

УДК 004.9:658.11  
JEL: C63; L86; M15; O33  
DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2025-10-190-203>

## ЦИФРОВІ ДВІЙНИКИ У ПРОЄКТНОМУ МЕНЕДЖМЕНТІ: КОНЦЕПЦІЯ ТА ПРАКТИЧНІ ЗАСТОСУВАННЯ

©2025 ШЕВЧУК І. Б., ДЕПУТАТ Б. Я.

УДК 004.9:658.11  
JEL: C63; L86; M15; O33

**Шевчук І. Б., Депутат Б. Я. Цифрові двійники у проєктному менеджменті: концепція та практичні застосування**

Мета статті полягає в розкритті загальної концепції технології цифрових двійників, дослідженні її практичного застосування та визначенні можливостей впровадження у процеси управління проєктами. У результаті дослідження різних аспектів наукового розуміння цифрових двійників виділено шість підходів до трактування цього поняття: візуально-репрезентативний, інформаційно-комунікаційний, аналітико-прогностичний, функціонально-оптимізаційний, кібернетично-еволюційний та інтелектуально-адаптивний. Це дозволило: закласти методологічну основу для побудови концептуальної моделі цифрових двійників; зрозуміти, які аспекти технології є більш розвиненими (наприклад, технічні), а які потребують подальшого вивчення (наприклад, управлінські, когнітивні); обґрунтувати міждисциплінарну цінність моделі, яка має як технічний, так і соціально-економічний вимір, що важливо для інтеграції цифрових двійників у проєктний менеджмент. Розглянуто базові характеристики технології Digital Twin і наведено приклади її використання в різних видах людської діяльності. У результаті виявлено, що технологія цифрових двійників уже пройшла еволюцію від технічної концепції (відтворення фізичного об'єкта) до стратегічного інструменту управління, який забезпечує інтегроване управління процесами, включно з аналітикою, прогнозуванням і прийняттям рішень. А поєднання технологічного та управлінського вимірів дозволяє розглядати дану технологію як ключовий елемент цифрової трансформації у проєктному менеджменті. Обґрунтовано, що у проєктному менеджменті цифрові двійники виступають ефективним інструментом підтримки прийняття рішень на всіх етапах життєвого циклу проєкту. Визначено загальні, управлінські, соціально-когнітивні та еколого-сталі переваги використання технології цифрових двійників у проєктному менеджменті. У комплексі вони забезпечують суттєві економічні вигоди – скорочення витрат на планування та тестування, підвищення точності прогнозування, оптимізацію ресурсів, зменшення ризиків, зростання продуктивності та якості результатів, підвищення інвестиційної привабливості та зміцнення конкурентних позицій проєктів. Розглянуто загальні та специфічні проблеми впровадження цифрових двійників у проєктному менеджменті. Їхнє вирішення має базуватися на комплексному підході, що передбачає поєднання технічної зрілості, нормативного регулювання, розвитку цифрових компетенцій і формування нової культури управління даними. Перспективами подальших досліджень у даному напрямі є стандартизація моделей цифрових двійників, розроблення методологій їх етичного використання, а також формування міждисциплінарних підходів до інтеграції цієї технології в систему управління проєктами. Особливої уваги потребує адаптація існуючих моделей до специфіки проєктного менеджменту, удосконалення інструментів оцінювання ефективності їх застосування та вивчення впливу цифрових двійників на прийняття управлінських рішень у динамічному цифровому середовищі.

**Ключові слова:** цифрові близнюки, Digital Twin, проєктний менеджмент, цифрова екосистема, інтеграція цифрових систем, цифрова трансформація, штучний інтелект, управління проєктами.

Рис.: 2. Табл.: 2. Бібл.: 29.

**Шевчук Ірина Богданівна** – доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри цифрової економіки та бізнес-аналітики, Львівський національний університет імені Івана Франка (вул. Університетська, 1, Львів, 79001, Україна)

E-mail: [ibshevchuk@ukr.net](mailto:ibshevchuk@ukr.net)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4386-3730>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57218953219>

**Депутат Богдан Ярославович** – кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри цифрової економіки та бізнес-аналітики, Львівський національний університет імені Івана Франка (вул. Університетська, 1, Львів, 79001, Україна)

E-mail: [bdeputat@gmail.com](mailto:bdeputat@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0146-4312>

UDC 004.9:658.11  
JEL: C63; L86; M15; O33

**Shevchuk I. B., Deputat B. Ya. Digital Twins in Project Management: Conception and Practical Applications**

The aim of this article is to present the overall conception of digital twin technology, examine its practical applications, and identify opportunities for its implementation in project management processes. As a result of studying various aspects of the scientific understanding of digital twins, six approaches to interpreting this concept have been identified: visual-representative, information-communication, analytical-predictive, functional-optimization, cybernetic-evolutionary, and intelligent-adaptive. This has made it possible to: establish a methodological basis for building a conceptual model of digital twins; understand which aspects of the technology are more developed (e. g., technical) and which require further study (e. g., managerial, cognitive); and substantiate the interdisciplinary value of the model, which encompasses both technical and socioeconomic dimensions, crucial for integrating digital twins into project management. The basic characteristics of Digital Twin technology have been examined, and examples of its application in various types of human activities are provided. It was found that digital twin technology has already evolved from a technical conception (replicating a physical object) into a strategic management tool that enables integrated process management, including analytics, forecasting, and decision-making. The combination of technological and managerial dimensions allows this technology to be seen as a key element of digital transformation in project management. It has been demonstrated that in project management, digital twins serve as an efficient tool to support decision-making at all stages of the project lifecycle. The general, managerial, socio-cognitive, and ecologically sustainable benefits of using digital twin technology in project management have been identified. Together, they provide substantial economic benefits – reducing planning and testing costs, increasing forecasting accuracy, optimizing resources, lowering risks, improving productivity and result quality, enhancing invest-

ment attractiveness, and strengthening projects' competitive positions. Both general and specific issues of implementing digital twins in project management have been examined. Addressing them should rely on a comprehensive approach that combines technical maturity, regulatory frameworks, the development of digital competencies, and the establishment of a new data management culture. Future research directions in this area include the standardization of digital twin models, the creation of methodologies for their ethical use, and the development of interdisciplinary approaches for integrating this technology into project management systems. Particular attention should be paid to adapting existing models to the specifics of project management, improving tools for evaluating the effectiveness of their application, and studying the influence of digital twins on managerial decision-making in a dynamic digital environment.

**Keywords:** digital twins, Digital Twin, project management, digital ecosystem, integration of digital systems, digital transformation, artificial intelligence, project management.

**Fig.: 2. Tabl.: 2. Bibl.: 29.**

**Shevchuk Iryna B.** – D. Sc. (Economics), Professor, Head of the Department, Department of Digital Economics and Business Analytics, Ivan Franko National University of Lviv (1 Universytetska Str., Lviv, 79001, Ukraine)

**E-mail:** ibshevchuk@ukr.net

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-4386-3730>

**Scopus Author ID:** <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57218953219>

**Deputat Bohdan Ya.** – PhD (Physics and Mathematics), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Digital Economics and Business Analytics, Ivan Franko National University of Lviv (1 Universytetska Str., Lviv, 79001, Ukraine)

**E-mail:** bdeputat@gmail.com

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-0146-4312>

В умовах високої динамічності середовища реалізації проектів, що супроводжується економічною нестабільністю, ресурсними обмеженнями та зростанням ризиків, постає потреба в упровадженні адаптивних механізмів управління проектами. Сучасні цифрові технології, зокрема концепція цифрових двійників, відкривають нові можливості для підвищення гнучкості, точності та стійкості проектного менеджменту. Використання цифрових двійників (ЦД – Digital Twins) як динамічних віртуальних еквівалентів реальних об'єктів чи процесів, що оновлюються в реальному часі, дає змогу моделювати альтернативні сценарії розвитку проекту, прогнозувати ризики, оцінювати вплив управлінських рішень у реальному часі та забезпечувати ефективну координацію між усіма учасниками проекту.

Різні аспекти розвитку та впровадження технології цифрових двійників у різних сферах діяльності знайшли відображення в працях багатьох зарубіжних [1–4; 6–9; 11; 13; 14] і вітчизняних учених [15; 16; 24], які досліджують теоретичні засади, практичні напрями застосування та перспективи розвитку цієї інноваційної технології. Водночас питання використання ЦД у проектному менеджменті залишаються недостатньо вивченими. Зокрема, потребують подальшого опрацювання методичні підходи до інтеграції ЦД у систему управління проектами, оцінювання ефективності їх упровадження, а також організаційно-економічні та етичні аспекти застосування цієї технології у процесах планування, моніторингу та контролю проектів.

Метою статті є розкриття загальної концепції використання технології цифрових двійників, дослідження їх практичного застосування та можливостей впровадження у процеси управління проектами.

На думку багатьох експертів, Digital Twins (або «цифрові двійники») стають однією із ключових технологій диджиталізації в багатьох сферах. За оцінками логістичного гіганта DHL, найближчими роками ринок цифрових двійників зростатиме вибуховими темпами (майже на 40% щорічно), і до 2025 р. досягне позначки 26 млрд дол. США [25]. Аналітики із GlobalLogic прогнозують, що за наступні два роки обсяги цього ринку наблизяться до 50 млрд дол. США, а за п'ять – до сотень мільярдів доларів США. Згідно з їхніми оцінками, за даний період інвестиції, вкладені в цей концепт, можуть зрости аж на 300% [29].

Зазначимо, що в інформаційних джерелах існує багато визначень поняття «цифровий двійник» (*Digital Twin*). Усі вони визнають ключову роль двостороннього зв'язку між фізичним і цифровим світом та дають змогу відстежити еволюцію поняття «цифровий двійник»: від візуального моделювання → до обміну даними → до аналітики → до самовдосконалення.

Більше того, сучасні трактування виходять за межі інженерії та дедалі більше інтегруються в менеджмент, аналітику, міське планування, освіту тощо, поступово зміщуючи акцент від статичних копій до динамічних, інтелектуальних і самоорганізованих систем. Враховуючи різноманітні аспекти наукового розуміння цифрових двійників (кібернетична еволюція, архітектура програмного забезпечення, прогнозне управління та взаємодія між цифровим і фізичним світом), можна виділити такі шість підходів до трактування поняття «цифровий двійник» (ЦД) (табл. 1):

1. Візуально-репрезентативний підхід (фокус на моделюванні об'єкта; ключові характерис-

Підходи до трактування поняття «цифровий двійник», їхні ключові характеристики та значення для розвитку технології

| Визначення поняття «цифровий двійник»                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Ключові характеристики цифрових двійників                                                                                | Що дає підхід для використання / розвитку технології                                                                              | Автор / Джерело                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 2                                                                                                                        | 3                                                                                                                                 | 4                                             |
| <b>Візуально-репрезентативний підхід.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                          |                                                                                                                                   |                                               |
| <b>Цифрова копія як інструмент візуалізації об'єктів і процесів</b>                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                          |                                                                                                                                   |                                               |
| Набір параметрів, які вичерпно описують фізичний об'єкт або процес. Виходить повноцінна цифрова копія реального предмета для роботи у спеціальному софті                                                                                                                                                                 | Повна цифрова копія фізичного об'єкта або процесу. Візуалізація у спеціальному ПЗ. Може описувати як виріб, так і галузь | Забезпечує точну візуалізацію й аналіз процесів у зручному цифровому форматі. Сприяє розвитку галузевих цифрових двійників        | [25]                                          |
| Точна цифрова копія реального об'єкта або процесу, наприклад виробничої лінії чи маршруту доставки, що дозволяє тестувати зміни без фізичного втручання                                                                                                                                                                  | Висока точність цифрової реплікації. Можливість тестування без фізичних змін                                             | Дає змогу експериментувати без ризиків. Формує основи цифрових лабораторій                                                        | Сухорукова Г. [27]                            |
| Набір віртуальних інформаційних конструкцій, які повністю описують потенційний або фактичний промисловий виріб: від його атомарних функцій до геометрії                                                                                                                                                                  | Геометричне та функціональне відображення, повнота опису                                                                 | Створення цифрових копій складних систем. Розвиток CAD/CAE інтеграційних платформ                                                 | Grieves M., Vickers J. [3]                    |
| <b>Інформаційно-комунікаційний підхід.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                          |                                                                                                                                   |                                               |
| <b>Постійна синхронізація фізичного та цифрового світу через потоки даних</b>                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                          |                                                                                                                                   |                                               |
| Віртуальні копії фізичних об'єктів, систем, процесів або людей, створені в цифровому середовищі та постійно оновлювані даними в реальному часі                                                                                                                                                                           | Безперервна передача даних між фізичним і цифровим об'єктом. Реальний час, постійна синхронізація                        | Моніторинг і контроль у реальному часі. Сприяє вдосконаленню систем потоків даних і взаємодії між фізичними й цифровими об'єктами | [10]                                          |
| Цифрова копія артефакту, процесу чи послуги, яка є настільки точною, що її можна використовувати як основу для прийняття рішень. Цифрова копія та фізичний світ часто пов'язані потоками даних                                                                                                                           | Постійний обмін даними між фізичною та цифровою моделлю. Використання для прийняття рішень                               | Підвищує обґрунтованість управлінських рішень. Розвиває інфраструктуру даних і стандарти обміну інформацією                       | Федак М. [17]                                 |
| Віртуальна та динамічна модель, що реалізується завдяки потоку даних, який створює високонадійні моделі з взаємозв'язком та об'єднанням між фізичною системою та створеним цифровим представленням. Ці моделі містять всю інформацію про фізичну систему та повністю інтегровані для обміну інформацією в обох напрямках | Потоки даних, інтеграція, двобічна взаємодія                                                                             | Забезпечує достовірну аналітику. Розвиває стандарти цифрової взаємодії                                                            | Kritzinger W., Karner M., Traar G. et al. [6] |
| <b>Функціонально-оптимізаційний підхід.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                          |                                                                                                                                   |                                               |
| <b>Орієнтація на покращення ефективності фізичного об'єкта через цифрову взаємодію</b>                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                          |                                                                                                                                   |                                               |
| Цифрова копія фізичного об'єкта, яка функціонує на основі даних,                                                                                                                                                                                                                                                         | Дані в реальному часі.                                                                                                   | Дозволяє виявляти й усувати вузькі місця у процесах.                                                                              |                                               |

| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2                                                                                                                           | 3                                                                                                                                            | 4                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| отриманих у реальному часі від того ж самого фізичного об'єкта та іншої інформації та призначена для поліпшення характеристик функціонування того ж самого фізичного об'єкта                                                                                                                                            | Підвищення ефективності фізичного об'єкта                                                                                   | Сприяє впровадженню цифрового контролю якості та автоматизації                                                                               | Федак М. [17]                                         |
| Допомагає виявляти аномалії у виробничих процесах для досягнення функціональних цілей, таких як управління в режимі реального часу, прогнозне обслуговування, адаптація до процесу, аналітика великих даних і машинне навчання                                                                                          | Виявлення відхилень, Big Data, ML                                                                                           | Реальний моніторинг ефективності. Розвиток предиктивного обслуговування                                                                      | [5]                                                   |
| Представлення реальної системи в цифровому світі, що спирається на дані фізичної системи для оптимізації, маніпулювання, виявлення та взаємодії                                                                                                                                                                         | Оптимізація, контроль                                                                                                       | Збалансування ресурсів. Вдосконалення промислових процесів                                                                                   | Wallner B., Zwölfer B., Trautner T., Bleicher F. [11] |
| <b>Аналітико-прогностичний підхід.</b><br><b>Використання цифрової моделі для аналітики, симуляцій і прогнозування</b>                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                             |                                                                                                                                              |                                                       |
| Віртуальна модель фізичного об'єкта, процесу або системи, яка використовується для симуляції, аналізу та оптимізації їхньої роботи в реальному часі                                                                                                                                                                     | Модель об'єкта/процесу, орієнтована на аналіз і симуляцію                                                                   | Тестування поведінки системи без ризику для реального об'єкта. Сприяє розробці сценарного аналізу та вдосконаленню аналітичних моделей       | Гмиря А. [29]                                         |
| Віртуальна копія фізичного об'єкта або процесу, яка використовується для моделювання, моніторингу та оптимізації його функціонування. Цей інноваційний підхід поєднує дані й аналітику, забезпечуючи безпрецедентний рівень деталізації та точності при вивченні різних сценаріїв та прогнозуванні майбутньої поведінки | Поєднання даних і аналітики. Деталізація, прогнозування, вивчення сценаріїв                                                 | Забезпечує глибоке розуміння функціонування системи. Підштовхує розвиток аналітичних алгоритмів і ШІ в рамках технології Digital Twin        | [20]                                                  |
| Комплексна цифрова модель середовища, продукту або системи, яка використовує реальні дані для створення симуляцій і прогнозування без впливу на реальний аналог                                                                                                                                                         | Комплексна модель середовища, продукту або системи. Використання симуляцій і прогнозів. Можливість тестувати різні сценарії | Дозволяє оцінювати вплив рішень на результати без ризику. Поглиблює розвиток штучного інтелекту, машинного навчання та прогнозних технологій | Деркач М. [21]                                        |
| Точна цифрова модель фізичного об'єкта або процесу, яка здатна збирати інформацію з реального середовища, виконувати перевірку, оцінювання, оптимізацію та прогнозування на цій моделі перед безпечним застосуванням результатів на фізичний об'єкт або процес.                                                         | Моделювання, оцінювання, прогноз, реальний час                                                                              | Підтримка управлінських рішень. Розвиток систем передбачуваного управління                                                                   | Semeraro C., Lezoche M., Panetto H., Dassisti M. [9]  |

| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 2                                              | 3                                                                                   | 4                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| <p>Це допомагає у прийнятті рішень в реальному часі для підвищення ефективності роботи, а також пом'якшення або запобігання неочікуваних подій протягом життєвого циклу реального об'єкта</p>                                                                                                                                                                                      |                                                |                                                                                     |                                                        |
| <p><b>Інтелектуально-адаптивний підхід.</b><br/> <b>Цифровий двійник як інтелектуальна система, що використовує ШІ, машинне навчання та логічні моделі для управління об'єктом упродовж усього його життєвого циклу</b></p>                                                                                                                                                        |                                                |                                                                                     |                                                        |
| Віртуальне представлення об'єкта або системи, розроблене для точного відображення фізичного об'єкта. Охоплює весь життєвий цикл об'єкта, оновлюється на основі даних у режимі реального часу та використовує моделювання, машинне навчання та логічні методи для прийняття рішень                                                                                                  | ШІ, ML, самонавчання, життєвий цикл            | Автоматизація прийняття рішень. Розвиток Smart Factory, Industry 5.0                | Sayed M. [12]                                          |
| Архітектура проміжного програмного забезпечення, яка абстрагує свій фізичний аналог для високорівневих систем управління інженерією для прийняття рішень майже в режимі реального часу.                                                                                                                                                                                            | Програмна абстракція, middleware, швидкість    | Управління в реальному часі. Розвиток програмних фреймворків для Digital Twin       | Lu Y., Xu X. [7]                                       |
| <p><b>Кібернетично-еволюційний підхід.</b><br/> <i>Цифровий двійник не лише як копія, а як самоорганізована кібернетична система, що має власну логіку, взаємодіє з реальним об'єктом на рівноправних засадах</i></p>                                                                                                                                                              |                                                |                                                                                     |                                                        |
| Це не просто кібернетична модель (відображення) підприємства: у ній змінюється не тільки стан підприємства, але ще й самостійно еволюціонує цифровий двійник – через автоматичне виконання власної бізнес-логіки, що змінює його параметри. Механізми mutual mapping реалізують кібернетичний аналог двостороннього дзеркала: цифровий двійник і матеріальний оригінал рівноправні | Самоорганізація, взаємозв'язок, mutual mapping | Реалістична імітація підприємства. Перехід до кіберфізичних систем із самонавчанням | Єфремова К. В., Шматков Д. І., Кохан В. П. та ін. [15] |

**Джерело:** складено авторами.

тики ЦД – візуалізація, повнота опису, геометрія; основне призначення ЦД – аналіз, демонстрація, навчання);

2. *Інформаційно-комунікаційний підхід* (фокус – потоки даних і зв'язок; ключові характеристики ЦД – реальний час, двобічна взаємодія; основне призначення ЦД – моніторинг, контроль, обмін інформацією);

3. *Аналітико-прогностичний підхід* (фокус – аналітика та моделювання; ключові характеристики ЦД – симуляція, прогнозування, оцінка; основне

призначення ЦД – прийняття рішень, оптимізація);

4. *Функціонально-оптимізаційний підхід* (фокус – підвищення ефективності; ключові характеристики ЦД – моніторинг, виявлення аномалій; основне призначення ЦД – оптимізація та надійність систем);

5. *Кібернетично-еволюційний підхід* (фокус – самоорганізація системи; ключові характеристики ЦД – еволюція, взаємодія, рівноправність з фізичним аналогом; основне призначення ЦД – самооновлення, розвиток цифрових підприємств);

6. *Інтелектуально-адаптивний підхід* (фокус – автономність і ІІІ; ключові характеристики ЦД – машинне навчання, логічні моделі, життєвий цикл; основне призначення ЦД – самонавчання, прогнозне управління, автоматизація).

Таким чином, вибудовується цілком нова ієрархія розвитку технології Digital Twin у науці та практиці: від моделі → до кіберсистеми → до автономного інтелектуального агента. А виділені підходи дозволяють: закласти методологічну основу для побудови концептуальної моделі цифрових двійників; зрозуміти, які аспекти технології є більш розвиненими (наприклад, технічні), а які потребують подальшого вивчення (наприклад, управлінські, когнітивні); обґрунтувати її міждисциплінарну цінність, яка має як технічний, так і соціально-економічний вимір, що важливо для інтеграції ЦД у проектний менеджмент.

Узагальнюючи розглянуті визначення «цифрового двійника» (див. табл. 1), можна стверджувати, що це є динамічна цифрова модель реального об'єкта, процесу або системи, що створюється на основі актуальних даних, постійно оновлюється в реальному часі, взаємодіє зі своїм фізичним аналогом і використовується для моніторингу, аналізу, прогнозування та прийняття управлінських рішень, поєднуючи в собі базові характеристики візуалізації, аналітичності, адаптивності, інтегрованості, самонавчання тощо (рис. 1).

Завдяки своїй універсальності технологія цифрових двійників знаходить застосування в різних галузях (рис. 2).

Для створення «цифрових двійників» використовують такі інструменти, як: графічне тривимірне моделювання та різні інструменти візуалізації; засоби IoT; інтегровані математичні моделі; засоби PLM. У сукупності їх застосування дозволяє створити точний віртуальний образ об'єкта, який можна використовувати практично в будь-якій сфері: від промисловості до медицини й управління містами [22; 23].

Розглянемо, який трансформаційний потенціал мають цифрові близнюки в різних сферах діяльності людини.

Особливо активно «цифрові двійники» використовуються у промисловості. Зокрема, в будівельній галузі – для перевірки стійкості інфраструктурних об'єктів у складних умовах, відстеження стану будівель та їхньої енергоефективності, планування ремонтних робіт, моделювання впливу змін дизайну або конструкції ще до їх фактичного впровадження – віртуальні моделі будівель та інфраструктурних проектів допомагають керівникам проектів візуалізувати прогрес, виявляти структурні проблеми та оптимізувати розподіл ресурсів; у промисловому виробництві – для моніторингу виробничих ліній та обладнання, аналізу даних і прогнозованого технічного обслугову-



Рис. 1. Базові характеристики технології Digital Twin

Джерело: складено авторами.

|                         |                                                                                                  |                                                                             |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Можливості використання | Для бізнесу та проєктного менеджменту                                                            |                                                                             |
|                         | Управління життєвим циклом проєкту, прогонзування ризиків, симуляція змін, оптимізація ресурсів  | Формування цифрових платформ управління проєктами (Project Digital Twin)    |
|                         | Для промисловості                                                                                |                                                                             |
|                         | Контроль технічного стану обладнання, планування техобслуговування, зниження аварійності         | Перехід до автономних систем управління та самонавчальних виробництв        |
|                         | Для міського управління (Smart City)                                                             |                                                                             |
|                         | Створення цифрових моделей міст для планування, екологічного моніторингу, транспортної логістики | Розвиток міжгалузевих цифрових інфраструктур і «міст-близнюків»             |
|                         | Для науки й освіти                                                                               |                                                                             |
|                         | Віртуальні лабораторії, верифікація нових технологій і рішень без фізичних витрат                | Розробка інтегрованих платформ навчання на основі цифрових моделей          |
|                         | Для інноваційного розвитку                                                                       |                                                                             |
|                         | Тестування гіпотез, верифікація нових технологій і рішень без фізичних витрат                    | Створення дослідницьких цифрових полігонів і лабораторій штучного інтелекту |
| Потенціал розвитку      |                                                                                                  |                                                                             |

Рис. 2. Основні напрями використання технології Digital Twin

Джерело: складено авторами.

вання виробництв, оптимізації робочих процесів, віртуального введення в експлуатацію та тестування систем автоматизації [28]; в енергетиці – для моніторингу та оптимізації енергетичних систем, перевірки та відновлення обладнання, прогнозування коливань попиту й керування інтеграцією відновлюваних джерел енергії. Дуже помічними вони можуть стати для відновлення енергетичної інфраструктури України під час війти та в період повоєнної відбудови. А також у виробництві – для моніторингу стану обладнання; уникнення несподіваних збоїв та підвищення ефективності роботи; оптимізації виробничих ліній тощо.

Масове поширення в логістиці інструментів IoT обумовлює успішність запровадження технологій ЦД у цій сфері. Наразі вони вже успішно застосовуються в організації ланцюжків постачання, зокрема для відвантаження та розвантаження товарів на складах (практично кожен товар на складі вже оцифрований за допомогою «двійників»), відстеження руху транспорту (з часом кожна вантажівка матиме власного «цифрового двійника»), підбору оптимальних видів упаковки та опрацювання стратегії використання контейнерів.

У роздрібній торгівлі на цифровій моделі можна відпрацювати такі необхідні для організації та розвитку бізнесу аспекти, як локація для розташування магазину, оптимальне формування торгових рядів, викладання товарів, мерчендайзинг тощо.

Крім того, поява цифрових двійників товарів спростить відстеження їх руху, що допоможе у прогнозуванні попиту на них і зниженні ризиків крадіжок.

Медицина належить до однієї з найперспективніших сфер застосування технологій Digital Twins. Адже віртуальні моделі людських органів масово використовуються в діагностиці та терапії. Інтенсивне зростання обсягів цифрових медичних даних дозволяє припустити, що в найближчій перспективі медики створюватимуть «медичних двійників» пацієнтів. Їх використовуватимуть для моделювання ефектів різних методів лікування, прогнозування розвитку хвороб і персоналізації планів догляду [28]. Це значно підвищить ефективність лікувальних заходів у пацієнтів чи навіть дозволить передбачити хворобу ще до прояву перших симптомів. Водночас цифрові двійники лікарень сприятимуть покращенню обслуговування пацієнтів та зниженню витрат, оскільки завдяки їм стане простішим процес аналізу потоку пацієнтів, розподілу ресурсів і персоналу для виявлення неефективних ділянок у функціонуванні медичних закладів.

Банківський сектор здебільшого використовує Digital Twins для моделювання поведінки та вподобань клієнтів (персоналізація послуг, побудова оптимального шляху клієнта тощо), імітації банківських процесів (підвищення операційної

ефективності, покращення управління ризиками), відстеження роботи банківських систем (забезпечення безпеки, оптимізація інфраструктури), аналізу фінансових даних (прогнозування ринкових тенденцій, підтримка процесів прийняття рішень). Разом із удосконаленням ІІІ та інших новітніх технологій ці віртуальні моделі продовжуватимуть розвиватися, що стимулюватиме ще більше інновацій у сфері фінансових послуг, дозволить тестувати нові продукти, оптимізувати взаємодію з клієнтами, приймати рішення на основі даних без реальних ризиків. Завдяки цьому банківська діяльність ставатиме ефективнішою, стійкішою та більш орієнтованою на клієнта, ніж раніше [10].

У найближчому майбутньому ця технологія набуватиме широкого поширення також і в управлінні містами. Цифрових двійників цілих міст створюють для симуляції впливу нових інфраструктурних проєктів, систем управління трафіком і навіть змін клімату [28]. Так, ще у жовтні 2019 р., у рамках проведення IV Міжнародного інвестиційного форуму «Odesa 225T», між Одеською міською радою та провідним оператором мобільного зв'язку Vodafone було підписано меморандум про співпрацю щодо спільного впровадження «розумних» технологій від Vodafone у систему муніципального управління та соціальні сфери суспільного життя міста Одеси. Таким чином, у планах було створення цифрового двійника Одеси, що мало б допомогти місту не лише функціонувати прозоро та прогнозовано, а й підвищити його інвестиційну привабливість для зарубіжних інвесторів. Це було б перше місто в Україні, яке б мало свою цифрову копію.

Зазначимо, що на сьогодні вже існує низка проєктів цифрових близнюків, розроблених і успішно впроваджених компанією Virtual City Systems у таких містах, як Берлін, Гамбург, Франкфурт, Бремен, Кельн, Ганновер, Дрезден, Дортмунд, Сінгапур, Гельсінкі, Роттердам, Кемптен, Регенсбург, Відень, Познань, Цюрих, Зальцбург, Аахен та ін. Ці інтерактивні моделі міст знайшли своє застосування для задоволення багатьох потреб сучасного муніципального менеджменту [19]. А дослідники з MarketsandResearch припускають, що до 2026 року ринок рішень із підтриманням цифрових близнюків у «розумних містах» сягне 3,77 млрд дол. США [29].

На жаль, плани щодо створення цифрового двійника Одеси не вдалося повністю реалізувати через повномасштабне вторгнення РФ в Україну. Однак певні елементи оцифрованого міста вже були створені, як-от цифровий близнюк Грецької площі в Одесі. У перспективі, в міру оцифрування інформації про всі міські системи та припинення

бойових дій на території України, все ж таки буде створено платформу двійника, яка об'єднуватиме оцифровані відомості про місто з різних джерел: геоаналітику, транспортну модель, управління системами ЖКГ, модель міграції людей (жителів і туристів), архітектурне планування (облік існуючих будівель, оцінка впливу на всі системи міста з появою нових будівель), облік і планування об'єктів соціальної інфраструктури, дорожній рух, моніторинг стану води, повітря та багато іншого [18]. Вона стане цінним інструментом для розв'язання найрізноманітніших питань у таких сферах, як: містопланування; туристичний маркетинг; моделювання сценаріїв переходу до smart міста; моніторинг життєдіяльності міста; комунікація з містянами; інтерактивні міські послуги; розвиток культурно-креативних індустрій у місті тощо.

Найбільшими відомими світовими провайдерами цифрових двійників, які як створюють їх, так і управляють ними, є General Electric та Microsoft. Зокрема, компанією General Electric розроблено хмарне аналітичне рішення Predix Operations Performance Management (Predix OPM), яке вміє створювати та аналізувати дані Digital Twins. Платформа хмарних обчислень Microsoft Azure містить інструмент Azure Digital Twins, який допомагає створювати цифрові моделі об'єктів та отримувати дані з інших сервісів Microsoft, у т. ч. з Azure Stream Analytics, Azure AI, Azure Maps, Azure Storage, Microsoft Mixed Reality, Office 365 і Dynamics 365. Крім того, створювати цифрові двійники можуть платформи інших технологічних гігантів – Oracle Digital Twin, Siemens Digital Industries Software, IBM Watson IoT Platform [26], Cisco Connected Asset Manager.

Наведені приклади засвідчують, що технологія цифрових двійників уже пройшла еволюцію від технічної концепції (відтворення фізичного об'єкта) до стратегічного інструменту управління, який забезпечує інтегроване управління процесами, включно з аналітикою, прогнозуванням та прийняттям рішень. Більше того, поєднання технологічного та управлінського вимірів дозволяє розглядати технологію цифрових двійників як ключовий елемент цифрової трансформації у проєктному менеджменті.

У цьому контексті цифровий двійник є динамічною цифровою моделлю проєкту, що дає змогу сформулювати цілісне уявлення про всі його компоненти, робочі процеси та результати. Завдяки цьому керівники проєктів отримують можливість моделювати сценарії, прогнозувати потенційні ризики та контролювати прогрес у режимі реального часу. Згідно з даними Deloitte (2022), їхнє впрова-

дження може підвищити ефективність управління проектами до 30%, оскільки цифрові двійники надають практичну інформацію, що покращує прийняття рішень і розподіл ресурсів [2].

Таким чином, еволюція цифрових двійників від інженерного інструмента до інтегрованої управлінської технології закономірно привела до їх активного використання у сфері проектного менеджменту.

Зростаюча складність сучасних проектів і потреба у швидких, обґрунтованих рішеннях спонукали організації інтегрувати передові інструменти для покращення управління ресурсами, зниження ризиків та підвищення прозорості, серед яких важливе місце посідає технологія цифрових двійників. У проектному менеджменті вони виступають ефективним інструментом підтримки прийняття рішень на всіх етапах життєвого циклу проекту – від планування до реалізації та контролю результатів. Цифрові двійники дозволяють моделювати ризики, оптимізувати ресурси, відстежувати ключові показники ефективності, прогнозувати наслідки управлінських рішень і забезпечувати прозорість процесів у реальному часі.

Зокрема, при плануванні ресурсів проекту завдяки симуляції на ЦД можна передбачити їх перевитрати чи дефіцит. Завдяки моделювання сценаріїв типу «що, якщо» забезпечується аналіз ризиків проекту. Контроль його виконання відбувається через порівняння реального прогресу із віртуальною моделлю. Процес управління змінами, таким чином, реалізується з урахуванням оцінок впливу змін до їх впровадження. Більше того, цифровий двійник дозволяє тестувати варіанти без втручання в реальний процес виконання проекту, забезпечуючи тим самим управління його якістю.

При цьому суттєву роль у роботі з цифровими двійниками відіграє менеджер проекту, здійснюючи управління даними, координацію фахівців, інтерпретацію аналітики тощо.

**Н**аведеного достатньо для розуміння того, що використання цифрових двійників у проектному менеджменті – це не просто ІТ-інновація, а новий управлінський підхід, який формує цифрову екосистему проекту.

На сьогоднішній день можна виділити декілька ключових переваг використання даної технології у проектному менеджменті.

*По-перше*, це загальні переваги, пов'язані з покращеним плануванням і моделюванням проектів – підвищення ефективності діяльності, зниження витрат і скорочення часу експериментів, підвищення безпеки, покращення планування та прийняття рішень, прискорення інноваційного ци-

клу. Адже цифрові двійники стали для керівників проектів потужним інструментом моделювання сценаріїв проектів перед їх виконанням, забезпечуючи чітке розуміння потенційних ризиків і можливостей. У поєднанні з прогнозною аналітикою та аналізом історичних даних вони допомагають виявляти вузькі місця, тестувати альтернативні стратегії, оптимізувати робочі процеси, швидше розробляти, тестувати та впроваджувати нові продукти.

*По-друге*, управлінські переваги, обумовлені можливістю реалізації моніторингу та управління в режимі реального часу, включають в себе оптимізацію бізнес-процесів, цифрове прийняття рішень, підвищення якості продукції та послуг, їх персоналізацію. Інтегрований з платформами виконання проектів цифровий двійник може надавати миттєві оновлення щодо прогресу, ключових показників ефективності та темпів виробництва, що дозволяє негайно вносити корективи, щоб дотримуватися графіка. Відтепер управлінські рішення починають більше ґрунтуватися на фактичних даних, а не на інтуїції, що підвищує їх обґрунтованість. Своєю чергою, безперервний моніторинг параметрів забезпечує стабільність якості та своєчасну корекцію процесів для забезпечення підвищення якості продукції та послуг. А аналіз поведінкових і виробничих даних дозволяє адаптувати пропозиції під потреби конкретного клієнта.

*По-третє*, покращення процесу управління ризиками. Симулюючи різні сценарії, цифровий двійник може допомогти передбачити потенційні проблеми, зменшити ризики та узгодити їх зі стандартами управління ризиками. Такий підхід зменшує невизначеність і покращує реагування на непередбачені події, значно знижуючи витрати на управління ризиками.

*По-четверте*, це соціальні та когнітивні переваги. Впровадження цифрових двійників забезпечує підвищення якості колективної взаємодії, розвиток аналітичного мислення та прийняття обґрунтованих рішень на основі даних. Формується спільний інформаційний простір між учасниками проекту, покращується комунікація між ними, підтримується процес навчання через моделювання сценаріїв і стимулюється розвиток когнітивної гнучкості, що є ключовим для ефективного управління складними системами в умовах цифрової трансформації. Також технологія сприяє зменшенню впливу людського фактора (мінімізація помилок, пов'язаних з людською недбалістю чи суб'єктивністю), підвищенню довіри до технологій (цифрові двійники забезпечують прозорість процесів) та розвитку культури інновацій (стимулює креативність, експерименти та швидке впровадження нових ідей без ризику).

По-и'яте, забезпечення сталого розвитку та енергоефективності. Адже цифрові двійники можуть відігравати значну роль в оптимізації використання енергії та мінімізації відходів, навіть ще до початку виробництва. Моделюючи споживання енергії та вплив на навколишнє середовище (оптимізовані процеси знижують споживання ресурсів, зменшують кількість відходів і викидів), керівники проєктів можуть приймати обґрунтовані рішення відповідно до цілей сталого розвитку, реалізовувати стратегії екологічного контролю та відповідального виробництва.

Та, найголовніше, окреслені вище переваги в сукупності створюють потужні передумови для економічних переваг впровадження цифрових двійників у проєктному менеджменті, якими є: скорочення витрат на планування та тестування; підвищення точності прогнозування витрат і термінів; оптимізація використання ресурсів; зменшення ризиків та втрат; підвищення продуктивності та швидкості реалізації проєктів; покращення якості кінцевого продукту без додаткових витрат; зростання інвестиційної привабливості проєктів; ефект масштабу та повторного використання моделей; зниження витрат на технічне обслуговування та управління активами; зміцнення конкурентних переваг.

Зазначимо, що економічна цінність цифрових двійників у проєктному менеджменті полягає не лише у зменшенні витрат, а й у створенні довгострокового ефекту, який проявляється через підвищення інноваційної спроможності, стабільність фінансових результатів і гнучкість прийнятих управлінських рішень. Завдяки провадженню даної технології відбувається перехід від реактивного до прогнозно-аналітичного управління, що є основою для формування та подальшого розвитку сучасної цифрової економіки.

Попри свій високий потенціал, впровадження технології цифрових двійників утруднюється низкою технічних, організаційних, економічних і нормативно-правових викликів. Основні з них наведено в табл. 2. Причому для проєктного менеджменту вони здебільшого пов'язані із особливостями керування процесами, людьми, часом і ресурсами.

Окреслені в табл. 2 проблеми впровадження цифрових двійників зумовлюють потребу в комплексному підході, що передбачає поєднання технічної зрілості, нормативного регулювання, розвитку цифрових компетенцій і формування нової культури управління даними для ефективного масштабування цієї технології у проєктному менеджменті. Без інвестування в цифрові рішення, відповідної

методологічної бази для моделювання проєктів у цифровому середовищі, формування цифрової компетентності команди, стандартизації показників ефективності, розвитку етичних принципів використання технологій даний процес буде занадто повільним і не забезпечуватиме необхідного ефекту для розвитку цифрової економіки та цифрової трансформації.

Підкреслимо, що в сучасних умовах цифрової трансформації управління проєктами набуває нової якості не тільки за рахунок провадження технології ЦД, а й інтегрованих інформаційних систем (ІС). Завдяки ЦД створюється віртуальна модель проєкту, що відображає його реальний стан у режимі реального часу та дає змогу здійснювати моніторинг, аналіз і прогнозування результатів без фізичного втручання. Своєю чергою, інтеграція таких моделей із корпоративними ІС, інструментами бізнес-аналітики, системами управління ресурсами та комунікаційними платформами формує єдине цифрове середовище управління проєктом, яке забезпечує синхронізацію даних, швидке реагування на зміни, автоматизацію процесів контролю та прийняття управлінських рішень. Поєднання таких двох цифрових рішень створює нову парадигму проєктного менеджменту – інтелектуального, у якому прозорість, точність прогнозування, ефективність використання ресурсів і загальна стійкість проєктів у динамічному цифровому середовищі стають на порядок вищими та якіснішими.

## ВИСНОВКИ

Технологія цифрових двійників, що поєднує в собі віртуальне моделювання, аналітику великих даних, штучний інтелект і цифрове управління, поза сумнівом, стане однією із тих технологій, упровадження якої якісно змінюватиме управління проєктами, усуваючи розрив між фізичною та цифровою реальністю. В умовах швидкозмінного середовища саме ця технологія забезпечує можливість виконувати проєкти швидше, ефективніше та з більшою точністю. Її потенціал не обмежується суто технічною ефективністю, а й організаційно-економічною, створюючи передумови для інноваційного, сталого та клієнтоорієнтованого розвитку і зміцнюючи конкурентні переваги в цифровій економіці.

Подальші наукові дослідження мають бути спрямовані на стандартизацію моделей цифрових двійників, етичне використання даних і розвиток міждисциплінарних підходів до їх створення та застосування у проєктному менеджменті. ■

Загальні та специфічні проблеми впровадження цифрових двійників у проєктному менеджменті

| Загальні проблеми впровадження цифрових двійників                                                                                                                                                                                      | Проблеми впровадження цифрових двійників у проєктному менеджменті                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1.1. Висока вартість впровадження та утримання</b><br>Створення ЦД потребує значних початкових інвестицій у технічні засоби та ПЗ, що часто є бар'єром для старту для малого та середнього бізнесу                                  | <b>2.1. Складність моделювання неструктурованих процесів</b><br>Більшість процесів у проєктному менеджменті є соціальними, поведінковими чи організаційними, які важко формалізуються для точного цифрового відображення             |
| <b>1.2. Недостатня інтеграція даних</b><br>ЦД потребують об'єднання великих масивів даних із різних джерел. Проте відсутність єдиних форматів і стандартів обміну даними ускладнює повну інтеграцію систем                             | <b>2.2. Недостатня кількість достовірних історичних даних</b><br>Для навчання моделей ЦД потрібні масиви попередніх проєктних даних. Проте більшість організацій не зберігають їх системно                                           |
| <b>1.3. Проблеми з якістю та достовірністю даних</b><br>Ефективність ЦД залежить від точності, актуальності та повноти даних. Будь-які помилки чи затримки в їх зборі можуть призвести до хибних управлінських рішень                  | <b>2.3. Труднощі інтеграції з традиційними системами управління</b><br>Системи ЦД мають поєднуватися з ERP, CRM, PMIS, фінансовими та кадровими платформами. Відсутність уніфікованих протоколів інтеграції ускладнює цю взаємодію   |
| <b>1.4. Кадровий дефіцит</b><br>На ринку праці наразі не вистачає фахівців, які одночасно володіють знаннями в галузі ІТ, аналітики даних, моделювання процесів і управління проєктами                                                 | <b>2.4. Обмежена готовність команди до цифрової взаємодії</b><br>Управління проєктами за допомогою ЦД вимагає від учасників високого рівня цифрової грамотності та довіри до аналітичних алгоритмів під час ухвалення рішень         |
| <b>1.5. Кібербезпека та захист інформації</b><br>Збільшення кількості підключених пристроїв і потоків даних створює додаткові ризики витоку конфіденційної інформації, зламу систем управління чи маніпулювання даними ЦД              | <b>2.5. Невизначеність у правових аспектах</b><br>Не мають належного правового регулювання питання авторства, відповідальності за рішення, прийняті на основі цифрового моделювання, та захисту даних                                |
| <b>1.6. Відсутність єдиної методології та стандартів</b><br>Відсутність нормативної база щодо створення та сертифікації ЦД ускладнює процес масштабування технології, її міжгалузевого застосування та інтеграції в державні стандарти | <b>2.6. Труднощі оцінки економічної ефективності</b><br>Відсутні уніфіковані показники ROI, KPI та методики вимірювання вигод, за якими можна було б визначити реальний економічний ефект від впровадження ЦД у проєктний менеджмент |
| <b>1.7. Організаційна інерція та опір змін</b><br>Багато компаній ще не готові до повної цифрової трансформації, особливо якщо це стосується зміни бізнес-моделі, внутрішніх процесів чи підходів до управління даними                 | <b>2.7. Надмірна складність візуалізацій</b><br>Надлишок даних і візуальних моделей може призводити до перевантаження інформацією, що ускладнює прийняття рішень замість того, щоб його полегшувати                                  |

Джерело: складено авторами.

БІБЛІОГРАФІЯ

- Aheleroff S., Zhong R. Y., Xu X. A Digital Twin Reference for Mass Personalization in Industry 4.0. *Procedia CIRP*. 2020. Vol. 93. P. 228–233. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.04.023>
- Owusu G. Digital Twins in Project Management: Revolutionizing the Future of Execution. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/digital-twins-project-management-revolutionizing-godfred-oubic/>
- Grieves M., Vickers J. Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex System. *Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems*. 2017. P. 85–113. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-38756-7\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-38756-7_4)
- Hao Q., Hongwei W., Yu Z., Libin L. Constructing Digital Twin for Smart Manufacturing. In *Proceedings of the 2021 IEEE 24<sup>th</sup> International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD)*, Dalian, China, 5–7 May 2021. P. 638–642. DOI: <https://doi.org/10.1109/CSCWD49262.2021.9437791>
- International Standard ISO 23247:2021 «Automation systems and integration – Digital twin framework

- for manufacturing». URL: <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/75066/ec0a1c59176e48887873acda-6b7ecd9/ISO-23247-1-2021.pdf>
6. Kritzinger W., Karner M., Traar G. et al. Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification. *IFAC-PapersOnLine*. 2018. Vol. 51. Iss. 11. P. 1016–1022.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.474>
  7. Lu Y., Xu X. Resource virtualization: A core technology for developing cyber-physical production systems. *Journal of Manufacturing Systems*. 2018. Vol. 47. P. 128–140.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.05.003>
  8. Preuveneers D., Joosen W., Ilie-Zudor E. Robust Digital Twin Compositions for Industry 4.0 Smart Manufacturing Systems. In *Proceedings of the IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Workshop (EDOCW)*. Stockholm, Sweden, 16–19 October 2018. P. 69–78.  
DOI: <https://doi.org/10.1109/EDOCW.2018.00021>
  9. Semeraro C., Lezoche M., Panetto H., Dassisti M. Digital twin paradigm: A systematic literature review. *Computers in Industry*. 2021. Vol. 130. Art. 103469.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103469>
  10. Twinize: технологія Digital Twin у банківській справі. URL: <https://www.galaksiya.com/uk/articles/twinize-digital-twin-technology-in-banking>
  11. Wallner B., Zwölfer B., Trautner T., Bleicher F. Digital Twin Development and Operation of a Flexible Manufacturing Cell using ISO 23247. *Procedia CIRP*. 2023. Vol. 120. P. 1149–1154.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.09.140>
  12. Sayed M. What is a digital twin? *Project Management Central*. 20.07.2025. URL: [https://www.projectmanagement.com/discussion-topic/223699/what-is-a-digital-twin-#\\_](https://www.projectmanagement.com/discussion-topic/223699/what-is-a-digital-twin-#_)
  13. Xia L., Lu J., Zhang H. Research on Construction Method of Digital Twin Workshop Based on Digital Twin Engine. In *Proceedings of the 2020 IEEE International Conference on Advances in Electrical Engineering and Computer Applications AEECA*. Dalian, China, 22–25 August 2020. P. 417–421.  
DOI: <https://doi.org/10.1109/AEECA49918.2020.9213649>
  14. Yin Y., Zheng P., Li C., Wang L. A state-of-the-art survey on Augmented Reality-assisted Digital Twin for futuristic human-centric industry transformation. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. 2023. Vol. 81. Art. 102515.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2022.102515>
  15. Базові аспекти цифровізації та їх правове забезпечення : монографія / за ред. К. В. Єфремової. Харків : НДІ прав. забезп. інновац. розвитку НАПрН України, 2021. 180 с.
  16. Міщук Є., Міщук Д., Нілов С., Бобер Б. Аналіз технології створення цифрових копій реальних об'єктів і процесів. *Conference proceedings. International Scientific-Practical Conference of Young Scientists "Build Master Class"*. Kyiv : KNUCA, 2020. P. 252–253.
  17. Федак М. Огляд програми «Change2twin». *Індустрія 4.0 в Україні*. 29.07.2022. URL: <https://industry4-0-ukraine.com.ua/2022/07/29/change2twin-2nd-open-callchange2twin-2nd-open-call-dih-kpi/>
  18. Перший в Україні цифровий двійник міста з'явиться у Одесі. URL: <https://www.vodafone.ua/news/digital-double-in-odessa>
  19. Цифровий близнюк району Одеси. URL: <https://pixelatedrealities.org/uk/portfolio/czifrovij-bliznyuk-rajonu-odesi/>
  20. Цифрові близнюки: революційна технологія для моделювання та оптимізації. URL: <https://bizmag.com.ua/cyfrovi-blyznyuky/>
  21. Деркач М. Цифрові двійники: що це за технологія і як вона допоможе відновити Україну – аналітика. URL: <https://psm7.com/uk/technology/cifrovye-dvojniki-chto-eto-za-tehnologiya-i-kak-ona-pomozhet-vosstanovit-ukrainu-analitika.html>
  22. Цифрові двійники: ключ до «розумної» розробки продуктів. *Medium*. 10.09.2023. URL: <https://strategic-ua.medium.com/цифрові-двійники-ключ-до-розумної-розробки-продуктів-c4561bec40a8>
  23. Шевчук І. Б. Інформаційні технології в регіональній економіці: теорія і практика впровадження та використання : монографія. Львів : Видавництво ННБК «АТБ», 2018. 448 с.
  24. Щеглов В. Р., Морозова О. І. Методи та технології розроблення цифрових двійників для гарантоздатних систем індустріального інтернету речей. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2022. № 4. С. 127–137.  
DOI: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2022.4.127>
  25. Що таке технологія Digital Twins та як використовувати бізнесу. *Wezom*. 14.12.2021. URL: <https://wezom.com.ua/ua/blog/digital-twins-kak-ispolzovat-tehnologiju-dvojniov-v-biznese>
  26. Баловсяк Н. Що таке технологія цифрових двійників і як вона працює. *Speka*. 23.05.2024. URL: <https://speka.ua/business/shho-take-tehnologiya-cifrovix-dviinikov-i-yak-vona-pracyuje-rbmoro>
  27. Сухорукова Г. Що таке цифровий двійник в бізнесі та як його створити. *Kyivstar Business Hub*. 13.02.2025. URL: <https://hub.kyivstar.ua/articles/shho-take-czifrovij-dvijnik-v-biznesi-ta-yak-jogo-stvoriti>
  28. Шкуряк Л. Що таке цифрові двійники та як ця технологія змінює світ. *AiN*. 20.05.2025. URL: <https://ain.ua/2025/05/20/shho-take-cifrovi-dviiniki-i-iak-cia-tehnologiiia-zminiuye-svit/>
  29. Гмиря А. Як випробовувати речі без жодної фізичної моделі. Що таке технологія цифрових двійників і як вона працює. *PQ*. 26.05.2024. URL: <https://thepage.ua/ua/it/sho-take-tehnologiya-cifrovih-dvijnikov-i-yak-vona-pracyuye>

## REFERENCES

- Aheleroff, S., Zhong, R. Y., & Xu, X. (2020). A Digital Twin Reference for Mass Personalization in Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 93, 228–233. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.04.023>
- Balovsiak, N. (2024, May 23). *Shcho take tekhnolohiia tsyfrovyykh dviinykiv i yak vona pratsiuie* [What is digital twin technology and how does it work]. Speka. <https://speka.ua/business/shho-take-texnologiya-cifrovix-dviinikiv-i-yak-vona-pracyuje-p6moro>
- Derkach, M. (n. d.). *Tsyfrovi dviinyky: shcho tse za tekhnolohiia i yak vona dopomozhe vidnovyty Ukrainu – analityka* [Digital twins: what is this technology and how will it help restore Ukraine – analytics]. <https://psm7.com/uk/technology/cifrovye-dvojniki-ctoeto-za-texnologiya-i-kak-ona-pomozhet-vosstanovit-ukrainu-analitika.html>
- Fedak, M. (2022, July 29). *Ohliad prohramy «Change2twin»* [Review of the «Change2twin» program]. Industriia 4.0 v Ukraini [Industry 4.0 in Ukraine]. <https://industry4-0-ukraine.com.ua/2022/07/29/change2twin-2nd-open-callchange2twin-2nd-open-call-dih-kpi/>
- Grieves, M., & Vickers, J. (2017). Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex System. *Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems*, 85–113. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-38756-7\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-38756-7_4)
- Hao, Q., Hongwei, W., Yu, Z., & Libin, L. (2021). Constructing Digital Twin for Smart Manufacturing. *Proceedings of the 2021 IEEE 24th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD)*, 638–642. <https://doi.org/10.1109/CSCWD49262.2021.9437791>
- Hmyria, A. (2024, May 26). *Yak vyprovovuvaty rechi bez zhodnoi fizychnoi modeli. Shcho take tekhnolohiia tsyfrovyykh dviinykiv i yak vona pratsiuie* [How to test things without any physical model. What is digital twin technology and how does it work]. PQ. <https://thepage.ua/ua/it/sho-take-tehnologiya-cifrovih-dviinikiv-i-yak-vona-pracyuye>
- International Standard ISO 23247:2021 «Automation systems and integration – Digital twin framework for manufacturing». <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/75066/ec0a1c59176e488887873acda6b7ecd9/ISO-23247-1-2021.pdf>
- Kritzinger, W., Karner, M., Traar, G., et al. (2018). Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 1016–1022. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.474>
- Lu, Y., & Xu, X. (2018). Resource virtualization: A core technology for developing cyber-physical production systems. *Journal of Manufacturing Systems*, 47, 128–140. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.05.003>
- Mishchuk, Ye., Mishchuk, D., Nilov, S., & Bober, B. (2020). Analiz tekhnolohii stvorennia tsyfrovyykh kopii realnykh ob'ektiv i protsesiv [Analysis of the technology of creating digital copies of real objects and processes]. *Conference proceedings. International Scientific-Practical Conference of Young Scientists "Build Master Class"*, 252–253. KNUCA [Kyiv National University of Construction and Architecture]. Kyiv.
- Owusu, G. (n. d.). *Digital Twins in Project Management: Revolutionizing the Future of Execution*. <https://www.linkedin.com/pulse/digital-twins-project-management-revolutionizing-godfred-oubic/>
- Pershyi v Ukraini tsyfrovyy dviinyk mista z'avytsia u Odessy [The first digital twin of the city in Ukraine will appear in Odesa]. <https://www.vodafone.ua/news/digital-double-in-odessa>
- Preuveneers, D., Joosen, W., & Ilie-Zudor, E. (2018). Robust Digital Twin Compositions for Industry 4.0 Smart Manufacturing Systems. *Proceedings of the IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Workshop (EDOCW)*, 69–78. <https://doi.org/10.1109/EDOCW.2018.00021>
- Sayed, M. (2025, July 20). *What is a digital twin? Project Management Central*. [https://www.projectmanagement.com/discussion-topic/223699/what-is-a-digital-twin-#\\_](https://www.projectmanagement.com/discussion-topic/223699/what-is-a-digital-twin-#_)
- Semeraro, S., Lezoche, M., Panetto, N., & Dassisti, M. (2021). Digital twin paradigm: A systematic literature review. *Computers in Industry*, 130, 103469. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103469>
- Shcheglov, V. R., & Morozova, O. I. (2022). Metody ta tekhnolohii rozroblennia tsyfrovyykh dviinykiv dlia harantozdatnykh system industrialnoho internetu rechei [Methods and technologies for developing digital twins for guaranteed systems of the industrial Internet of Things]. *Systemy upravlinnia, navihatsii ta zviazku*, 4, 127–137. <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2022.4.127>
- Shcho take tekhnolohiia Digital Twins ta yak vykorystovuvaty biznesu* [What is Digital Twins technology and how to use it for business]. (2021, December 14). Wezom. <https://wezom.com.ua/ua/blog/digital-twins-kak-ispolzovat-tehnologiju-dvojniov-v-biznese>
- Shevchuk, I. B. (2018). *Informatsiini tekhnolohii v rehionalnii ekonomitsi: teoriia i praktyka vprovadzhennia ta vykorystannia* [Information technologies in the regional economy: theory and practice of implementation and use]. Vydavnytstvo NNVK «ATB» [Publishing House of NNVK "ATB"]. Lviv.
- Shkuriak, L. (2025, May 20). *Shcho take tsyfrovi dviinyky ta yak tsia tekhnolohiia zminiue svit* [What are digital twins and how is this technology changing the world]. AIN. <https://ain.ua/2025/05/20/shho-take-cifrovi-dviiniki-i-iaak-cia-texnologiiia-zminiuje-svit/>
- Sukhorukova, H. (2025, February 13). *Shcho take tsyfrovyy dviinyk v biznesi ta yak yoho stvoryty* [What is a digital twin in business and how to create it]. Kyivstar Business Hub. <https://hub.kyivstar.ua/articles/shho-take-cifrovij-dviinik-v-biznesi-ta-yak-jogo-stvoriti>

Tsyfrovi blyzniuky: revoliutsiina tekhnolohiia dlia mode-  
liuvannia ta optymizatsii [Digital twins: a revolution-  
ary technology for modeling and optimization].  
<https://bizmag.com.ua/cyfrovi-blyznyuky/>

Tsyfrovi dviinyky: kliuch do «rozumnoi» rozrobky produk-  
tiv [Digital twins: the key to "smart" product devel-  
opment]. (2023, September 10). Medium. [https://  
strategic-ua.medium.com/tsyfrovi-dviinyky-kliuch-  
do-rozumnoi-rozrobky-produktiv-c4561bec40a8](https://strategic-ua.medium.com/tsyfrovi-dviinyky-kliuch-do-rozumnoi-rozrobky-produktiv-c4561bec40a8)

Tsyfrovyi blyzniuk raionu Odesy [Digital twin of the Ode-  
sa district]. [https://pixelatedrealities.org/uk/portfo-  
lio/czifrovij-bliznyuk-rajonu-odesi/](https://pixelatedrealities.org/uk/portfolio/czifrovij-bliznyuk-rajonu-odesi/)

Twinize: tekhnolohiia Digital Twin u bankivskii spravi  
[Twinize: Digital Twin technology in banking].  
[https://www.galaksiya.com/uk/articles/twinize-  
digital-twin-technology-in-banking](https://www.galaksiya.com/uk/articles/twinize-digital-twin-technology-in-banking)

Wallner, B., Zwölfer, B., Trautner, T., & Bleicher, F. (2023).  
Digital Twin Development and Operation of a Flexi-  
ble Manufacturing Cell using ISO 23247. *Procedia  
CIRP*, 120, 1149–1154.  
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.09.140>

Xia, L., Lu, J., & Zhang, H. (2020). Research on Construc-  
tion Method of Digital Twin Workshop Based on  
Digital Twin Engine. *Proceedings of the 2020 IEEE In-  
ternational Conference on Advances in Electrical Engi-  
neering and Computer Applications AEECA*, 417–421.  
[https://doi.org/10.1109/AEECA49918.2020.  
9213649](https://doi.org/10.1109/AEECA49918.2020.9213649)

Yefremova, K. V. (Ed.). (2021). *Bazovi aspekty tsyfrovizat-  
sii ta yikh pravove zabezpechennia* [Basic aspects of  
digitalization and their legal support]. NDI prav. za-  
bezp. innovats. rozvytku NAPrN Ukrainy [Research  
Institute of Legal Support for Innovative Develop-  
ment of the National Academy of Legal Sciences of  
Ukraine]. Kharkiv.

Yin, Y., Zheng, P., Li, C., & Wang, L. (2023). A state-of-the-  
art survey on Augmented Reality-assisted Digital  
Twin for futuristic human-centric industry transfor-  
mation. *Robotics and Computer-Integrated Manufac-  
turing*, 81, 102515.  
<https://doi.org/10.1016/j.rcim.2022.102515>

УДК 338.2:659.4  
JEL: L86; M10; M31  
DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2025-10-203-212>

## СПЕЦИФІКА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІМІДЖУ ІТ-КОМПАНІЙ В УКРАЇНІ

©2025 БІЛОЗУБЕНКО В. С.

УДК 338.2:659.4  
JEL: L86; M10; M31

### Білозубенко В. С. Специфіка забезпечення іміджу ІТ-компаній в Україні

Стаття присвячена проблематиці іміджу ІТ-компаній та різним його складовим. Важливість цього напрямку досліджень зумовлена розвитком електронного бізнесу та комерції, масштабними цифровими трансформаціями, основним провайдером яких є ІТ-бізнес. В Україні ІТ сектор є однією з базових галузей економіки. ІТ-компанії відіграють ключову роль як лідери соціально-економічної модернізації відповідно до світових тенденцій. Метою роботи є визначення основних напрямів та специфіки забезпечення іміджу ІТ-компаній в Україні. Охарактеризовано контекст забезпечення іміджу ІТ-компаній, пов'язаний зі становленням цифрової економіки. Розвиток і поширення цифрових технологій привели до зростання ІТ сектора, зародження інтернет-економіки, електронного бізнесу та комерції. Визначено загальні аспекти й напрями цифровізації та цифрових трансформацій у різних сферах, що привело до розширення ролі ІТ-компаній в економіці. Це стосується обслуговування різних видів економічної діяльності, створення технологічної бази та цифрової інфраструктури. Враховано особливості зародження ІТ сектора в Україні, який стимулює зростання, інновації, підвищення відкритості економіки. Особливу роль ІТ бізнес відіграє у стимулюванні соціально-економічної модернізації. З огляду на це обґрунтовано важливість і контури розгляду проблематики іміджу ІТ-компаній, його значення для маркетингу, конкурентоспроможності тощо. Враховано підвищення вимог держави та суспільства до іміджу ІТ-компаній, що розширює його основи. Визначено специфіку забезпечення складових іміджу ІТ-компаній, зокрема міжнародних, за такими складовими: корпоративна стратегія; організаційний дизайн; корпоративна культура; стратегічна комунікація; ділова культура; інноваційність; соціальна відповідальність; імідж продукту. Враховано особливості формування іміджу ІТ-компаній під час війни, яка змінила пріоритети та вимоги до бізнесу, особливо щодо підтримки сталості цифрової модернізації. Наголошено на важливості міжнародних аспектів забезпечення іміджу.

**Ключові слова:** цифрова економіка, ІТ-сектор, ІТ-компанія, імідж, репутація, управління іміджем, напрями забезпечення іміджу, міжнародний ІТ-бізнес.

**Бібл.:** 16.

**Білозубенко Володимир Станіславович** – доктор економічних наук, професор, професор кафедри міжнародних економічних відносин, Університет митної справи та фінансів (вул. Володимира Вернадського, 2/4, Дніпро, 49000, Україна)

**E-mail:** bvs910@gmail.com

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-1269-7207>

**Researcher ID:** <https://www.webofscience.com/wos/author/record/V-9965-2018>

**Scopus Author ID:** <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorid=57211386386>