

ВИКОРИСТАННЯ ВІДОМИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ БАЗ (ДЖЕРЕЛ) ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ МЕТОДІВ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ВІДВЕДЕННЯ КОСМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ З НИЗЬКИХ НАВКОЛОЗЕМНИХ ОРБІТ

Анатолій Олександрович Абатуров

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7402-3909>

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро

Микола Михайлович Дронь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9275-4296>

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро

Владислав Аркадійович Пророка

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6884-3934>

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро

Вступ

Інтенсивний розвиток космічної діяльності призвів до зростання кількості космічного сміття в навколоземному просторі. Запуск та експлуатація космічних апаратів (КА) таких як супутники, ракети-носії (РН) та космічні станції, супроводжується високою ймовірністю виникнення різноманітних залишкових матеріалів і відходів таких як малі фрагменти та уламки, що виникли в результаті руйнування РН чи КА [1], що залишаються на орбіті та перетворюються на об'єкти космічного сміття (КС). Накопичення таких об'єктів загрожує безпеці космічних місій і може мати довгострокові негативні наслідки для майбутніх космічних місій та супутникової інфраструктури Землі.

Зі збільшенням кількості космічних апаратів і КС виникає необхідність у розробленні ефективних і надійних методів відведення, щоб запобігти можливим зіткненням і зберегти космічне середовище. Вже відомо, що одним з найбільш популярних шляхів видалення КС з низьких навколоземних орбіт (ННО) є його зниження з подальшим згорянням у атмосфері Землі [2]. Однак визначення найперспективніших тенденцій у розвитку цих методів і технічних пристроїв є складним завданням, що вимагає глибокого аналізу та вивчення наявних інформаційних джерел.

Метою цієї роботи є огляд інформаційних баз та виявлення тенденцій розвитку методів та технічних засобів відведення космічних об'єктів (КО) з низьких навколоземних орбіт (ННО).

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Системи відведення космічних об'єктів активно розвиваються. Наразі вже запропоновано і розроблено значну кількість технічних засобів, заснованих на різних методах відведення, таких як активний і пасивний. Однак, з урахуванням динамічного розвитку космічної індустрії та збільшення кількості космічного сміття, необхідно продовжувати дослідження в цій галузі для поліпшення наявних систем і розроблення нових ефективних технологій.

Основною задачею цього дослідження є здійснення пошуку та аналізу інформаційних джерел, включно з патентними базами даних і науковими публікаціями, з метою виявлення поточних тенденцій і прогнозування розвитку методів і технічних засобів відведення космічних об'єктів з низьких навколосемних орбіт.

МЕТОДИ ВІДВЕДЕННЯ

Існують три основних методи відведення об'єктів КС з ННО, а саме: активний метод, пасивний метод, комбінований метод. Кожен із цих методів має свої переваги та недоліки.

Активний метод відведення включає використання керованих засобів, таких як ракети або електродвигуни, для зміни орбіти космічного об'єкта. Переваги активного методу включають:

- Високу точність і контрольованість. Активні системи можуть надати точне управління над рухом об'єкта і дозволити досягти необхідної орбіти.

- Швидке реагування. Активні системи можуть швидко реагувати на зміни в орбітальній ситуації і вживати заходів щодо відведення об'єкта.

Однак активний метод має і недоліки:

- Потрібне паливо. Для роботи активних систем потрібен запас палива, який може бути обмежений. Під час тривалої експлуатації обмежений запас палива може стати проблемою.

- Дорога інфраструктура. Підтримка активних систем вимагає наявності складної інфраструктури, такої як ракетні заправні станції та системи спостереження.

Пасивний метод відведення заснований на використанні природних чинників, таких як аеродинамічний опір атмосфери, гравітаційні сили і сонячне випромінювання, для зміни орбіти космічного об'єкта. Переваги пасивного методу включають:

- Безпека і низька вартість. Пасивні методи не вимагають додаткових керованих засобів або палива, що дає змогу знизити витрати на

відведення об'єкта.

– Стійкість. Пасивні методи зазвичай продовжують діяти незалежно від наявності енергії або подальшої підтримки.

Однак пасивний метод також має недоліки:

– Обмежена точність і передбачуваність. Природні фактори можуть бути складними для точного прогнозування і контролю, що може ускладнити досягнення необхідної орбіти.

– Більш тривалий час відведення. Пасивні методи зазвичай вимагають більшого часу для зміни орбіти порівняно з активними методами.

Технічні засоби, що реалізують пасивний метод відведення активно досліджуються [3-6], розробляються нові варіанти.

Комбінований метод поєднує в собі елементи активних і пасивних методів для досягнення оптимальних результатів. Наприклад, можна використовувати активні засоби для швидкої зміни орбіти і пасивні засоби для подальшої підтримки нової орбіти. Комбінований метод дає змогу поєднати переваги обох методів і знизити недоліки кожного з них [2].

ІНФОРМАЦІЙНІ БАЗИ (ДЖЕРЕЛА)

Патентне дослідження в галузі відведення космічних об'єктів є вкрай важливим та спрямоване на виявлення та аналіз інноваційних розробок, методів і технічних пристроїв, зареєстрованих у патентних базах даних. Оскільки відомо, що зростання кількості отриманих патентів у галузі, є ознакою прискорення реалізації, патентний аналіз дозволяє визначити актуальність подальших досліджень цієї теми.

Однак слід зауважити, що патенти не є вичерпним і повним джерелом інформації. Інформація в патентних документах може бути обмежена і не завжди відображає актуальний стан наукових досліджень і розробок. Тому під час патентного дослідження необхідно враховувати та доповнювати отримані дані за допомогою інших інформаційних джерел, таких як наукові публікації та технічні звіти.

Перед початком патентного пошуку було визначено ключові терміни для формулювання пошукових запитів. Список основних термінів наведено у таблиці 1.

Було встановлено, що у патентних документах використовуються формулювання “пристрої” та “способи”, у той час як у наукових публікаціях вживається термінологія “методи” та “технічні засоби”. Також було визначено, що в англійській патентній документації вживаються терміни “methods” і “devices”.

Таблиця 1 – Ключові терміни пошукових запитів

| Український термін | Англійський термін |
|-----------------------------------|------------------------------|
| Низька навколосемна орбіта | Low Earth Orbit, LEO |
| Космічне сміття | Space debris, Orbital debris |
| Маневрування на орбіті | Orbit maneuvering |
| Усунення космічного сміття | Space debris removal |
| Відведення з орбіти | Deorbiting |
| Відведення космічних об'єктів | Space debris mitigation |
| Метод видалення космічного сміття | Space debris removing method |

При виконанні патентного пошуку було застосовано як національні патентні бази даних окремих країн, зокрема України – Спеціалізована БД "Винаходи (корисні моделі) в Україні" [7] та США – United States Patent and Trademark Office (USPTO) [8], так і міжнародні патентні бази даних такі як Espacenet [9] та WIPO Patentscope [10].

Патентний пошук було проведено за період з 2002 по кінець 2022 року. Встановлено, що за цей період було отримано 102 патентних документи. Також визначено, що кількість отриманих патентів за останні 10 років значно зросла у порівнянні з попереднім періодом. Так за період з 2002 по 2012 рік було отримано 34 патенти, а за період з 2012 по 2022 рік – 68 патентів.

ВИСНОВКИ

1. Визначено ключові терміни, що використовуються в патентному пошуку в галузі відведення об'єктів космічного сміття. Акцентовано увагу на відмінності термінології у патентних документах та науковій літературі.

2. Виявлено 102 патенти, пов'язаних з відведенням космічних об'єктів з низьких навколосемних орбіт, за період з 2002 по 2022 роки. Підкреслено, що за останні 10 років отримано в два рази більше патентних документів ніж за попередні. Це свідчить про активність у розробці нових методів та технічних засобів для боротьби з космічним сміттям.

3. Встановлено, що найбільш поширеними для досліджень і розробки є технічні засоби які реалізують пасивний метод відведення.

З огляду на вищезазначене, можна зробити висновок про наявність значного потенціалу для подальшого розвитку і вдосконалення систем відведення космічних об'єктів з використанням пасивних методів. Результати патентного пошуку свідчать про інтерес до цього напрямку досліджень та можливості реалізації новаторських рішень.

Це відкриває перспективи для подальшої оптимізації процесів відведення космічних об'єктів, забезпечення більшої ефективності та зниження ризиків для космічних місій.

ПОСИЛАННЯ

1. Дронь Н. М. Пути уменьшения техногенного засорения околоземного космического пространства / Н. М. Дронь, П. Г. Хорольский, Л. Г. Дубовик // Науковий вісник Національного гірничого університету. - 2014. - № 3. - С. 125-129.

2. Голубек А. В. Оптимизация энергетических затрат при комбинированном уводе объектов космического мусора с низких околоземных орбит / А. В. Голубек, Н. М. Дронь, Л. Г. Дубовик, Н. В. Поляков // Авиационно-космическая техника и технология. - 2018. - № 7. - С. 5–11.

3. Аэродинамические системы увода космических объектов / А. П. Алпатов, А. С. Палий, А. Д. Скорик // Техническая механика. - 2015. - № 4. - С. 126-138

4. InflateSail de-orbit flight demonstration results and follow-on drag-sail applications. Underwood, Craig, et al. s.l.: Acta Astronautica, 2019, Vols. 162, pages 344-358.

5. Accurate aerodynamic model of membranes in free-molecular flow for deorbit device design / F. Nobuhiro et al. Transactions of the japan society for aeronautical and space sciences, aerospace technology japan. 2019. Vol. 17, no. 2. P. 189–196.

6. Алпатов А. П. Розробка конструктивної схеми та вибір проектних параметрів аеродинамічної системи відведення з орбіти розгінних ступенів ракет-носіїв / А. П. Алпатов, О. С. Палій, О. Д. Скорік // Наука та інновації. - 2017. - Т. 13, № 4. - С. 33-45.

7. Укрпатент. Укрпатент. URL: <https://ukrpatent.org/uk> (дата звернення: 18.03.2023).

8. United states patent and trademark office. United States Patent and Trademark Office. URL: <https://www.uspto.gov/> (date of access: 21.03.2023).

9. Espacenet net patent search. Espacenet net patent search. URL: <https://worldwide.espacenet.com/> (date of access: 20.03.2023).

10. Patentscope. WIPO - World Intellectual Property Organization. URL: <https://www.wipo.int/patentscope> (date of access: 22.03.2023).