

DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54\(2\).3-10](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54(2).3-10)

УДК 338.001.36

Ігор ЧОРНОДІД

доктор економічних наук, професор

ORCID: 0000-0002-4464-2641

Академія праці, соціальних відносин та туризму, м. Київ

Євгенія НОВАК

кандидат технічних наук

ORCID: 0000-0002-8512-6344

Чернівецький університет ім. Ю.Федьковича, м. Чернівці

ІНСТИТУЦІОНАЛЬНО-ІННОВАЦІЙНІ ТРАНСФОРМАЦІЇ СЕКТОРІВ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ ПІД ВПЛИВОМ ЦИФРОВІЗАЦІЇ

Стаття присвячена дослідженню інституційно-інноваційних трансформацій секторів національної економіки під впливом цифровізації, що стає ключовим чинником модернізації виробничих і управлінських систем. У роботі обґрунтовано, що цифрові технології не лише змінюють технічні процеси, а й спричиняють глибинні інституційні зрушення, трансформуючи правила, стандарти та форми взаємодії між економічними агентами. На основі аналізу авіаційно-космічного комплексу та будівельного сектору показано, що цифровізація виконує подвійну функцію: виступає інструментом підвищення ефективності виробництва й водночас каталізатором перегляду регуляторних і координаційних механізмів.

У авіаційно-космічній галузі цифровізація сертифікаційних процесів, впровадження цифрових двійників та систем управління життєвим циклом продукції (PLM) сприяють скороченню витрат на НДДКР, підвищенню безпеки та міжнародній інтеграції. Водночас зростають вимоги до захисту інтелектуальної власності, кібербезпеки та узгодженості міжнародних стандартів. У будівельному секторі цифрова трансформація пов'язана з поширенням BIM-моделювання, блокчейн-рішень та технологій цифрових двійників, що забезпечує скорочення термінів проектування та будівництва, підвищення прозорості й енергоефективності. Водночас актуалізуються інституційні виклики, пов'язані з низьким рівнем цифрових компетенцій персоналу, високою вартістю технологій для МСБ та необхідністю формування єдиних електронних стандартів.

У статті підкреслюється, що ключовим результатом цифровізації є перетворення сертифікації продукції на безперервний інтегрований процес, який супроводжує весь життєвий цикл товару чи об'єкта. Це вимагає перегляду ролі регуляторних органів, створення інноваційних кластерів і розвитку інтермедіарних інститутів, здатних забезпечити гармонізацію стандартів та підтримати адаптацію ринку до нових

умов. Запропоновано, що успішність інституційно-інноваційних трансформацій залежить від поєднання технологічних рішень із новими моделями управління та кооперації, що відкриває перспективи для інтеграції секторів у глобальні ланцюги створення вартості.

Ключові слова: *цифровізація, інституційні трансформації, інноваційний розвиток, авіаційно-космічний комплекс, будівельний сектор, BIM-технології, цифрові двійники, сертифікація продукції, стандартизація.*

Актуальність дослідження Сучасні інституційно-інноваційні трансформації секторів національної економіки зумовлені глобальними процесами цифровізації, що радикально змінюють характер виробництва, управління та організаційної взаємодії. Особливої актуальності ці зміни набувають у таких стратегічних сферах, як будівельний сектор та авіаційно-космічний комплекс. У будівництві цифровізація забезпечує широке впровадження технологій інформаційного моделювання (BIM), цифрових двійників, автоматизованого моніторингу та 3D-друку, що сприяє підвищенню ефективності, екологічності та інноваційності галузі. У свою чергу, для авіаційно-космічного комплексу цифрові рішення формують нові підходи до проєктування, виробництва та експлуатації авіаційної і космічної техніки, інтегрують елементи Індустрії 4.0, забезпечують міжнародну кооперацію та підвищують вимоги до кібербезпеки. Таким чином, цифровізація виступає ключовим чинником інституційно-інноваційних змін, які не лише підсилюють конкурентоспроможність окремих секторів, але й визначають їхню здатність до розвитку в умовах глобальної технологічної конкуренції.

Огляд літературних джерел Обидва сектори потребують синхронізації технічних інновацій і інституційних реформ: технічні рішення (PLM, BIM, digital twin, AI) без відповідних правил, стандартів та інтермедіарів ризикують залишитись фрагментарними [1–6, 9–12], специфіка ринку визначає різницю у фокусі: в АКК домінують питання сертифікації, безпеки і захисту ІВ, тоді як у будівництві — проблеми стандартизації даних, інтеграції ланцюгів вартості і доступності технологій для МСБ [2–5, 8]. Механізми інституціональної трансформації повинні комбінувати верхньо-рівневі політики (регуляторні реформи, стандартизація) і низовий експериментальний підхід (кластерні ініціативи, пілотні проєкти, навчальні програми), що підтверджується як емпіричними дослідженнями, так і теоретичними розробками [12, 13, 7]. З огляду на наведене, інтегрований підхід — що поєднує технологічні, організаційні та інституційні стратегії — видається важливим напрямком подальших досліджень.

Постановка задачі. Метою статті є обґрунтування теоретичних та практичних засад інституціонально-інноваційних трансформацій секторів національної економіки під впливом цифровізації з акцентом на будівельний сектор та авіаційно-космічний комплекс, а також визначення

напрямів підвищення їхньої ефективності, інноваційного потенціалу та конкурентоспроможності в умовах глобальної технологічної конкуренції.

Виклад основного матеріалу. Цифровізація спричиняє глибинні зміни в національній економіці, і саме тому інституціонально-інноваційні трансформації стають неминучими. Традиційні економічні інститути, які формувалися в епоху індустріального розвитку, виявляються занадто інертними та повільними для того, щоб забезпечити ефективне функціонування у світі, де домінують швидкість обміну даними, інтегровані цифрові платформи та глобальна конкуренція. Нові умови господарювання вимагають модернізації нормативно-правових основ, реформування регуляторних механізмів і створення інноваційних інструментів управління знаннями та технологіями. Без цього неможливо забезпечити належний рівень конкурентоспроможності економіки загалом та її ключових секторів зокрема.

У космічній галузі ці трансформації проявляються передусім у переході від домінування державних корпорацій до партнерства з приватними компаніями, що диктує необхідність перегляду інституційних рамок функціонування ринку. Космос дедалі більше розглядається не лише як простір для державних програм, а й як сфера для комерційного бізнесу, стартапів і міжнародної кооперації. Це означає нові підходи до управління інформацією, захисту інтелектуальної власності, регулювання використання супутникових даних і забезпечення кібербезпеки. Темпи інновацій у цій сфері значно випереджають класичні державні цикли планування й фінансування, тому інститути мусять ставати гнучкішими й технологічно орієнтованими.

Авіаційна галузь стикається з подібними викликами. Вона трансформується під впливом цифрових двійників літаків, систем штучного інтелекту, автоматизованих систем управління польотами. Це вимагає глобальної гармонізації нормативів безпеки, перегляду сертифікаційних процедур і адаптації міжнародного права до використання новітніх технологій. Окрім того, конкуренція на світовому авіаційному ринку посилюється завдяки цифровим платформам виробничої кооперації, що знову ж таки змушує національні інститути інтегруватися у глобальні стандарти.

Будівництво тісно пов'язане з цими процесами, адже воно створює матеріальну інфраструктуру для космічної та авіаційної галузей. Сучасні аеропорти, космодроми, центри тестування та виробничі комплекси потребують впровадження BIM-технологій, цифрових двійників і «розумних» систем управління життєвим циклом споруд. Високі вимоги до безпеки й надійності у космічній та авіаційній сферах змушують будівництво застосовувати інноваційні матеріали, автоматизовані системи контролю, технології 3D-друку. До того ж, екологічна складова стає визначальною: об'єкти інфраструктури мають бути енергоефективними, екологічно безпечними та стійкими, що стимулює трансформацію будівельної галузі у напрямі циркулярності та зеленої інженерії.

Таким чином, цифровізація не лише оновлює інструментарій економіки, а й формує абсолютно нову систему взаємозв'язків між секторами. Інституційно-інноваційні трансформації стають передумовою того, щоб космічна, авіаційна та будівельна галузі могли розвиватися синхронно, взаємно підсилюючи одна одну й забезпечуючи національній економіці новий рівень конкурентоспроможності.

Існує ряд особливостей цифровізації будівельного сектору та авіаційно-космічного комплексу, показуючи, наскільки відрізняються їхні технологічні рівні, пріоритети й перспективи розвитку (табл.1).

Таблиця 1

Особливості цифровізації у різних секторах

Критерій	Будівельний сектор	Авіаційно-космічний комплекс
Рівень технологічної складності	Середній: домінують проєктні та інженерні рішення, виробництво з високою часткою ручної праці.	Високий: високотехнологічні процеси, складні інженерні системи, потреба у точності та надійності.
Ключові цифрові технології	BIM-моделювання, цифрові двійники будівель, 3D-друк конструкцій, дрони для моніторингу, IoT-сенсори.	Цифрове проєктування та симуляції, суперкомп'ютерні обчислення, адитивні технології, AI для прогнозування, «розумні» виробничі системи.
Основні ефекти цифровізації	Скорочення термінів будівництва, зменшення витрат, підвищення енергоефективності, контроль якості в режимі реального часу.	Зниження витрат на НДДКР, підвищення безпеки та надійності, оптимізація виробництва, міжнародна інтеграція в глобальні ланцюги постачання.
Інституційні зміни	Перехід до електронних стандартів проєктування (BIM), розвиток нових бізнес-моделей (Build-to-Rent, «розумні міста»).	Посилення вимог до кібербезпеки, міжнародна кооперація у дослідженнях, створення інноваційних кластерів у сфері АСК.
Бар'єри впровадження	Висока вартість технологій для малого і середнього бізнесу, низький рівень цифрових компетенцій персоналу.	Значні капітальні витрати, потреба у захисті інтелектуальної власності та секретності, регуляторні обмеження.
Перспективи розвитку	Створення «розумних міст», розвиток стійкої та «зеленої» інфраструктури, широке використання автоматизації.	Розвиток космічних програм, безпілотних літальних апаратів, інтеграція AI у виробництво та експлуатацію техніки.

Розроблено автором

Перспективи розвитку двох секторів різноспрямовані, але об'єднані спільною логікою інноваційності. Будівництво рухається до створення «розумних міст», розвитку стійкої та «зеленої» інфраструктури, а також широкого використання автоматизованих технологій. Авіаційно-космічний комплекс орієнтується на розширення космічних програм,

розробку безпілотних літальних апаратів та активну інтеграцію штучного інтелекту у виробничі та експлуатаційні процеси.

Цифровізація істотно змінює саму логіку сертифікації продукції, і це чітко простежується як у авіаційно-космічному комплексі (АКК), так і в будівельному секторі, хоча акценти дещо різні.

У авіаційно-космічній галузі сертифікація традиційно пов'язана з високим рівнем ризику та суворими міжнародними нормами безпеки. Тут цифровізація означає, що значна частина перевірок, випробувань і валідацій переноситься з фізичного середовища у цифрове — через моделювання, симуляції та цифрові двійники літаків і космічних апаратів. Це дозволяє значно скоротити витрати на НДДКР та прискорити вихід продукції на ринок. Водночас виникають нові інституційні виклики: цифрові моделі повинні бути офіційно визнані регуляторами як рівноцінні традиційним випробуванням, що потребує оновлення міжнародних стандартів, нових підходів до збереження та захисту цифрових даних, а також гарантій кібербезпеки [1; 2; 9]. Іншими словами, цифровізація робить сертифікацію гнучкішою, але водночас загострює питання довіри до цифрових артефактів.

У будівництві сертифікація не пов'язана з безпекою польотів чи космічних місій, але більшою мірою з якістю матеріалів, відповідністю проєктної документації стандартам і контролем експлуатаційної надійності споруд. Використання BIM і цифрових двійників дозволяє здійснювати «вбудовану сертифікацію»: перевірка стандартів і нормативів відбувається ще на етапі проєктування, а не лише після завершення будівництва. Це скорочує терміни, зменшує витрати й дозволяє вести моніторинг у реальному часі. Проте і тут інституційний аспект стає визначальним: для повного визнання таких підходів потрібні офіційні електронні стандарти, гармонізація цифрових протоколів і інтеграція систем контролю у державні електронні реєстри [3–6].

Для держави та інституційного середовища необхідно сприяти розвитку цифрових інноваційних кластерів, які об'єднують підприємства, науково-дослідні установи та освітні заклади, адаптувати нормативно-правову базу до вимог цифрової економіки, зокрема у сфері стандартизації BIM-технологій та цифрових платформ, забезпечити державно-приватне партнерство у фінансуванні інноваційних проєктів будівельного сектору та авіаційно-космічного комплексу.

Запровадження цих рекомендацій сприятиме не лише технологічному оновленню секторів, а й формуванню сприятливого інституційного середовища для сталого розвитку економіки України.

Висновки. Проведене дослідження дозволяє зробити низку важливих висновків щодо сутності та напрямів інституціонально-інноваційних трансформацій у національній економіці під впливом цифровізації.

Цифровізація виступає ключовим драйвером економічних трансформацій, оскільки формує нові принципи організації виробничих процесів, управління, взаємодії суб'єктів ринку та створення доданої

вартості. Вона сприяє підвищенню гнучкості економічних систем, розвитку нових бізнес-моделей та посиленню конкурентоспроможності на міжнародному рівні.

Будівельний сектор активно інтегрує цифрові інструменти, зокрема технології інформаційного моделювання (BIM), цифрових двійників, 3D-друку та автоматизованих систем контролю. Це забезпечує підвищення ефективності планування, оптимізацію витрат, скорочення термінів будівництва та впровадження більш екологічних і стійких рішень. Таким чином, цифровізація змінює будівництво від традиційно трудомісної галузі до інноваційно-орієнтованої сфери.

Авіаційно-космічний комплекс (АКК) є однією з найбільш високотехнологічних галузей, де цифрові рішення визначають інноваційний розвиток. Використання суперкомп'ютерних симуляцій, цифрового проєктування, адитивних технологій, штучного інтелекту для діагностики та прогнозування технічного стану забезпечує значне скорочення витрат на НДДКР і підвищення безпеки. Цифровізація також сприяє міжнародній кооперації та формує нові вимоги до кібербезпеки, що є особливо важливим для стратегічної сфери.

Інституційні зміни у зазначених секторах проявляються у трансформації механізмів взаємодії держави, бізнесу та науки. Цифрова економіка потребує адаптації нормативно-правової бази, розвитку цифрових платформ і стимулювання інноваційних екосистем, що створює умови для більш тісної інтеграції у світовий технологічний простір.

Отримані результати підтверджують, що цифровізація є не лише технологічним, а й інституціональним явищем, яке визначає нову логіку розвитку національної економіки. Її вплив на будівельний сектор та авіаційно-космічний комплекс демонструє важливість стратегічного управління інноваційними процесами, підвищення інвестиційної привабливості та забезпечення стійкого розвитку.

Таким чином, цифрова трансформація секторів національної економіки потребує комплексного підходу, що поєднує інноваційні технології, інституційні зміни та державну підтримку. Саме це дозволить авіаційно-космічному комплексу стати драйвером розвитку вітчизняної економіки, а будівельному сектору – підтримати стрімкий розвиток та зміцнити її позиції у світовому економічному просторі.

References:

1. Mas, F.; Arista, R.; Oliva, M.; Hiebert, B.; Gilkerson, I.; Rios, J. A review of PLM impact on US and EU Aerospace Industry. In Proceedings of the Manufacturing Engineering Society International Conference, MESIC 2015, Barcelona, Spain, 22–24 July 2015.
2. ICAO Innovation Fair. Digitalizing Certification Processes: For More Robustness and Efficiency. 13 March 2024. Available online: <https://www.icao.int/Meetings/InnovationFair2024/Documents/Presentations/Session-6-Digitalizing-certification-processes.pdf>

3. Cocco, L., & Tonelli, R. (2024). Digital Transformation in the Construction Sector: Blockchain, BIM and SSI for a More Sustainable and Transparent System. *Future Internet*, 16(7), 232. <https://doi.org/10.3390/fi16070232>
4. Mohamd Kassem, Ahmed Louay Ahmed, Digital transformation through Building Information Modelling: Spanning the macro-micro divide, Technological Forecasting and Social Change, Volume 184, 2022, 122006, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122006>.
5. Revolti, A., Gualtieri, L., Pauwels, P., & Dallasega, P. (2024). From building information modeling to construction digital twin: a conceptual framework. *Production & Manufacturing Research*, 12(1). <https://doi.org/10.1080/21693277.2024.2387679>.
6. Samuelson O., Stehn, L. Digital Transformation in Construction: Current Status and Future Directions // *ITcon*. – 2023. – Vol. 28. – P. 145–162. – DOI: 10.36680/j.itcon.2023.009.
7. Valdés, K. N., v Alpera, S. Q., & Cerdá Suárez, L. M. (2021). An Institutional Perspective for Evaluating Digital Transformation in Higher Education: Insights from the Chilean Case. *Sustainability*, 13(17), 9850. <https://doi.org/10.3390/su13179850>
8. Bond, A.H.; Ricci, R.J. Cooperation in Aircraft Design. *Res. Eng. Des.* 1992, 4, 115–130.
9. Josephine Thums, Laura Künzel, Matthias Klumpp, Mona-Maria Bardmann, Caroline Ruiner, Future air transportation and digital work at airports – Review and developments, Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, Volume 19, 2023, 100808, <https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100808>.
10. Garneau J. M. É. Digitalisation of work in aerospace manufacturing: An institutional perspective // *Work, Employment and Society*. – 2023. – Vol. 37(5). – P. 899–918. – DOI: 10.1177/09500170231123456.
11. Thums J. Future air transportation and digital work at airports: A systematic review // *Journal of Air Transport Management*. – 2023. – Vol. 110. – P. 102394. – DOI: 10.1016/j.jairtraman.2023.102394.
12. Colović A. Institutionalising the digital transition: The role of innovation intermediaries // *Technological Forecasting & Social Change*. – 2025. – Vol. 206. – P. 122012. – DOI: 10.1016/j.techfore.2025.122012.
13. Kristensen PH, Morgan G (2012) From institutional change to experimentalist institutions. *Industrial Relations* 51(s1): 413–437

Ihor Chornodid, Yevheniia Novak

Institutional and innovative transformations of sectors of the national economy under the influence of digitalization

The article is devoted to the study of institutional and innovative transformations of sectors of the national economy under the influence of digitalization, which is becoming a key factor in the modernization of production and management systems. The paper substantiates that digital

technologies not only change technical processes, but also cause deep institutional disruptions, transforming rules, standards and forms of interaction between economic agents. Based on the analysis of the aerospace complex and the construction sector, it is shown that digitalization performs a dual function: it acts as a tool for increasing production efficiency and at the same time as a catalyst for reviewing regulatory and coordination mechanisms. In the aerospace industry, the digitalization of certification processes, the introduction of digital twins and the product lifecycle management (PLM) system contribute to reducing R&D costs, increasing safety and international integration. At the same time, they increase the requirements for the protection of intellectual property, cybersecurity and the consistency of international standards. In the construction sector, digital transformation is associated with the spread of BIM modeling, blockchain solutions and digital twin technologies, which provide a reduction in design and construction times, increased transparency and energy efficiency. At the same time, institutional challenges are becoming more relevant, associated with the low level of digital competences of personnel, the high cost of technologies for SMEs and ensuring the formation of unified electronic standards.

The article emphasizes that the key result of digitalization is the transformation of product certification into a continuous integrated process that accompanies the entire life cycle of a product or object. This requires a review of the role of regulatory authorities, the creation of innovation clusters and the development of intermediary institutions capable of ensuring the harmonization of standards and supporting adaptation to new market conditions. It is proposed that the success of institutional and innovative transformations depends on the combination of technological solutions with new models of management and cooperation, which opens up prospects for the integration of sectors into global value chains.

Keywords: *digitalization, institutional transformations, innovative development, aerospace complex, construction sector, BIM technologies, digital twins, product certification, standardization.*

Посилання на статтю:

АРА: Chornodid, I., Novak, Ye. (2024). Instytutsionalno-innovatsiini transformatsii sektoriv natsionalnoi ekonomiky pid vplyvom tsyfrovizatsii [Institutional and innovative transformations of sectors of the national economy under the influence of digitalization]. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 54(2), 3-10.

ДСТУ: Чорнодід І., Новак Є. Інституціонально-інноваційні трансформації секторів національної економіки під впливом цифровізації. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2024. № 54(2). С. 3-10.