



Цифрова економіка

УДК 004.94:658.8:005.93

DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.17425990>

**Підвищення лояльності B2B клієнтів через цифрову співрозробку
рішень у середовищі цифрового близнюка промислового підприємства**

Мальчик Мар'яна Василівна,

доктор економічних наук, професор, професор кафедри маркетингу,

Національний університет водного господарства та

природокористування, м. Рівне, Україна,

<https://orcid.org/0000-0002-0917-191X>

Оплачко Ірина Олександрівна,

кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри маркетингу,

Національний університет водного господарства та

природокористування, м. Рівне, Україна,

<https://orcid.org/0000-0003-0591-121X>

Василів Володимир Віталійович,

здобувач вищої освіти третього рівня, Національний університет

водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна,

<https://orcid.org/0009-0004-1161-2827>

Прийнято: 04.10.2025 | Опубліковано: 23.10.2025

Анотація. У сучасній цифровій економіці промислові підприємства стикаються з необхідністю не лише оптимізувати внутрішні процеси, а й підвищувати лояльність B2B клієнтів. Цифрові близнюки в поєднанні з



концепцією цифрової співрозробки рішень створюють нові можливості для інтерактивної взаємодії, прогнозування та тестування продуктів у віртуальному середовищі. Це дає змогу компаніям формувати довгострокові стратегічні партнерства та створювати додаткову цінність для клієнтів. **Метою статті** є вивчення впливу використання цифрових близнюків у процесі цифрової співрозробки на лояльність B2B клієнтів промислових підприємств. **Методи.** У дослідженні використано методи критичного аналізу наукових джерел, синтезу, табличного представлення, а також метод наукового абстрагування для систематизації практик впровадження цифрових близнюків. **Результати.** Встановлено, що основною метою цифрового близнюка є здійснення аналізу даних і моніторингу систем для підвищення ефективності прийняття рішень – як безпосередньо користувачем, так і від імені фізичного близнюка. Відмічено, що цифровий близнюк у поєднанні з цифровою співрозробкою дозволяє залучати клієнтів до процесу проєктування та тестування продуктів, підвищуючи емоційну і функціональну прив'язаність. Використання цифрових близнюків сприяє зниженню ризиків, оптимізації витрат та безпечному тестуванню рішень у віртуальному середовищі, що формує довіру й підсилює довгострокове партнерство між промисловим підприємством та його B2B клієнтами. Показано, що ефективне впровадження технології залежить від поетапного інвестування, стандартизації даних, ефективності заходів кібербезпеки та розвитку компетенцій персоналу. **Висновки.** Комплексне використання цифрових близнюків у середовищі цифрової співрозробки забезпечує підвищення конкурентоспроможності підприємств, створює нову якість взаємодії з клієнтами та формує стійкі B2B-відносини, перетворюючи разові угоди у довгострокові програми стратегічного партнерства.

Ключові слова: цифрова трансформація, спільна розробка, віртуальне моделювання, взаємодія з клієнтами, інноваційні технології, цифрове середовище, оптимізація виробництва.



**Increasing B2B customer loyalty through digital co-development of solutions
in the digital twin environment of an industrial enterprise**

Mariana Malchyk,

Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of the Department of
Marketing, National University of Water and Environmental Engineering, Rivne,
Ukraine, <https://orcid.org/0000-0002-0917-191X>

Iryna Oplachko,

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Marketing, National University of
Water Management and Environmental Management, Rivne, Ukraine,
<https://orcid.org/0000-0003-0591-121X>

Volodymyr Vasylyv,

Third-Level Higher Education Student, National University of
Water Management and Environmental Management, Rivne, Ukraine,
<https://orcid.org/0009-0004-1161-2827>

Abstract. In the modern digital economy, industrial enterprises face the need not only to optimize internal processes but also to increase the loyalty of B2B customers. Digital twins, combined with the concept of digital co-development of solutions, create new opportunities for interactive interaction, forecasting and testing of products in a virtual environment. It enables companies to establish long-term strategic partnerships and generate additional value for their customers. The **purpose of this article** is to investigate the impact of utilizing digital twins in the digital co-development process on the loyalty of B2B customers of industrial enterprises. **Methods.** The study employed methods of critical analysis of scientific sources, synthesis, tabular presentation, and the method of scientific abstraction to



systematize the practices of implementing digital twins. **Results.** It was established that the primary purpose of the digital twin is to perform data analysis and system monitoring, thereby improving the efficiency of decision-making, both directly by the user and on behalf of the physical twin. It was noted that the digital twin, combined with digital co-development, enables customers to be involved in the product design and testing process, thereby increasing both emotional and functional attachment. The use of digital twins contributes to reducing risks, optimizing costs and safely testing solutions in a virtual environment, which builds trust and strengthens long-term partnerships between an industrial enterprise and its B2B customers. It has been found that the effective implementation of technology depends on phased investment, data standardization, the effectiveness of cybersecurity measures, and the development of personnel competencies. **Conclusions.** The comprehensive use of digital twins in a digital co-development environment ensures increased competitiveness of enterprises, creates a new quality of interaction with customers and forms sustainable B2B relationships, transforming one-time transactions into strategic partnerships.

Keywords: digital transformation, collaborative development, virtual modeling, customer engagement, innovative technologies, digital environment, production optimization.

Постановка проблеми. У сучасних умовах глобальної конкуренції промислові підприємства змушені шукати нові інструменти для зміцнення партнерських відносин та утримання B2B клієнтів. Класичні підходи до взаємодії з бізнес-партнерами, зосереджені переважно на ціні, якості чи швидкості поставок, поступово втрачають свою унікальність. Сучасний клієнт прагне не лише отримувати продукт чи послугу, але й брати активну участь у створенні рішень, які максимально відповідають його потребам. У цьому контексті актуалізується використання цифрових технологій, здатних забезпечити новий рівень співпраці та взаємної довіри.



Одним із ключових інструментів цифрової трансформації стає цифровий близнюк промислового підприємства – віртуальна модель фізичного об’єкта або процесу, що дає змогу проводити експерименти, тестування та оптимізацію у цифровому середовищі. Завдяки цифровим близнюкам бізнес-партнери отримують можливість спільно з виробником моделювати сценарії використання продукції, оцінювати ефективність рішень ще до їх реалізації та брати участь у їх удосконаленні. Такий формат цифрової співрозробки не лише підвищує якість кінцевого продукту, але й формує відчуття залученості клієнтів у процес створення цінності, що є важливим фактором підвищення їхньої лояльності. Отже, дослідження ролі цифрових близнюків у B2B-комунікаціях відкриває нові перспективи для побудови довгострокових партнерств, зростання довіри та формування стійких конкурентних переваг промислових підприємств.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні дослідження підтверджують, що використання цифрового близнюка у промислових підприємствах допомагає підвищити ефективність виробничих процесів, оптимізувати витрати, прогнозувати відмови обладнання та залучати B2B клієнтів до спільного створення цінності. Актуальність цієї теми стає все вагомішою у зв’язку з інтенсифікацією цифрової трансформації промислових підприємств та зростанням вимог ринку до персоналізованих та високоефективних рішень. Так, K. Iranshahi, J. Brun, T. Arnold, T. Sergi, U. Müller [1] підкреслюють, що цифрові близнюки є ключовим інструментом для підвищення ефективності інженерних процесів, оптимізації виробництва та прогнозування відмов обладнання, що особливо актуально для складних технічних систем.

Група науковців на чолі з X. Liu [2] дають систематичний огляд цифрових близнюків, висвітлюючи фізичні об’єкти, віртуальні моделі, дані та практичні застосування, що дозволяє визначити їхній потенціал для інтеграції в різні промислові процеси. F. Tao, B. Xiao, Q. Qi, J. Cheng, P. Ji [3]



зосереджуються на моделюванні цифрових близнюків у виробничих системах, акцентуючи увагу на методах створення моделей та їхньому використанні для оптимізації процесів і предиктивного обслуговування. Y. Jiang, S. Yin, K. Li, H. Luo [4] зазначають, що цей концепт створює міст між віртуальним кіберпростором і фізичними сутностями, тому цифрові близнюки вважаються ключовим елементом Індустрії 4.0 й основою майбутніх інновацій. У статті акцент робиться на сучасному стані розвитку цифрових близнюків у промисловості, зокрема в контексті розумного виробництва та оптимізації роботи підприємств у цілому.

G. Ozturk [5] досліджує застосування цифрових близнюків у будівельній галузі, вказуючи на можливості управління об'єктами і проблеми інтеграції даних. І. Невлюдов, С. Новоселов та О. Сичова [6] аналізують методи децентралізованого управління технологічними процесами на інтелектуальному виробництві та роль цифрових моделей у підвищенні ефективності промислових процесів. J. Uluiburotu [7] розглядає застосування цифрових близнюків у повсякденному житті й промисловості, підкреслюючи їхню універсальність для моніторингу, прогнозування та оптимізації. Z. Yin, L. Wang [8] досліджують використання цифрових близнюків в аерокосмічній галузі, показуючи їхній потенціал для підвищення надійності та скорочення витрат на обслуговування складних систем.

Д. Донковцев [9] досліджує інвестиційний потенціал впровадження технології цифрових близнюків у промисловому секторі України в умовах глобальної цифрової трансформації. У своїй роботі автор пропонує багаторівневу стратегію впровадження, що включає коротко-, середньо- та довгострокові заходи, зокрема інтеграцію з Інтернетом речей, штучним інтелектом і блокчейном. Група науковців у складі D. Oropku, S. Perera, R. Osei-Kyei, M. Rashidi, K. Bamdad, T. Famakinwa [10] аналізують бар'єри впровадження цифрових близнюків у будівельній індустрії, виокремлюючи проблеми високої вартості, фрагментації даних та нестачі компетенцій.



Визначення невирішених раніше складових загальної проблеми.

Попри значну кількість досліджень у галузі цифрових технологій та інноваційного управління, питання формування стійких B2B-відносин у контексті цифрової трансформації промислових підприємств досі залишаються недостатньо вивченими. Зокрема, мало уваги приділяється ролі цифрової співрозробки в середовищі цифрового близнюка як інструменту зміцнення довіри та підвищення лояльності бізнес-клієнтів.

Більшість наукових робіт зосереджено переважно на технічних аспектах впровадження цифрових близнюків, а саме: на оптимізації виробничих процесів, зниженні витрат, впровадженні предиктивного обслуговування та управлінні життєвим циклом продукції. Натомість залишаються нерозкритими важливі аспекти взаємодії між замовником і постачальником рішень, зокрема спільна розробка, адаптація продукту під індивідуальні потреби клієнта та постійне вдосконалення в режимі реального часу. У цій роботі зосереджено увагу на тому, як цифрова співрозробка рішень у середовищі цифрового близнюка може виступати драйвером формування довгострокової лояльності B2B клієнтів, що є критично важливим у висококонкурентному промисловому середовищі.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Основною метою статті є дослідження впливу використання цифрового близнюка у процесі цифрової співрозробки рішень на формування та зміцнення лояльності B2B клієнтів промислового підприємства. В межах цього дослідження поставлено такі завдання:

1. Розкрити сутність концепції цифрового близнюка у промисловості.
2. Проаналізувати можливості використання цифрового близнюка як інструменту інтерактивної співрозробки рішень у B2B-середовищі.
3. Дослідити практичні приклади впровадження цифрових двійників у промислових підприємствах.



4. Сформувані пропозиції щодо підвищення ефективності застосування цифрових близнюків у промислових підприємствах для забезпечення довгострокового партнерства з B2B клієнтами.

Виклад основного матеріалу дослідження. В умовах переходу до цифрової економіки технологічний прогрес досягається завдяки глибокій інтеграції та взаємодії між фізичним і цифровим просторами [11]. У цій новій реальності традиційні відносини B2B (business-to-business) трансформуються з простої купівлі-продажу у стратегічні партнерства, де ключову роль відіграють лояльність та спільне створення цінності. Для промислових підприємств, які прагнуть зміцнити ці зв'язки й підвищити їхню ефективність, інструментом нового покоління стає цифровий близнюк у поєднанні з концепцією цифрової співрозробки, що дає змогу партнерам спільно моделювати, оптимізувати процеси та генерувати інноваційну цінність у спільному цифровому середовищі.

Концепція цифрового близнюка (Digital Twin) вперше була представлена М. Грівзом і Дж. Вікерсом у 2003 році, котрі визначили її як «цифрове представлення фізичного продукту» [12, р. 85]. Вона стала однією з найбільш перспективних платформ сучасних цифрових технологій. Подальший розвиток інновацій у цифровій сфері дав змогу застосувати нові підходи до обслуговування обладнання та виробничих процесів у різних галузях і забезпечив можливість віртуального відображення стану фізичного активу у вигляді даних, що можуть інтегруватися двонаправлено в будь-який момент часу [5].

Сьогодні цифрові близнюки – одна із ключових трансформаційних технологій, що відкривають широкі можливості для моніторингу, оптимізації та прогнозування поведінки реальних систем у багатьох сферах [13, р. 78]. Попри наявність різних трактувань цього поняття, комплексне визначення має враховувати три базові аспекти: індивідуалізоване відображення продукту, динамічне оновлення моделі в режимі реального часу протягом усього



життєвого циклу, а також надання широкого спектра сервісів включно з підтримкою процесу прийняття рішень. Отже, цифровий близнюк може бути визначений як цифрове представлення фізичного активу, що відтворює його структуру, контекст і поведінку. Він постійно оновлюється даними від свого фізичного аналога на всіх етапах життєвого циклу та забезпечує різноманітні послуги, зокрема для підтримки прийняття рішень і створення цінності [2; 3, р. 375].

Основна мета цифрового близнюка полягає у здійсненні аналізу даних і моніторингу систем для підвищення ефективності прийняття рішень – як безпосередньо користувачем, так і від імені фізичного близнюка [14].

Переваги цієї технології масштабні: скорочення витрат і часу на реалізацію життєвого циклу продукту (від проєктування до експлуатації), підвищення ефективності досліджень і розробок, можливість моніторингу об'єкта в режимі реального часу без втручання в його роботу, прогнозування та превентивне обслуговування, зменшення ймовірності аварій і травм, створення умов для навчання в максимально наближених до реальності ситуаціях тощо. Цифрові близнюки відкривають перспективу «зазирнути в майбутнє», адже дозволяють побачити результат на віртуальній моделі ще до того, як фізичний об'єкт пройде відповідний процес [13].

Зауважимо, що світовий ринок цифрових близнюків демонструє динамічне зростання: у 2024 році його обсяг оцінювався у 19,80 млрд дол. США, а до 2034 року прогнозується збільшення майже у 24 рази – до 471,11 млрд дол. США. При цьому середньорічний темп зростання (CAGR) у період 2025–2034 рр. становитиме 37,29 % [15].

Такий стрімкий розвиток цифрових технологій зумовлює необхідність адаптації до глобальних трендів і для національних економік, зокрема й України, що послідовно інтегрується у глобальні процеси цифрової трансформації. Успішна реалізація цих ініціатив безпосередньо впливає на економічну структуру країни та відкриває нові можливості для зростання



продуктивності, інвестицій та доходів державного бюджету. Саме тому доцільно розглянути ключові економічні ефекти цифровізації для України (табл. 1).

Таблиця 1

Основні економічні ефекти цифровізації для України у 2021–2030 роках

Показник	2021	2025	2030	Усього у 2021–2030
Інвестиції у цифрову інфраструктуру, млрд. дол. США	0,7	3,0	6,0	16,0
Інвестиції у цифровізацію бізнесу та промисловості, млрд. дол. США	1,5	5,0	14,0	70,0
Зростання продуктивності праці через цифровізацію, %	+1,1	+13,0	+13,0	+27,1
Додатковий ВВП від цифровізації (ефект інвестицій і продуктивності), млрд. дол. США	17,0	93,0	280,0	1 260,0
Приріст ВВП, %	+11	+44	+95	+150
Додаткові бюджетні надходження, млрд. дол. США	3,2	17,0	50,0	240,0
Створені робочі місця (без ІТ-експорту), осіб	150 000	300 000	700 000	1 150 000

Джерело: [16]

Можна зробити висновок, що цифровізація є потужним економічним рушієм для України на період 2021–2030 років, загальний додатковий ефект від якого у вигляді ВВП може досягти колосальних 1260,0 млрд дол. США. Цей значний приріст, що прогнозується на рівні 95% ВВП до 2030 року, забезпечується запланованими інвестиціями в цифрову інфраструктуру та бізнес загальним обсягом понад 86 млрд дол. США. Окрім економічного зростання, цифровізація також матиме вагомий соціальний ефект, сприяючи зростанню продуктивності праці та створенню 700 тисяч нових робочих місць та забезпечуючи 240 млрд дол. США додаткових бюджетних надходжень. Ці прогнози узгоджується з позитивною динамікою, що вже спостерігається у цифровому секторі.



Зазначимо також що в останні роки спостерігається стабільне зростання частки цифрового сектору в структурі економіки України. Зокрема, якщо у 2017 році цифрова економіка формувала лише 3,25% ВВП країни, то у 2024 році цей показник підвищився до 4,89% (рис.1).

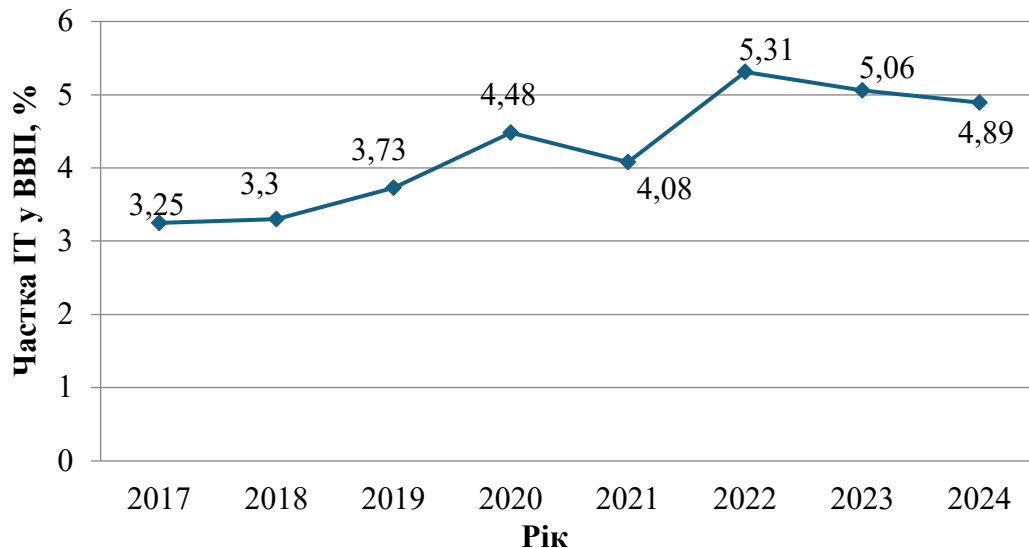


Рис. 1. Питома вага сфери розвитку інформаційних технологій у складі ВВП України.

Джерело: [17, с. 394]

Стійке зростання цифрової складової національної економіки обумовлене низкою ключових чинників, що визначають трансформаційні процеси у внутрішньому бізнес-середовищі. Передусім значний вплив має розвиток сучасних інформаційно-комунікаційних технологій, який сприяє впровадженню інновацій у сфери управління, фінансів, виробництва та послуг. Наведені тенденції та державна підтримка цифрової трансформації створюють міцне підґрунтя для зростання інтересу до технологій цифрового близнюка у ключових секторах – промисловості, будівництві та транспорті. Запровадження таких рішень дасть можливість українським підприємствам не лише підвищити ефективність виробничих процесів та оптимізувати управління, а й суттєво посилити свою конкурентоспроможність на міжнародному ринку.



Однак справжній стратегічний потенціал цифрового близнюка розкривається, коли він перетворюється із внутрішнього інструменту оптимізації у спільний цифровий простір для взаємодії розробника рішень із бізнес-клієнтами. Цей перехід вимагає зміни парадигми продажів: підприємство має не просто пропонувати готовий продукт, а може запропонувати клієнту спільне створення ідеального, кастомізованого рішення. Такий підхід, відомий як цифрова співрозробка, є процесом залучення партнера до створення, тестування та вдосконалення продукту чи послуги на ранніх етапах. Використовуючи точне цифрове моделювання, компанії залучають клієнтів до проєктування, дозволяючи віртуально тестувати, налаштовувати та валідувати рішення безпосередньо в їх умовах ще до початку фізичного виробництва.

Цей підхід отримує конкретні втілення у промисловості, де цифровий близнюк стає основою для інтерактивної співпраці та створення кастомізованих рішень. У практичному вимірі це означає:

- оптимізацію виробництва та підвищення ефективності. Цифровий близнюк дозволяє створювати віртуальні копії виробничих ліній, заводів або окремих верстатів, що дає змогу моделювати та аналізувати їхню роботу в режимі реального часу. Так, наприклад, в аерокосмічній промисловості такі компанії, як Boeing та Airbus, використовують цифрових близнюків для оптимізації виробництва та прийняття рішень, що сприяє зменшенню часу для розробки на 20–50 % і зниженню витрат, оскільки нові рішення можна оцінювати у віртуальному просторі, а не на дорогих фізичних прототипах [16];

- ефективне прогнозування та предиктивне обслуговування. Завдяки постійному двонаправленому обміну даними між фізичним об'єктом та його цифровим близнюком компанії можуть заздалегідь виявляти потенційні несправності і спланувати обслуговування. До прикладу, в енергетичному секторі компанія GE створила «Цифрову вітрову ферму» (Digital Wind Farm) –



хмарну модель, де кожен вітрогенератор має свого цифрового близнюка. Збираючи дані про взаємодію турбін із ландшафтом і вітром, GE може спроектувати найбільш ефективну турбіну для кожного місця та постійно оптимізувати роботу всієї ферми [17]. Застосування цифрового близнюка для моніторингу вітрових турбін чи нафтопроводів може зменшити витрати на обслуговування на мільйони доларів [7];

– імітаційне моделювання складних інженерних об'єктів і систем. Цифрові близнюки використовуються для моделювання надзвичайно складних систем, що включають компоненти різних постачальників. Аналізуючи дані з фізичного об'єкта в реальному часі, цифровий близнюк виконує обчислення відповідно до математичної моделі та надає зворотний зв'язок у вигляді очікуваних даних [6, с. 169]. Це дозволяє порівнювати їх із показниками, отриманими від датчиків реального обладнання, що допомагає контролювати ефективність і продуктивність виробничого процесу, а також виявляти потенційні проблеми на різних етапах технологічного процесу ще до їх фактичної появи.

Прикладом цього є цифровий близнюк комерційного літака, який являє собою збірку близнюків його ключових компонентів: двигунів, шасі та авіоніки. Такий підхід дає змогу здійснювати контроль і забезпечувати взаємодію з базовим об'єктом через його цифрового близнюка, навіть якщо окремі частини постачаються різними виробниками;

– розробку продукту та тестування без ризику. Цифровий близнюк надає безризикове середовище для тестування нових продуктів та інженерних рішень в умовах, які важко або неможливо відтворити фізично (наприклад, екстремальні умови експлуатації). Виробники в автомобілебудуванні та фармацевтиці активно використовують цифрових близнюків. Так, наприклад, фармацевтичні компанії застосовують цю технологію для моделювання впливу нових ліків на віртуальних пацієнтів під час досліджень і розробок, а також для впровадження персоналізованої медицини [18];



– створення розумних міст і логістики. Цифрові близнюки виходять за межі окремих об’єктів і застосовуються для моделювання великих екосистем. Зазначимо, що сьогодні вже існують цифрові близнюки цілих міст (наприклад, Сінгапур), які допомагають планувальникам оптимізувати енергоспоживання, моделювати транспортні потоки та планувати заходи реагування на надзвичайні ситуації, такі як стихійні лиха чи пандемії [17]. У логістиці цифрові близнюки допомагають оптимізувати проєктування складів та аналізувати маршрути розподілу, що підвищує операційну продуктивність [19].

Таким чином, цифровий близнюк перестає бути лише внутрішнім інструментом оптимізації, перетворюючись на платформу для інтеграції інженерних, виробничих та управлінських процесів у єдиному віртуальному середовищі. Це створює нову якість взаємодії як усередині підприємства, так і з його партнерами та клієнтами, що відкриває принципово інші можливості для кастомізації, прогнозування й зниження ризиків.

Разом з тим інтенсивність і масштаби впровадження цифрових близнюків суттєво відрізняються залежно від галузі. В одних секторах – передусім капіталомістких і глобально конкурентних – ці процеси відбуваються швидкими темпами, оскільки впровадження цифрових близнюків безпосередньо впливає на економічну ефективність і безпеку. В інших галузях, особливо там, де бракує цифрової інфраструктури чи характерним є високий рівень консерватизму, цифровізація відбувається повільніше або наštтовхується на значні бар’єри.

Так, найшвидше інтеграція здійснюється у високотехнологічних секторах, де ефект від застосування цифрового близнюка є найбільш відчутним і вимірюваним. Зокрема, в аерокосмічній промисловості та авіації цифрові близнюки активно застосовуються для моделювання складних систем, оптимізації виробничих процесів і скорочення часу виведення нових продуктів на ринок. Дослідження підтверджують, що їхнє використання у



цьому секторі дозволяє суттєво підвищити надійність і знизити витрати на обслуговування літальних апаратів [8, р. 734].

Високі темпи впровадження цифрових близнюків також характерні для промислового виробництва (автомобілебудування, електроніка, машинобудування). Тут вони виступають центральним елементом концепції Індустрії 4.0, забезпечуючи цифрове моделювання виробничих процесів, предиктивне обслуговування обладнання та оптимізацію ланцюгів постачання [20].

Не менш активно технологія впроваджується в секторі енергетики, зокрема у вітровій і сонячній генерації, де цифрові близнюки застосовуються для моніторингу, підвищення ефективності та прогнозування відмов обладнання. Прикладом цього є проєкт GE «Digital Wind Farm», що демонструє потенціал масштабного застосування цифрових моделей.

Окремим напрямом швидкого розвитку є розумні міста та інфраструктура, де цифрові близнюки слугують інструментом управління енергоспоживанням, транспортними потоками та планування реагування на надзвичайні ситуації. Застосування цієї технології підтримується на державному рівні, що додатково стимулює темпи розвитку.

Водночас існують сектори, де використання цифрових близнюків є повільним або обмеженим через низку бар'єрів. Передусім це будівельна галузь, яка характеризується високим рівнем фрагментації та відсутністю стандартизованих підходів до інтеграції даних. Дослідження вказують на проблеми уніфікації інформації, значні початкові інвестиції та низьку обізнаність ринку щодо можливостей цифрового близнюка [10].

Подібна ситуація спостерігається у страховій індустрії, де регуляторні бар'єри, складність збору даних і висока вартість розробки значно стримують розвиток цифрових близнюків. Сектор охорони здоров'я також демонструє повільні темпи впровадження цієї технології, незважаючи на значний потенціал для персоналізованої медицини. Основними бар'єрами виступають



нормативні обмеження, вимоги до точності моделей та етичні аспекти використання персональних даних.

На нашу думку, причини відмінностей у темпах впровадження цифрових близнюків у різних галузях зумовлені низкою факторів. По-перше, капіталомісткістю і вартістю помилок, адже чим вища ціна відмови системи (наприклад, в авіації чи енергетиці), тим швидше компанії готові інвестувати в інструменти, що знижують ризики. По-друге, важливими бар'єрами на шляху впровадження цифрових близнюків є регуляторні та етичні обмеження. Галузі, які працюють з персональними або конфіденційними даними, зокрема охорона здоров'я та страхування, демонструють значно нижчі темпи впровадження цих технологій через посилені вимоги до безпеки та захисту інформації. По-третє, важливим фактором також є стандартизація та інтеграція даних, оскільки сектори з уніфікованими бізнес-процесами та високим рівнем цифрової зрілості швидше адаптують цифрових близнюків, тоді як будівництво чи малий і середній бізнес стикаються з бар'єрами сумісності та обмеженістю ресурсів. Нарешті, значну роль відіграє організаційна готовність, тому що опір змінам, дефіцит кваліфікованих кадрів та необхідність масштабної трансформації бізнес-процесів часто стають стримувальними факторами у менш розвинених секторах.

Отже, відмінності в темпах і масштабах впровадження цифрових близнюків у різних галузях пояснюються поєднанням технологічних, організаційних та інституційних факторів. Водночас незалежно від сфери застосування ключовою характеристикою цифрового близнюка є здатність створювати спільний простір взаємодії між виробником і клієнтом, що забезпечує нову якість партнерства. Саме ці властивості відкривають широкі можливості для цифрової співрозробки рішень з B2B клієнтами, яка у свою чергу безпосередньо впливає на рівень їхньої лояльності. Детальніше цей вплив можна проілюструвати через ключові фактори, наведені у табл. 2.



Таблиця 2

**Фактори впливу використання цифрового близнюка у співрозробці на
лояльність B2B клієнтів**

Фактор	Характеристика
Емоційна та функціональна прив'язка	Клієнт, який інвестував свій час і знання у спільну розробку, відчуває сильнішу відповідальність та прихильність до кінцевого рішення. Це не просто придбаний продукт, а власне творіння, що збільшує його емоційну лояльність. Окрім того, функціональна лояльність зростає, оскільки спільне рішення є максимально оптимізованим
Зменшення ризиків та витрат	Можливість віртуально протестувати рішення у середовищі цифрового близнюка знижує ризик невдалого впровадження у реальному світі. Для B2B клієнтів, де ціна помилки дуже висока, це є критичною перевагою. Зменшення фінансових та операційних ризиків безпосередньо конвертується в підвищення довіри й лояльності
Безперервне створення цінності (Value Co-creation)	Співрозробка не закінчується після продажу. Цифровий близнюк продовжує функціонувати як платформа для постійного вдосконалення та діагностики. Постачальник може використовувати дані близнюка, щоб проактивно пропонувати клієнту оновлення, оптимізацію або предиктивне обслуговування. Це перетворює разову транзакцію на довгострокове, взаємовигідне партнерство
Диференціація на ринку	Пропозиція цифрової співрозробки через цифрового близнюка є потужним конкурентним диференціатором. Це переводить взаємодію з клієнтом на якісно новий рівень, виділяючи підприємство серед конкурентів, які пропонують лише стандартні рішення

Джерело: складено авторами

Таким чином, цифровий близнюк у співрозробці рішень створює суттєву додану цінність для B2B клієнтів, посилюючи їхню емоційну й функціональну прив'язаність, зменшуючи ризики та витрати, а також відкриваючи нові можливості для довгострокового партнерства. Водночас, незважаючи на значний потенціал цієї технології, її практичне впровадження супроводжується низкою викликів, які потребують уваги (табл. 3).

Таблиця 3

Основні виклики впровадження цифрових близнюків у співрозробку



Виклики	Опис
Висока вартість та інвестиційні бар'єри	Розробка та інтеграція цифрових близнюків вимагає значних капіталовкладень в обладнання, програмне забезпечення, аналітику та кібербезпеку. Для багатьох підприємств це стає стримувальним фактором
Проблеми з інтеграцією даних	Дані надходять із різних джерел (датчики, ERP-системи, IoT-пристрої), що створює труднощі для їхньої уніфікації та забезпечення безперервного обміну в режимі реального часу
Кібербезпека і захист даних	Спільне використання даних із партнерами створює ризики витоку конфіденційної інформації та потребує додаткових заходів захисту
Недостатня стандартизація	Відсутність єдиних галузевих стандартів цифрових близнюків ускладнює інтеграцію між різними платформами та постачальниками
Організаційна готовність і кадровий дефіцит	Впровадження цифрового близнюка вимагає змін у бізнес-процесах, а також наявності фахівців із цифрового моделювання, аналітики та управління даними, яких на ринку поки що бракує

Джерело: складено авторами

Як бачимо, основні виклики впровадження цифрових близнюків у співрозробку пов'язані з технологічними, організаційними та інвестиційними бар'єрами.

На нашу думку, підвищення ефективності застосування цифрових близнюків на вітчизняних промислових підприємствах можливе за рахунок реалізації низки ключових заходів. По-перше, планове інвестування й поетапне впровадження, передбачаючи розбивку проєкту на модулі та визначення пріоритетних напрямів, дозволяють оптимізувати витрати і швидше отримати перші результати, що у свою чергу підвищує довіру клієнтів. По-друге, уніфікація і стандартизація даних, зокрема використання єдиних протоколів обміну інформацією та інтеграційних платформ, забезпечують безперервну роботу цифрового близнюка й мінімізують ризики виникнення помилок. По-третє, посилення кібербезпеки через впровадження політики конфіденційності, застосування шифрування та контроль доступу до даних партнерів сприяє зниженню ризиків витоку інформації. По-четверте, розвиток компетенцій персоналу шляхом навчання та залучення фахівців у сферах цифрового моделювання, аналітики та управління даними створює внутрішню експертизу, необхідну для ефективного використання цифрового



близнюка. І нарешті, продовження цінності через цифрову співрозробку, що передбачає регулярне оновлення та оптимізацію рішень у середовищі цифрового близнюка, підтримує довгострокове партнерство і зміцнює лояльність B2B клієнтів.

Ці заходи мають вирішальне значення для посилення національної конкурентоспроможності, оскільки, попри недостатні загальні позиції країни, високі конкурентні позиції окремих галузей промисловості на міжнародному ринку можуть стати потужними драйверами економічного розвитку [21, р. 250].

При цьому слід зауважити, що суто технологічних змін недостатньо. Для досягнення дійсно ефективної орієнтації на ринок українським промисловим підприємствам критично необхідні зміни в управлінні, реорганізація та перехід до мислення процесами [22, с. 191]. Адже занадто висока стандартизація управлінського мислення, невизначеність зовнішнього середовища та поверхневий рівень обробки інформаційних потоків можуть спровокувати кризу швидше і масштабніше, ніж інші фактори [23, р. 52].

Таким чином, впровадження комплексу цих технологічних та управлінських заходів дозволить промисловим підприємствам не лише оптимізувати власні внутрішні процеси, а й створити надійну платформу для взаємодії з клієнтами на якісно новому рівні, трансформуючи разові угоди у довгострокове стратегічне партнерство.

Висновки. Підсумовуючи результати проведеного дослідження, можна зазначити, що цифровий близнюк у поєднанні з концепцією цифрової співрозробки рішень стає потужним інструментом підвищення лояльності B2B клієнтів промислових підприємств. Завдяки інтерактивному залученню у процес проєктування й тестування продукту клієнти отримують можливість впливати на кінцеве рішення, що підсилює емоційну та функціональну прив'язаність. Використання цифрового близнюка дозволяє зменшити ризики його впровадження, оптимізувати витрати та забезпечити тестування рішень у



віртуальному середовищі. Це, у свою чергу, підвищує довіру клієнтів та формує основу для довгострокового партнерства.

Співрозробка через цифрового близнюка також створює платформу для безперервного вдосконалення продуктів і сервісів, що дає змогу постачальнику проактивно пропонувати оптимізації та оновлення. Такий підхід виділяє підприємство на ринку, підвищує його конкурентоспроможність та сприяє формуванню стійких взаємовигідних відносин з клієнтами. Водночас успішне впровадження моделей потребує подолання технологічних, організаційних та інвестиційних бар'єрів, а також розвитку компетенцій персоналу. Загалом, цифровий близнюк у середовищі цифрової співрозробки створює нову якість партнерства, де клієнт є не лише споживачем, а й активним учасником процесу створення цінності.

Подальші наукові дослідження можуть спрямовуватися на вивчення ефективності моделей цифрової співрозробки з використанням цифрових близнюків у різних галузях та масштабах підприємств для оптимізації лояльності B2B клієнтів.

Список використаних джерел

1. Iranshahi K., Brun J., Arnold T., Sergi T., Müller U. C. Digital twins: Recent advances and future directions in engineering fields. *Intelligent Systems with Applications*. 2025. Vol. 26. 200516. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iswa.2025.200516>.
2. Liu X., Jiang D., Tao B., Xiang F., Jiang G., Sun Y. Kong J., Li G. A systematic review of digital twin about physical entities, virtual models, twin data, and applications. *Advanced Engineering Informatics*. 2023. Vol. 55. 101876. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2023.101876>.
3. Tao F., Xiao B., Qi Q., Cheng J., Ji P. Digital twin modeling. *Journal of Manufacturing Systems*. 2022. Vol. 64. P. 372–389. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.JMSY.2022.06.015>.



4. Jiang Y, Yin S, Li K, Luo H, Kaynak O. Industrial applications of digital twins. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*. 2021. Vol. 379, № 2207. P. 1–15. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsta.2020.0360>.
5. Ozturk G. B. Digital twin research in the AECO-FM industry. *Journal of Building Engineering*. 2021. Vol. 40. 102730. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102730>.
6. Невлюдов І. Ш., Новоселов С. П., Сичова О. В. Метод децентралізованого управління технологічними процесами на інтелектуальному виробництві. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2025. № 1 (31). С. 166–179. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2025.1.166>.
7. Uluiburotu J. Exploring the applications and significance of digital twin technology in everyday life. 2024. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20587.35367>.
8. Yin Z H., Wang L. Application and development prospect of digital twin technology in aerospace, *IFAC-PapersOnLine*. 2020. Vol. 53, № 5. P. 732–737. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.04.165>.
9. Donkovtsev D. Digital twins in industry: investment potential for modernization of production in Ukraine. *The Journal of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series International Relations. Economics. Country Studies. Tourism*. 2025. № 21. P. 137–14. DOI: <https://doi.org/10.26565/2310-9513-2025-21-15>
10. Opoku D.-G. J., Perera S., Osei-Kyei R., Rashidi M., Bamdad K., Famakinwa T. Barriers to the adoption of digital twin in the construction industry: a literature review. *Informatics*. 2023. Vol. 10, № 1. 14. DOI: <https://doi.org/10.3390/informatics10010014>
11. Мальчик М. В., Дідик Д. О. Аналіз тенденцій диджитал-маркетингу в період після COVID-19: світовий досвід. *Академічні візії*. 2022. Вип. 14. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8270958>.



12. Grieves M., Vickers J. Digital twin: mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems. Transdisciplinary perspectives on complex systems: new findings and approaches. Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2016. P. 85–113. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-38756-7_4.
13. Redler J., Corvino M. The significance of digital twins for the comprehensive brand experience. *Journal of Brand Strategy*. 2023. Vol. 12, № 1. P. 76–95. DOI: <https://doi.org/10.69554/WDUR8840>.
14. Illman E. J. Avoiding growing pains in the development and use of digital twins. *Reuters*: вебсайт. 2024. URL: <https://www.reuters.com/legal/legalindustry/avoiding-growing-pains-development-use-digital-twins-2024-08-20/> (дата звернення: 03.08.2025).
15. Digital Twin Market Size and Forecast 2025 to 2034. *Precedence Research*: вебсайт. 2025. URL: <https://www.precedenceresearch.com/digital-twin-market> (дата звернення: 03.08.2025).
16. Argolini R., Bonalumi F., Deichmann J., Pellegrinelli S. Digital twins: The key to smart product development. *McKinsey & Company*: вебсайт. 2023. URL: <https://www.mckinsey.com/industries/industrials-and-electronics/our-insights/digital-twins-the-key-to-smart-product-development> (дата звернення: 03.08.2025).
17. Marr B. How are digital twins used in practice. *Forbes*: вебсайт. 2020. URL: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2020/08/28/how-are-digital-twins-used-in-practice-5-real-world-examples-beyond-manufacturing/> (дата звернення: 03.08.2025).
18. Seletskyi S. 13 practical digital twin applications & use cases by industry. *Intellias*: вебсайт. 2024. URL: <https://intellias.com/creating-digital-replicas-using-iiot-how-digital-twin-technology-works-in-practice/> (дата звернення: 04.08.2025).
19. Dilmegani C. 15 digital twin applications/ use cases by industry. *AIMultiple*: вебсайт. 2025. URL: <https://research.aimultiple.com/digital-twin-applications/> (дата звернення: 03.08.2025).



20. Yanqiu Z. 92% of enterprises are stuck halfway: Why is it difficult to implement digital twin? *36Kr Europe*: вебсайт. 2024. URL: <https://eu.36kr.com/en/p/3354043557016451> (дата звернення: 03.08.2025).

21. Malchyk M., Popko O., Oplachko I. Identification of the importance of Ukraine in international globalization and integration processes. *Herald of Khmelnytskyi National University. Economic Sciences*. 2022. Vol. 1. P. 244–252. DOI: <https://www.doi.org/10.31891/2307-5740-2022-302-1-41>.

22. Мальчик М. В. Маркетингова складова в системі управління промисловим підприємством. *Проблеми раціонального використання соціально-економічного та природно-ресурсного потенціалу регіону: фінансова політика та інвестиції*. 2013. Вип. 19. № 3. С. 188–193. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/prvse_2013_19_3_24 (дата звернення: 05.08.2025).

23. Oplachko I., Malchyk M., Popko O. Organizational support of the crisis management mechanism of industrial enterprise activity on the basis of the reflexive approach. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, sectio H – Oeconomia*. 2019. Vol. 53, № 1. P. 49–58. DOI: <http://dx.doi.org/10.17951/h.2019.53.1.49-58>.