

МОДЕЛІ ДЛЯ ОЦІНКИ МАСИ КОСМІЧНОЇ ІНДУСТРІАЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ ТА ЇЇ МОДУЛІВ

Інститут технічної механіки

Національної академії наук України і Державного космічного агентства України,
вул. Лешко-Попеля, 15, 49005, Дніпро, України; e-mail: jerr_5@ukr.net

Мета статті – розробка моделей для оцінки маси космічної індустриальної платформи та її модулів. На початковому етапі розробки нового космічного апарата існує обмежений набір вихідних даних. Щодо космічної індустриальної платформи такими є: склад основних та допоміжних модулів; параметри технологічних процесів, що реалізуються на платформі (рівень вакууму та невагомості, енергетична потужність обладнання тощо); склад технологічного обладнання для виробництва на індустриальній платформі. Особливістю проектування індустриальної платформи є те, що практично відсутні теоретичні роботи, що пов'язані з вибором параметрів платформи і логікою її проектування на етапі концептуального проектування. Процес проектування в даній роботі розглядається стосовно до етапу концептуального проектування. Цей етап характеризується тим, що про систему, що розробляється, відомо лише загальне уявлення про її компоновку, про типи передбачуваних основних службових систем, про деякі вихідні дані та параметри технологічних процесів, що плануються реалізувати на платформі. Процес проектування нової складної космічної системи, до якої належить індустриальна платформа, представляє собою багаторівневий ітераційний і оптимізаційний процес, під час якого визначаються і уточнюються її характеристики і масове зведення. Розроблено модель для оцінки маси індустриальної платформи та її модулів, при розробці якої проведено декомпозицію платформи і її складових до рівня елементів системи. Проведено статистичний аналіз масових часток бортових систем космічних апаратів. Визначено середні показники часток мас із досліджуваної вибірки космічних апаратів та їх відповідні показники розсіяння (дисперсія, середнє квадратичне відхилення). Для середніх показників і дисперсії визначено довірчі інтервали з надійною імовірністю 99,9 відсотка. Подальші дослідження з проектування космічних індустриальних платформ плануються проводити з урахуванням визначених масових часток систем супутників з урахуванням відповідних довірчих інтервалів, а саме мінімально і максимально можливих мас для тієї чи іншої системи.

Ключові слова: космос, концептуальне проектування, індустриальна платформа, модуль, вагова модель, статистичні показники.

1. Алпатов А. П., Горбулин В. П. Космические платформы для орбитальных промышленных комплексов: проблемы и перспективы. Вісн. НАН України. 2013. № 12. С. 26–39. <https://doi.org/10.15407/vism2013.12.026>
2. Palii O. S. State of the art in the development of orbital industrial platforms. Teh. meh. 2021. No. 3. P. 70–82. <https://doi.org/10.15407/itm2021.03.070>
3. Палій О. С. Класифікація технологічних процесів за їхньою реалізацією на космічній індустриальній платформі. Технічна механіка. 2022. № 2. С. 123–136. <https://doi.org/10.15407/itm2022.02.123>
4. Fortescue P., Stark J., Swinerd G. Spacecraft systems engineering. Fourth edition. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, 2011. 724 p. <https://doi.org/10.1002/9781119971009>
5. Larson W. J., Wertz J. R. Space Mission Analysis and Design. Third edition. El Segundo, California: Microcosm Press, 2005. 976 p.
6. Лебедев А. А., Баранов В. Н., Бобронников В. Т. и др. Основы синтеза систем летательных аппаратов. М.: Издательство МАИ, 1996. 444 с.
7. Проектирование и испытание баллистических ракет. Под редакцией В. И. Варфоломеева и М. И. Копытова. М.: Воениздат, 1970. 392 с.
8. Козлов Д. И., Анишаков Г. П., Азарков В. Ф. и др. Конструирование автоматических космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1996. 448 с.
9. Чеботарев В. Е., Косенко В. Е. Основы проектирования космических аппаратов информационного обеспечения. Красноярск: Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т., 2011. 488 с.
10. Brown. Ch. D. Elements of spacecraft design. Published by American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2002. 610 p.
11. NASA Systems engineering handbook. NASA SP-2016-6105 Rev2 supersedes SP-2007-6105 Rev 1 dated December, 2007. 297 p. URL: https://nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/nasa_systems_engineering_handbook_0.pdf (last accessed 28.07.2022).
12. ECSS-E-ST-10C Rev.1. Space engineering: System engineering general requirements. Valid since 15 February 2017. Noordwijk, The Netherlands: ECSS Secretariat ESA-ESTEC Requirements & Standards Division, 2017. 116 p. URL: <https://ecss.nl/standard/ecss-e-st-10c-rev-1-system-engineering-general-requirements-15-february-2017/> (last accessed 28.07.2022).
13. Гуцин В. Н. Основы устройства космических аппаратов. М.: Машиностроение, 2003. 272.
14. Siciliano B., Khatib O. Springer Handbook of Robotics. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2016. 2259 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-32552-1>

15. Сыромятников В. С. Стыковочные устройства космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1984. 216 с.
16. Fense W. Automated Rendezvous and Docking of Spacecraft. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. 517 p. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511543388>
17. Толяренко Н. В. Основы проектирования орбитальных станций. М.: Издательство МАИ, 1994. 64 с.
18. Пугаченко С. Е. Проектирование орбитальных станций. М: МГТУ им. Баумана, 2009. 175 с.
19. Dorsey J. T. Dynamic characteristics of power-tower space stations with 15-foot truss bays: NASA Technical Memorandum. URL: <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19860016885/downloads/19860016885.pdf> (last accessed 20.07.2022).
20. Куренков В. И., Салмин В. В., Прохоров А. Г. Методика выбора основных проектных характеристик и конструктивного облика космических аппаратов наблюдения. Самара: Издательство СГАУ, 2007. 160 с.
21. Сафронов С. Л., Каченко И. С., Иванушкин М. А., Волгин С. С. Современные подходы к созданию малых космических аппаратов дистанционного зондирования Земли на базе унифицированных платформ. Самара: Изд-во Самарского университета, 2019. 276 с.
22. Шевцов В. Ю. Проектування космічних апаратів: конспект лекцій. Д.: РВВ ДНУ, 2008. 100 с.
23. Pathak P. N. A statistical analysis of weight and cost parameters of spacecraft with special reference to «Aryabhata». Proc. Indian Acad. Sci. 1978. Vol. C 1, No. 3. P. 303–312. <https://doi.org/10.1007/BF02842878>
24. AE1222-II: Aerospace Design & Systems Engineering Elements I. Part: Spacecraft (bus) design and sizing. URL: [http://www.fisme.science.uu.nl/woudschotennatuurkunde/verslagen/Vrs12013/lezingen/zandbergen/Reader%201222%20-%20Spacecraft%20Design%20\(total\)_%202013-2014_v2.pdf](http://www.fisme.science.uu.nl/woudschotennatuurkunde/verslagen/Vrs12013/lezingen/zandbergen/Reader%201222%20-%20Spacecraft%20Design%20(total)_%202013-2014_v2.pdf) (last accessed 28.07.2022).
25. Alpatov A. P., Kravets Vik. V., R Kravets Vol. V., Lapkhanov E. O. Verification of analytical antiderivatives forms using correlation analysis for mechanical problems. Teh. meh. 2022. No 1. P. 26–35. <https://doi.org/10.15407/itm2022.01.026>

Отримано 30.08.2022,
в остаточному варіанті 04.10.2022