

МЕТОД РЕАЛІЗАЦІЇ КОНЦЕПЦІЇ «CLEAR SPACE»

Явісія В.С., Лисенко О.І.

Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

E-mail: yavisya@bigmir.net

METHOD OF IMPLEMENTATION OF THE «CLEAR SPACE» CONCEPT

The creation of satellite systems for various purposes faces the problem of space debris, which is becoming more relevant every year. The development of ways to combat space debris is constrained by the need for significant investment in their implementation, as well as the lack of legal framework in this area at the international level. The use of low-orbit spacecraft in the form of a distributed satellite consisting of nanosatellites is proposed.

За допомогою супутникових систем можна здійснювати дослідження земної поверхні та верхніх шарів атмосфери, прогноз землетрусів, екологічний моніторинг, а також будувати системи супутникового зв'язку та навігації (ССЗН). Однак створення супутникових систем різного призначення стикається з проблемою космічного сміття, яка з кожним роком стає все більш актуальною.

На навколоземній орбіті за інформацією від різних джерел знаходяться понад 750 тисяч об'єктів, які являють собою не що інше як космічне сміття. У переважній більшості це різні гайки, болти і частки фюзеляжу, які рухаються зі швидкістю понад 28 тисяч км/годину. Серед них є і величезні старі супутники з ядерними елементами та розгінні блоки, які, як правило, відправляються на спеціальну орбіту поховання.

Існує кілька офіційних орбіт поховання. «Класична» розташовується на 200 км вище геостационарної орбіти, де знаходяться тисячі навколоземних супутників. На цю орбіту відправляються відпрацьовані орбітальні апарати для зменшення ймовірності їх зіткнення з робочими об'єктами.

Ще одна найбільша сміттева орбіта для великих супутників знаходиться на висоті від 600 до 1 000 км. На цю орбіту відправляються військові розвідувальні супутники з ядерною енергетичною установкою. Вважається, що частини супутників зможуть перебувати на низькій сміттевій орбіті понад дві тисячі років, після чого гравітація Землі поступово притягне активні реактори. Однак знаходження навіть на цій орбіті вимагає періодичної корекції траєкторії супутників, без якої їх перебування там може становити серйозну небезпеку і труднощі в подальшому дослідженні космосу.

Зараз тільки 10% всіх об'єктів космічного сміття фіксуються наземними станціями, а траєкторія їх руху відома. На навколоземних орбітах постійно відбувається так званий ефект Кесслера, коли одні шматочки сміття постійно стикаються з іншими, що призводить до абсолютно неконтрольованого поділу цих об'єктів. Згідно з математичними розрахунками, зіткнення двох космічних частин сміття призводить в середньому до появи ще шести-семи невеликих

об'єктів. Вчені вважають, що в майбутньому, якщо людство продовжить з такою швидкістю виводити об'єкти в космос, в тому числі на геостаціонарну орбіту, рано чи пізно станеться каскадний ефект: один космічний об'єкт зіткнеться з іншим, після чого він досить сильно змінює орбіту і стикається з іншими штучними об'єктами, які знаходяться на своїх орбітах. Гіпотетично це може буквально за кілька днів знищити або вивести з ладу всі супутники, створені людьми [1].

Крім того, деякі великі космічні об'єкти, у яких повністю закінчується термін експлуатації, навмисно підривають для того, щоб в подальшому їх невеликі уламки притягувалися Землею і згорали в атмосфері. Однак існують десятки прикладів, коли шматки сміття залишалися на орбітах, як в разі зіткнення двох штучних супутників «Космос-2251» та Iridium 339 в лютому 2009 року або тестування Індією своїх протисупутникових гармат в березні 2019 року.

На сьогоднішній день поки не існує дієвих технологій для боротьби з космічним сміттям, крім відправки супутників на орбіти поховань.

Безліч вчених працюють над створенням систем для утилізації космічного сміття. В основному такі проекти пропонують два рішення проблеми. Перше дозволяє збільшити термін керованого перебування супутників або їх частин, які відпрацювали свій ресурс, на сміттєвій орбіті, але очевидно, що цей термін колись закінчиться. Друге – передбачає створення роботів-збирачів сміття, які будуть його виводити з орбіти Землі. Розвиток таких способів боротьби з космічним сміттям стримується необхідністю значних інвестицій на їх реалізацію, а також відсутністю законодавчої бази в даній сфері на міжнародному рівні.

Питання про чистоту у власному будинку ми вирішуємо дуже просто: зібрали сміття і винесли на смітник. Однак є альтернативне рішення забезпечення чистоти, яке впливає з давно знайомого постулату: «Чисто не там, де прибирають, а там, де не сміять». Стосовно до космосу це означає, що всі об'єкти, виведені на навколоземну орбіту не будуть там кинуті, а після виконання своєї місії будуть утилізовані.

Для забезпечення ефективного використання штучних апаратів висока вартість їх створення і виведення в космос, як правило, компенсується досить тривалим періодом експлуатації. Крім технічних вимог до розташування супутників на певній висоті, це одна з причин використання середніх і високих орбіт – чим вище орбіта, тим довше на ній може знаходитися супутник. Низькі навколоземні орбіти не можуть забезпечити тривале перебування супутників в космосі без коригування траєкторії руху внаслідок їх досить швидкого зниження, яке викликане гальмуванням апаратів частинками атмосфери, які присутні на таких орбітах. Однак саме низька орбіта здатна забезпечити самоочищення космосу, коли супутники після виконання своєї місії будуть опускатися в атмосферу природним чином і згоряти в ній. Такий підхід вимагає перегляду самих принципів побудови космічних апаратів (КА), оскільки на сьогодні, в своїй переважній більшості, це великогабаритні об'єкти, які не зможуть повністю згоріти при вході в атмосферу.

В даному випадку для створення ССЗН актуальним стає використання КА у вигляді розподіленого супутника, який складається з угруповання над малих КА, відомих під назвою наносупутник (НС) [2].

Орієнтацію НС може забезпечувати система на двигунах-маховиках, а їх розвантаження буде виконуватись моментним магнітопривідом. Однак, лише компактні іонні прискорювачі дозволять НС змінювати орбітальну позицію або утримуватись на ній тривалий час.

Також двигуни малої тяги можуть використатися для керованого сходу з орбіти ушкоджених НС. Це змусить їх згоряти в атмосфері Землі й частково вирішить проблему космічного сміття.

Важливим етапом створення, підтримання та оновлення ССЗН є процес виведення супутників на орбіту, який, як правило, відбувається за допомогою ракет-носіїв, в тому числі багаторазового використання. Наприклад, останній запуск для поповнення угруповання системи *Iridium* відбувся 11.01.2019 року з космодрому База Ванденберг. За допомогою ракети-носія *Falcon 9* було виведено десять супутників *Iridium NEXT*, вагою 860 кг кожен. Всього протягом 2017-2019 років відбулось вісім запусків *Falcon 9*, що дозволило здійснити виведення 75 апаратів [3]. Зазначений спосіб виведення є досить вартісним, тому лише держави з потужною економікою мають власні ракети-носії.

Альтернативний спосіб виведення супутників на орбіту – повітряний старт, який передбачає запуск космічних апаратів з повітряних суден горизонтального зльоту. Таки переваги, як зменшення маси, сили протидії та вартості ракети-носія, дозволяють у кілька разів знизити витрати на запуск. На сьогодні саме українські літаки АН-124-100 «Руслан» та АН-225 «Мрія» можуть бути задіяні для виконання цієї місії. Зазначений спосіб є найбільш ефективним саме при виведенні на низьку орбіту [4].

Висновки. При використанні розподілених КА з'являється можливість поетапного оновлення космічного сегменту з меншими витратами. Використання НС вирішить проблему космічного сміття, оскільки НС будуть знаходитись на низькій орбіті та по закінченні своєї місії будуть повністю згорати в земній атмосфері.

Література

1. Святослав Иванов. Орбита захоронения: почему над Землей летают тысячи никому не нужных спутников. /Электронный ресурс/ <https://hightech.fm/2019/08/26/orbita-satellite>.
2. Olexandr Lysenko, Miroslav Sparavalo, Olena Tachinina, Valerii Yavisya, Sergiy Ponomarenko. Feasibility Reasoning of Creating Ultra-Low Orbit Communication Systems Based on Small Satellites and Method of Their Orbits Designing // Information and Telecommunication Sciences, №1, 2020. – P. 59-70. DOI: <https://doi.org/10.20535/2411-2976.12020.59-70>
3. Все спутники связи. Каталог. /Электронный ресурс/ <http://ecoruspace.me>.
4. Lysenko, O.I., Tachinina, O.M., Yavisya, V.S., Alekseeva, I.V. Concept of Construction of Satellite Communication and Navigation System clear Space. IEEE 6th International Conference, «Methods and Systems of Navigation and Motion Control», Kyiv, Ukraine, October, 22-24, 2020).– K.: NAU, 2020. – pp. 110–113.