орбиту захоронения.

Следует отметить, что буксировка КМ на гибкой сцепке и бесконтактное воздействие, обладая очевидными преимуществами (в первом случае – простота и универсальность стыковки сервисного КА с объектом КМ, во втором – дополнительно ещё и возможность многоразового использования сервисного КА), предъявляют повышенные требования к системе управления связкой сервисный КА-объект КМ. Поэтому в настоящее время эти варианты стыковки с КМ распространения не получили.

Существующие проекты активного удаления КМ с околоземных орбит представлены в таблице.

Таким образом, можно сделать вывод, что работа над созданием автоматических КА по очистке околоземных орбит от КМ ведётся широко и находится на стадии разработки прототипов для проведения лётных испытаний. Основной технологией, рассматриваемой для применения в этой области, является технология создания манипуляторов для стыковки сервисного КА с объектом КМ.

Проекты активного удаления объектов КМ с околоземных орбит

Название проекта	Методика	Год запуска
ETS-VII (Япония)	Первая в мире автоматическая расстыковка и последующая стыковка непилотируемых КА	1998
Orbital Express (США)	Сервисный КА (Astro) и КА клиент (NextSat). Захват цели роботом-манипулятором на орбите.	2007
DEXTRE (США)	Дозаправка, восстановление или модификация КА специально не приспособленных (сконструированных) для подобных целей	2011
DEXTRE (США)	Дозаправка, восстановление или модификация КА специально не приспособленных (сконструированных) для подобных целей	2011
ConeXpress (Англия/Нидерланды)	Захват цели роботом-манипулятором.	Не определён
Deutsche Orbitale System (DEOS) (Германия)	Сервисный КА и КА клиент. Захват цели роботом-манипулятором для дозаправки, восстановления или удаления с орбиты.	Не определён
ROGER (Германия/Франция)	Захват КА сетью	Не определён
MDA Space Infrastructure Servicing (Канада)	Захват цели роботом-манипулятором для дозаправки, восстановления, модификации и доведения на целевую орбиту.	Не определён
Phoenix (США)	Захват цели роботом-манипулятором	Не определён
RAVEN (США)	Захват цели роботом-манипулятором	Не определён
Vivisat Mission Extension Vehicle (США)	Захват цели роботом-манипулятором	Не определён

Благодарности. Работа выполнена в рамках прикладных научных исследований по теме «Разработка концепции сервисного космического аппарата для очистки области геостационарной орбиты (ГСО) от объектов космического мусора техногенной природы» при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, уникальный идентификатор соглашения RFMEFI57617X0093.

Библиографические ссылки

1. Hall L. «The History of Space Debris. Paper 19» в Space Traffic Management Conference, 2014.

2. Flohrer B. T. Classification of geosynchronousobjects. Issue 19. EuropeanSpace Operations Centre. Ground systems engineering. Space Debris Office. Produced with the DISCOS Database. European Space Agency. 2017. 6 апр.

3. Technical Report on Space Debris [Электронный ресурс]. URL: http://orbitaldebris.jsc.nasa.gov (дата обращения: 12.03.2018).

© Внуков А. А., Баландина Т. Н., 2018