УДК 629.78 https://doi.org/10.15407/itm2020.04.055

**О. А. ФОКОВ, С. В. ХОРОШИЛОВ, Д. С. СВОРОБІН**

# АНАЛІЗ ПЕРЕВАГ ВИКОРИСТАННЯ АЕРОДИНАМІЧНОГО КОМПЕНСАТОРА ПРИ БЕЗКОНТАКТНОМУ ВИДАЛЕННІ КОСМІЧНОГО СМІТТЯ

*Інститут технічної механіки Національної академії наук України і Державного космічного агентства України,вул. Лешко-Попеля, 15, м. Дніпро, 49005, Україна; e-mail: oafokov@ukr.net*

Розглядається модифікована схема відомої технології безконтактного способу видалення об'єктів космічного сміття, яка має назву "Пастух з іонним променем". Модифікована схема передбачає використання аеродинамічного компенсатора з метою зменшення витрат робочого тіла додатковим електрореактивним двигуном космічного апарата-пастуха, що призначений для компенсації руху космічного апарата, викликаного дією основного електрореактивного двигуна, іонний потік якого спричиняє "гальмуючий" вплив на об'єкт космічного сміття. Той факт, що використання аеродинамічного компенсатора значно збільшує площу міделя космічного апарата у порівнянні з площею міделя об'єкта космічного сміття з урахуванням аеродинамічних збурень, що діють в перпендикулярному до площини орбіти напрямку, приводить до необхідності оцінювання витрат робочого тіла двигуна системи керування на підтримання необхідного відносного положення космічного апарата та об'єкта сміття в цьому напрямку. Метою статті є виявлення переваг використання аеродинамічного компенсатора при видаленні об'єктів сміття з низьких навколоземних орбіт за технологією "Пастух з іонним променем". Задачі дослідження полягають у отриманні оцінки економії витрат імпульсу додаткового електрореактивного двигуна при безконтактному відведенні з орбіти об'єкта космічного сміття за рахунок використання аеродинамічного компенсатора та оцінки обумовлених цим додаткових витрат імпульсу двигуна системи керування рухом космічного апарата відносно об'єкта космічного сміття для корекції відхилень у перпендикулярному до площини орбіти напрямку. За рахунок використання ряду спрощувальних припущень отримано інтегральні оцінки цих витрат. На прикладі розрахунку витрат показано, що використання аеродинамічного компенсатора дає перевагу у вартості збереженого робочого тіла електрореактивного двигуна (ксенону) незалежно від типу двигуна системи керування рухом космічного апарата.

***Ключові слова:*** *видалення об'єктів космічного сміття, технологія "Пастух з іонним променем", аеродинамічний компенсатор, оцінки витрат сумарного імпульсу, переваги використання.*

1. *Alpatov A. P., Maslova A. I., Khoroshylov S. V.* Contactless de-orbiting of space debris by the ion beam. Dynamics and control. Beau Bassin: LAP Lambert Academic Publishing, 2019. 330 p. https://doi.org/10.15407/akademperiodyka.383.170
2. *Bombardelli C., Pelaez J.* Ion beam shepherd for contactless space debris removal. Journal of guidance, control and dynamics. 2011. Vol. 34(3). P. 916–920. https://doi.org/10.2514/1.51832
3. *Bombardelli C., Merino M., Ahedo E., Pelaez J., Urrutxua H., Iturri-Torreay A., Herrera-Montojoy J.* Ariadna call for ideas: Active removal of space debris ion beam shepherd for contactless debris removal. ESA Technical report. 2011. 90 p.
4. *Хорошилов С. В.* Система керування відносним рухом космічного апарата для безконтактного видалення космічного сміття. Наука та інновації. 2018. Т. 14, № 4. С. 5–17. https://doi.org/10.15407/scin14.04.005
5. *Хорошилов С. В.* Алгоритм управления относительным движением в плоскости орбиты космического аппарата для бесконтактного удаления космического мусора. Космічна наука і технологія. 2019. Т. 25,. № 1. С. 14–26. https://doi.org/10.15407/scine14.04.005
6. *Alpatov A., Khoroshylov S., Bombardelli C.* Relative control of an ion beam shepherd satellite using the impulse compensation thruster. Acta Astronautica. 2018. 151. P. 543–554. https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2018.06.056
7. *Алпатов А. П., Своробін Д. С., Скорик О. Д.* Система безконтактного видалення об'єктів космічного сміття з навколоземних орбіт з аеродинамічним компенсатором. Технічна механіка. 2016. № 3. С. 51–56.
8. *Своробин Д. С., Фоков А. А., Хорошилов С. В.* Анализ целесообразности использования аэродинамического компенсатора при бесконтактном удалении космического мусора. Авиационно-космическая техника и технология. 2018. № 6. С. 4–11.
9. *Khoroshylov S.* Out-of-plane relative control of an ion beam shepherd satellite using yaw attitude deviations. Acta Astronautica. 2019. 164. P. 254–261. https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2019.08.016
10. *Yamanaka K., Ankersen F.* New State Transition Matrix for Relative Motion on an Arbitrary Elliptical Orbit. Journal of Guidance. Control, and Dynamics. 2002. 25 (1). P. 60–66.
11. *Vallado D. A.* Fundamentals of astrodynamics and applications. Hawthorne, CA: Microcosm Press, 2007.
12. *Reid T., Misra A.* (2011). Formation flight of satellites in the presence of atmospheric drag. J. Aerosp. Eng. Sci. Appl. 2011. 3(1). 64–91. https://doi.org/10.7446/jaesa.0301.05
13. *Markley F. L., Crassidis J. L.* Fundamentals of spacecraft attitude determination and control. New York: Springer Science + Business Media, 2014. 486 p. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-0802-8
14. *Рыжков В. В., Сулинов А. В.* Двигательные установки и ракетные двигатели малой тяги на различных физических принципах для систем управления малых и сверхмалых космических аппаратов. Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2018. Т. 17, № 3. С. 115–128. https://doi.org/10.18287/2541-7533-2018-17-4-115-128

Отримано 16.11.2020,
в остаточному варіанті 30.11.2020