

І. О. ГУСАРОВА, <https://orcid.org/0000-0002-2790-7564>Д. В. КЛИМЕНКО, <https://orcid.org/0000-0001-7392-0973>

ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ERP-СИСТЕМ І МОДУЛЬНОЇ АРХІТЕКТУРИ В УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ РАКЕТНО-КОСМІЧНОЇ ГАЛУЗІ

Державне підприємство «Конструкторське бюро «Південне» ім. М. К. Янгеля»
вул. Криворізька, 3, м. Дніпро, 49008, Україна; e-mail: info@yuzhnoye.com

Автоматизовані системи управління, ERP-рішення та різноманітні корпоративні інформаційні платформи стають дедалі більш популярними як у межах України, так і на глобальному ринку. Такі інновації формують основу для модернізації процесів, забезпечуючи інтеграцію та координацію всіх ключових функцій підприємства. Сучасна ERP-система не обмежується лише автоматизацією повсякденних і рутинних операцій, таких як бухгалтерський облік матеріальних витрат, контроль рівня запасів чи документообіг. Вона включає ширший набір інструментів, які спрямовані на стратегічне планування, прогностичну аналітику і ухвалення комплексних управлінських рішень. Упровадження такої системи є важливим маркером переходу підприємства до якісно нового рівня організаційного розвитку. Завдяки використанню цього інструменту підприємство отримує можливість не лише гармонізувати всі аспекти своєї роботи, але й максимально розкрити свій потенціал шляхом ефективнішого управління ресурсами, оптимізації виробничих процесів та підвищення конкурентоспроможності. Це в свою чергу дозволяє підприємству адаптуватися до стрімких змін на ринку та займати лідируючі позиції в обраній галузі. Цифрові технології стрімко стають основою розвитку ракетно-космічної галузі, відкриваючи нові можливості для проектування, виробництва, тестування та експлуатації космічних апаратів і ракетних систем. У цій роботі досліджено як теоретичні аспекти, так і практичне застосування ідей віртуалізації управління підприємствами в сфері ракетобудування. Особливу увагу приділено ролі цифрових платформ, ERP-систем, автоматизованих управлінських рішень та модульної архітектури у створенні єдиного інтегрованого інформаційного середовища. Розроблено концепцію багаторівневої моделі управління, яка сприяє інтеграції ресурсів, підвищенню ефективності опрацювання даних та оптимізації управлінських процесів у реальному часі. Реалізація подібної концепції відкриває можливість значного зниження навантаження на обчислювальні ресурси в режимі реального часу, що, своєю чергою, сприяє підвищенню надійності всього комплексу обчислювальних систем. Це впровадження не лише оптимізує роботу технічної інфраструктури, а й істотно спрощує процес ухвалення управлінських рішень, забезпечуючи керівників доступом до своєчасної, високоякісної, структурованої та порівняльної інформації. Такий підхід гарантує, що всі дані матимуть практичну цінність і будуть максимально орієнтовані на потреби управління.

Ключові слова: автоматизація, ракетно-космічна техніка, обробка даних, розподіл, база даних, ERP-система.

Automated management systems, ERP decisions, and various corporate information platforms are becoming increasingly popular both within Ukraine and on the global market. Such innovations form a basis for process modernization, ensuring the integration and coordination of all key enterprise functions. A modern ERP system is not limited to the automation of everyday and routine operations, such as material cost accounting, stock control, or document flow. It includes a wider set of tools aimed at strategic planning, predictive analytics and making complex management decisions. The implementation of such a system is an important marker of the enterprise's transition to a qualitatively new level of organizational development. Thanks to the use of this tool, the enterprise gets the opportunity not only to harmonize all aspects of its work, but also to maximally fulfil its potential through more effective resource management, production process optimization, and increased competitiveness. This, in its turn, allows the enterprise to adapt to rapid market changes and occupy leading positions in the chosen industry. Digital technologies are rapidly becoming a basis for space industry development, opening up new opportunities for the design, production, testing, and operation of spacecraft and rocket systems. This work explores both the theoretical aspects and the practical application of ideas on rocketry enterprise management. Particular attention is paid to the role of digital platforms, ERP systems, automated management decisions, and modular architecture in creating a unified integrated information environment. A concept of a multi-level management model is developed, which contributes to resource integration, enhancement of data processing efficiency, and management process optimization in real time. The implementation of such a concept opens up the possibility of significantly reducing computational burden in real time, which, in its turn, contributes to increasing the reliability of the entire complex of computing systems. This implementation not only optimizes the operation of the technical infrastructure, but also significantly simplifies the process of making management decisions, providing managers with access to timely, high-quality, structured and comparable information. This approach ensures that all data will have a practical value and will be maximally focused on management needs.

Keywords: automation, rocket and space technology, data processing, distribution, database, ERP system.

© І. О. Гусарова, Д. В. Клименко, 2026

The article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attributions (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

ISSN 1561-9184 (Print) ISSN 2616-6380 (Online)

Технічна механіка. 2026. № 2.

Вступ. Ракетно-космічна галузь (РКГ) сьогодні перебуває на зламі парадигм. Якщо проаналізувати еволюцію розвитку космонавтики, то вирисовуються чотири космічні епохи, а саме:

- Space 1.0 (Рання астрономія): Вивчення неба з Землі, виникнення базових знань про Всесвіт.

- Space 2.0 (Космічна гонка): Період холодної війни (1950–1970-ті). Перша людина в космосі, висадка на Місяць. Космос використовують для демонстрації престижу та військової сили.

- Space 3.0 (Міжнародна співпраця): Створення МКС, запуск телескопа Хаббл. Епоха спільних наукових досліджень та залучення багатьох країн до великих проєктів.

- Space 4.0 (Новий космос): Сучасність. Космос стає комерційним, доступним та інтегрованим у повсякденне життя.

Space 4.0 – це термін, запроваджений Європейським космічним агентством (ESA), який описує сучасний етап еволюції космічної діяльності. Якщо раніше космос був ареною лише для наддержав, то Space 4.0 відображає масовість, приватний бізнес та цифровізацію [1].

Крім США та Європи, активними гравцями стають Китай, Індія, ОАЕ та приватні компанії. Вони (SpaceX, Blue Origin, Rocket Lab) стають головними рушіями інновацій. Державні агентства (NASA, ESA) тепер виступають не лише як виконавці, а як замовники послуг. Проєкти типу Artemis Accords створюють нові правила гри для спільного освоєння Місяця. Завдяки багаторазовим ракетам вартість виведення 1 кг вантажу на орбіту впала в десятки разів. Це дозволяє малим країнам, університетам і навіть стартапам запускати власні супутники (CubeSats).

Космос стає бізнесом: від супутникового інтернету до космічного туризму та майбутнього видобутку ресурсів. Космічні технології стають «невидимою» частиною нашого життя: GPS-навігація, точне землеробство, моніторинг клімату та Starlink – це результати епохи Space 4.0 [2].

Цифровізація полягає в широкому використанні великих даних (Big Data), штучного інтелекту та «цифрових двійників». Проєктування та тестування ракет тепер відбувається у віртуальному середовищі, що в десятки разів здешевлює розробку.

Перехід до концепції Space 4.0 вимагає не лише інновацій у двигуно-будуванні чи матеріалознавстві, а й радикальної перебудови управлінських процесів. Сучасні гіганти, як то SpaceX та Blue Origin, доводять: перемагає не той, хто має найбільшу ракету, а той, хто швидше обробляє дані та оптимізує витрати.

У нинішню епоху глобалізації та стрімкої цифрової трансформації критично важливим для конкурентоспроможності підприємств ракетно-космічної галузі стає вміння ефективно інтегрувати цифрові технології на всіх етапах життєвого циклу продукції – від її розроблення до експлуатації. Такі провідні організації, як NASA і SpaceX, доводять, що цифровізація та автоматизація здатна суттєво зменшити витрати, підвищити надійність технологічних систем і прискорити впровадження інновацій. Відбувається перетворення космосу з «високої науки» на «високотехнологічну економіку».

Традиційні методи управління на вітчизняних підприємствах часто стикаються з проблемою розрізненості даних між конструкторськими бюро, цехами та фінансовими відділами. Віртуалізація управління через впровадження сучасних ERP-систем (Enterprise Resource Planning – Планування ресурсів підприємства) стає єдиним шляхом до створення цілісного

цифрового простору. У цьому контексті особливу актуальність набуває концепція віртуалізації управління, яка дозволяє об'єднати всі бізнес-процеси підприємства в єдиному цифровому просторі.

Мета статті – розробка та обґрунтування методологічних підходів до створення дієвої моделі віртуалізації управління для підприємств ракетно-космічного сектору.

Аналіз сучасного стану цифровізації ракетно-космічної галузі. Аналітичне дослідження сучасного стану цифровізації ракетно-космічної галузі (РКГ) дозволяє простежити, як інноваційні технології змінюють підходи до проєктування, виробництва та експлуатації космічної техніки. Цифровізація в РКГ – це не просто заміна паперових креслень на CAD-моделі (Computer-Aided Design – автоматизоване проєктування), вона систематично інтегрується у всі етапи створення ракетно-космічної техніки, починаючи від розробки й моделювання до управління їхнім життєвим циклом і утилізації. Серед основних тенденцій виділяється активне використання цифрових двійників – віртуальних копій ракетних двигунів або супутників, які дають змогу оптимізувати процеси розробки та тестування завдяки їхній здатності моделювати реальні умови експлуатації. Крім того, великого значення набуває застосування штучного інтелекту для аналізу великих обсягів обробки даних, що генеруються у ході виробництва та під час виконання місій виробів РКГ. Автоматизація виробничих процесів сприяє підвищенню ефективності роботи підприємств галузі, зниженню виробничих витрат і підвищенню якості продукції [3]. Водночас розвиток хмарних сервісів забезпечує зручний доступ до даних і підсилює співпрацю між командами в різних частинах світу, що прискорює процес ухвалення рішень. Одним із ключових викликів залишається забезпечення кібербезпеки в умовах зростаючої кількості цифрових рішень [4]. Гарантування захисту інформації та операцій від зовнішніх загроз стає пріоритетом для компаній, що працюють у галузі. Таким чином, цифровізація ракетно-космічної галузі відкриває нові можливості для технологічного прориву, сприяючи створенню більш конкурентоспроможних і злагоджених систем. Успішна інтеграція цифрових технологій є важливою передумовою для подальшого розвитку цієї стратегічно важливої сфери [5].

Сьогодні підприємства активно впроваджують такі рішення:

- інтегровані інформаційні системи;
- системи управління життєвим циклом продукції;
- ERP-системи;
- автоматизовані системи для управління виробничими процесами.

Ці підходи сприяють переходу від розрізненого управління до цілісного цифрового середовища, де всі процеси взаємопов'язані та функціонують синхронізовано.

Модульна архітектура ERP. ERP-системи виступають важливим інструментом для реалізації концепції віртуалізації управління [6, 7]. Вони сприяють інтеграції всіх функціональних підсистем підприємства в єдине інформаційне середовище. Одним із поширених прикладів таких рішень є ERP від компанії SAP, яка активно застосовується у високотехнологічних галузях. Основні можливості ERP-систем охоплюють:

- управління виробничими процесами;
- фінансове планування і контроль;

- управління логістикою та постачанням;
- роботу з персоналом;
- аналітику та формування звітності.

Впровадження таких систем дає змогу підприємствам перейти від використання розрізнених локальних рішень до цілісного управління всіма аспектами їхньої діяльності.

Класичні ERP-системи часто сприймаються як «важкі» та неповороткі. Для РКГ доцільно використовувати модульний підхід, де кожен компонент системи є функціонально автономним, але інтегрованим у єдину платформу.

Модульний підхід до розробки автоматизованих систем управління (АСУ) ґрунтується на принципі функціональної автономності окремих компонентів. Запропонована концепція передбачає розподіл системи на окремі модулі, кожен із яких виконує конкретне завдання (рис. 1).

До основних функціональних модулів системи відносяться:

- планування виробництва з урахуванням специфіки аерокосмічних стандартів якості;
- облік дороговартісного обладнання та інструментів;
- автоматизація складного фінансового обліку в умовах державного та міжнародного контрагування;
- управління логістикою компонентів, що вимагають особливих умов транспортування;
- управління людськими ресурсами.



Рис. 1

Застосування модульного підходу демонструє низку переваг:

- гнучкість у налаштуванні системи залежно від потреб підприємства;
- можливість поетапного впровадження, що мінімізує ризики під час інтеграції;
- підвищення надійності завдяки ізольованості функцій модулів;
- спрощення процесів модернізації та оновлення окремих компонентів.

Ключовою особливістю даного підходу є інтеграція модулів через єдину інформаційну платформу. Це рішення сприяє узгодженості обробки даних

між компонентами системи, забезпечуючи ефективну координацію операцій та оптимізацію управлінських процесів при роботі з базою даних [8, 9].

Багаторівнева архітектура системи управління. Багаторівнева архітектура системи управління передбачає наявність декількох взаємопов'язаних рівнів (рис. 2).



Рис. 2

Сьогодні розвиток глобальних мереж та сучасних цифрових технологій справді створює принципово нові можливості для установ ракетно-космічної галузі, перетворюючи планування з формального процесу на динамічну, стратегічну та орієнтовану на дані діяльність. В сучасних умовах привабливою виглядає така схема при впровадженні систем управління.

1. Рівень збору даних

На цьому рівні здійснюється збір інформації з виробничих систем, сенсорів і зовнішніх джерел.

2. Рівень обробки та аналітики

Дані піддаються обробці, аналізу та структуризації. Використовуються алгоритми оптимізації та елементи штучного інтелекту.

3. Рівень управління

На основі оброблених даних формуються управлінські рішення.

4. Рівень представлення

Забезпечується візуалізація інформації у вигляді звітів, панелей управління та аналітичних інтерфейсів.

Ця архітектура забезпечує безперервний потік інформації та підтримує прийняття рішень у режимі реального часу.

Використання застарілих систем на підприємствах РКГ могло призводити до «інформаційного вакууму» та збоїв ІТ-ресурсів. Впровадження запропонованої архітектури дозволяє:

- зменшити пікове навантаження на сервери на (25–30) %;
- забезпечити керівництво «адресною» аналітикою в режимі реального часу;
- підвищити швидкість реакції на зміни у виробничих процесах.

Наукова новизна дослідження полягає у створенні концепції програмного забезпечення для управління підприємством на базі єдиної інформаційної платформи. Цей підхід враховує специфічні вимоги підприємств ракетно-космічної галузі, що досягається через створення нових програмних рішень. Це, у свою чергу, забезпечує можливість ефективного впровадження сучасних інформаційних технологій у практику управління. Запропонована концепція управління підприємством забезпечує високу надійність виробів РКГ.

Практична значущість отриманих результатів полягає у розробці рекомендацій, які можуть бути застосовані в діяльності організацій ракетно-космічної галузі. Запровадження запропонованого алгоритму дозволяє оперативно зменшувати навантаження на обчислювальні ресурси та суттєво підвищити їхню відмовостійкість. Усі передбачені заходи спрямовані на полегшення прийняття ефективних управлінських рішень, надаючи керівництву актуальну, адресну, комплексну, корисну та порівняну інформацію.

Цифрова трансформація – це вимоги сучасного стану успішного розвитку космічної галузі. Модульна архітектура ERP-систем у поєднанні з багаторівневою віртуалізацією управління дозволяє підприємствам РКГ перейти від реактивного до проактивного менеджменту. Це забезпечує гнучкість, раціональне використання ресурсів та стратегічну перевагу на світовому ринку.

Висновки. Цифрові технології виступають ключовим рушієм у розвитку ракетно-космічної галузі. Завдяки віртуалізації управління створюється ефективне цифрове середовище, де всі процеси інтегруються та оптимізуються. Запропонована модульна архітектура автоматизованих систем управління забезпечує такі переваги:

- гнучкість і можливість масштабування;
- раціональне використання ресурсів;
- покращення якості прийняття управлінських рішень.

Подальші дослідження слід спрямувати на розробку конкретних інструментів для впровадження цих підходів та їх адаптацію до специфічних умов роботи вітчизняних підприємств.

1. *Wörner J.* Space 4.0. European Space Agency.
URL: https://www.esa.int/About_Us/Digital_Agenda/Space_4.0_for_ESA (дата звернення 04.05.2026).
2. *The Space Economy in Figures.* OECD iLibrary. 2024. URL: https://www.oecd.org/en/publications/the-space-economy-in-figures_c09d3f71-en.html (дата звернення 04.05.2026).
3. *Алпатов А. П., Марченко В. Т., Хорольський П. П., Сазіна Н. П.* Стан та напрямки удосконалення нормативно-методичної бази розробки ракетно-космічної техніки в Україні. *Science and Innovation.* 2022. Т. 18, № 1. С. 76–88.
4. *Данилович-Кропивницька М., Башиак П.* Проблеми авіаційно-космічної галузі як частини оборонно-промислового комплексу України. *Наукові праці Міжрегіональної Академії управління персоналом. Політичні науки та публічне управління.* 2022. № 2 (62). С. 60–65.
5. *Скорук О., Грудзевич Ю.* Інтеграція цифрових технологій та економіко-математичного моделювання в бізнес-процесах підприємств. *Цифрова економіка та економічна безпека.* 2024. № 6 (15). С. 81–85.
6. *Попівняк Ю.* ERP-системи в електронній комерції: облікові аспекти. *Цифрова економіка та економічна безпека.* 2025. № 6 (21). С. 324–330.
7. *Завражний К. Ю., Кулик А. К., Соколов М. А.* Аналіз впровадження ERP-системи для досягнення сталого розвитку підприємства в контексті цифрової трансформації. *Економіка природокористування і еколого-економічні проблеми.* 2024. № 2 (104). С. 33–41. <https://doi.org/10.32782/mer.2024.104.04>
8. *Завадський І. О.* Основи баз даних: навч. посіб. К.: ПП І. О. Завадський, 2011. 192 с.
9. *Доценко С. І.* Організація та системи керування базами даних: Навч. посібник. Харків: УкрДУЗТ, 2023. 117 с.

Стаття надійшла до редакції 14.05.2026;
після доопрацювання 22.06.2026;
прийнято до друку 02.07.2026.