УДК 330.3
DOI: https://doi.org/10.37734/2409-6873-2026-4-1

СТРАТЕГІЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВА У ПАРАДИГМІ ІНДУСТРІЇ 5.0

О. М. БЕРЕСТЕЦЬКА
кандидат економічних наук, доцент;
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7119-4496
Г. В. ЦІХ
кандидат економічних наук, професор;
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5049-3814
Д. В. ДМИТРІВ
кандидат технічних наук, доцент;
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3164-5832
Л. Є. ГАЦ
старший викладач кафедри економічної кібернетики,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5000-2835

Анотація. Мета *дослідження полягає у теоретико-методологічному обґрунтуванні та концептуальному моделюванні стратегії сталого розвитку підприємства на основі синергії цифровізації, інновацій та екологічної відповідальності в парадигмі Індустрії 5.0.* ***Методика дослідження*** *базується на системному, порівняльному та попарному аналізі міжсистемних взаємодій.* ***Результатом*** *дослідження є розробка концептуальної моделі «Трикутник стійкості підприємства» та обґрунтуванні суб'єктної ролі підприємства як ядра трансформаційних змін у процесі подвійного переходу. Сформульовано правило системної синергії, де цифровізація виступає аналітичним базисом, інновації – технологічним механізмом, а екологічна відповідальність – стратегічним імперативом розвитку.* ***Практична значущість результатів дослідження*** *полягає у можливості використання розробленої моделі та правила синергії для прийняття управлінських рішень, мінімізації технологічних та екологічних ризиків та забезпечення стійкої конкурентоспроможності підприємств.*

Ключові слова: *екологічна відповідальність, Індустрія 5.0, інновація, подвійний перехід, сталий розвиток підприємства, «Трикутник стійкості підприємства», цифровізація.*

Постановка проблеми у загальному вигляді та зв'язок із найважливішими науковими чи практичними завданнями. Сучасний етап розвитку всесвітньої економіки характеризується високою динамічністю, нестабільністю зовнішнього середовища та комплексною зміною бізнес – парадигм. Традиційні стратегії економічного зростання, орієнтовані виключно на максимізацію фінансових показників та нарощування обсягів виробництва, стають малоефективними. Перед вітчизняними підприємствами постає критична потреба у переході до концепцій сталого розвитку, що вимагає одночасної глибокої цифровізації операційних процесів, впровадження високотехнологічних інновацій та безумовного дотримання принципів екологічної відповідальності й стандартів ESG.

Основна складність полягає в тому, що більшість суб'єктів господарювання сприймають екологічні вимоги як додатковий фінансовий тягар, цифровізацію – як технологічний інструмент автоматизації, а інновації – як відокремлені науково-дослідні роботи. Внаслідок цього виникає фрагментарність стратегічного управління, коли розрізнені ініціативи не створюють синергетичного ефекту, а в окремих випадках генерують додаткові ризики. Вирішення цієї суперечності полягає у формуванні цілісної стратегії сталого розвитку підприємства на основі системного поєднання названих трьох векторів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика інтеграції цифрових та екологічних векторів розвитку сьогодні перебуває у фокусі уваги зарубіжних та вітчизняних дослідників, а також інституцій. Базові засади подвійного переходу закладені у програмних документах Європейської Комісії, а теоретичні та прикладні аспекти синергії цифровізації, інновацій та сталого розвитку в контексті становлення Індустрії 5.0 глибоко досліджуються науковцями.

Так, Adel Ben Youssef у своїй праці досліджує як саме підприємства та регіони можуть поєднати цифрову трансформацію з екологічними інноваціями в межах концепції «Подвійного переходу» [6]. Авторами G. Damioli, S. Bianchini, C. Ghisetti

© О. М. Берестецька, Г. В. Ціх, Д. В. Дмитрів, Л. Є. Гац, 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)

зазначено, як поєднуються цифрові та екологічні наукові знання та які умови потрібні регіонам для створення ефективних технологічних рішень подвійного призначення [7].

Вітчизняні дослідники Л.В. Нечипорук та О.О. Кочергіна розглядають трансформацію концепції промислового розвитку від технологічного орієнтиру в Індустрії 4.0 до людиноцентричного та стійкого підходу, тобто Індустрію 5.0 [4]. Зарубіжні науковці, серед яких Xun Xu, підкреслюють, що еволюція від індустрії 4.0 до 5.0 охоплює глибоке переосмислення як концептуальних засад, так і їх сприйняття бізнес-середовищем [10]. За твердженням Н.О. Ривак, концепція Індустрія 5.0 є цілісним переходом до стійкої, орієнтованої на людину та довкілля промисловості із підпорядкованим цілям сталого розвитку технологічним базисом [5].

Науковцями Т.П. Ландяком та Л.М. Мельник досліджено концептуальні засади, механізми та стратегічні орієнтири трансформації поведінки суб'єктів господарювання під впливом вимог сталого розвитку та стандартів ESG [8].

Так, у більшості праць цифровізація, інновації та соціальна відповідальність усе ще розглядаються як окремі, паралельні процеси. Окрім того, класичні теорії економічного зростання та регіонального розвитку [1] фокусуються на загальних адаптаційних механізмах, не розкриваючи роль підприємства як ядра, що інтегрує вказані вектори для досягнення стійкої конкурентоспроможності в умовах цифрової та зеленої економіки. Це обумовлює актуальність даного дослідження та формування концептуальної моделі, де підприємство виступає центром трансформаційних змін.

Формування цілей статті (постановка завдання). Мета дослідження полягає у теоретико – методологічному обґрунтуванні та концептуальному моделюванні стратегії сталого розвитку підприємства на основі міжсистемної синергії «цифровізація – інновації – екологічна відповідальність», а також оцінці їхніх взаємозв'язків і підсумкового синергетичного ефекту для забезпечення стійкої конкурентоспроможності в умовах подвійного переходу.

Для досягнення поставленої мети необхідно визначити сутність та роль кожного з досліджуваних елементів сталого розвитку підприємства; обґрунтувати суб'єктно – орієнтовану роль підприємства та розробити концептуальну модель «Трикутник стійкості підприємства»; здійснити попарний аналіз міжсистемних взаємодій у моделі; сформулювати підсумкову формулу синергії та наукові висновки щодо практичної реалізації стратегії.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Стратегічний підхід до сталого розвитку бізнесу в рамках Twin Transition сьогодні базується на синергії трьох ключових елементів: цифрової трансформації, впровадження інновацій та дбайливого ставлення до довкілля. Окремо кожна складова дає лише локальний ефект, але їхня синергія створює довгострокову конкурентну перевагу [2].

Цифровізація виступає інструментом та каталізатором через впровадження інтернету речей (IoT), штучного інтелекту (AI), Big Data та цифрових двійників, що дає змогу вимірювати та оптимізувати ресурси в реальному часі. Інновації служать механізмом трансформації у вигляді нових бізнес-моделей, технологій замкненого циклу, екологічних матеріалів та продуктів з нульовим вуглецевим слідом. Екологічна відповідальність є цільовим орієнтиром й цінністю, визначає межі використання ресурсів, вимоги до мінімізації відходів та відповідність стандартам ESG.

При розробці концептуальної моделі вихідним положенням є те, що підприємство виступає головним суб'єктом та середовищем трансформаційних змін [3], яке інтегрує у свою діяльність усі три фундаментальні базиси: цифровізацію (Ц), інновації (І) та екологічну відповідальність (ЕВ), позначених вершинами «Трикутника стійкості». Розміщення у центрі категорій "Подвійний перехід" (ПП) та "Стійка конкурентоспроможність" (СК) відображає кінцевий системний ефект та якісно новий стратегічний стан, якого набуває підприємство в результаті синергії усіх вказаних елементів (рис. 1).

Жодна з вершин не може функціонувати як домінуюча без двох інших. Якщо сприймати інновації як єдине головне ядро, виникає системна диспропорція:

– інновації без цифровізації залишаються повільними, складними в масштабуванні та не мають точності, тобто неможливо розрахувати реальні витрати ресурсів чи екологічний ефект;

– інновації без екологічної відповідальності ризикують стати технологіями, що лише прискорюють вичерпання ресурсів або збільшують вуглецевий слід підприємства.

Отже, мають місце процеси взаємодії та міжсистемної синергії, які перетворюють статичні елементи у дієвий механізм. Так, взаємодія «цифровізація – інновації» служить технологічним драйвером, що ілюструє прискорення R&D – процесів, тобто розробку нових ідей, а також перевірку їх на практиці, створення цифрових продуктів та смарт-послуг. Отже, цифровізація перестала бути просто інструментом автоматизації, вона стала каталізатором інновацій [2].

Стрілка, що пов'язує вершини «інновації» та «екологічна відповідальність», відображає процес еко-трансформації підприємства. Цей напрям забезпечує розробку та впровадження ресурсозберігаючих технологій, продуктів із низьким вуг-

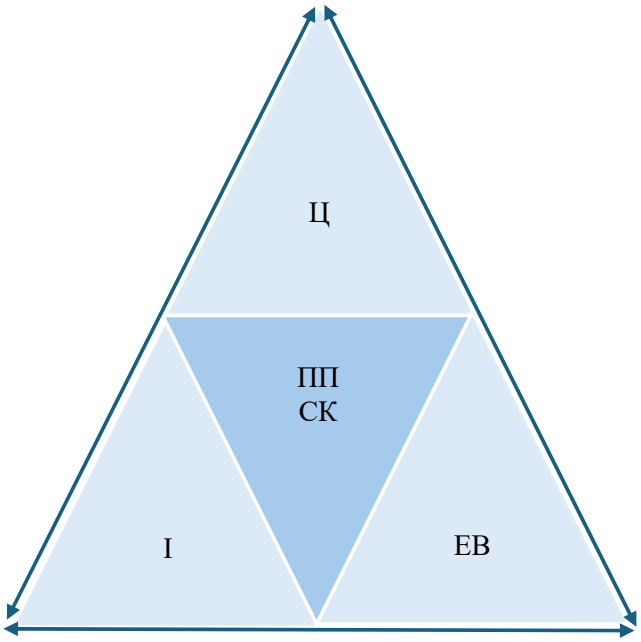


Рис. 1. Трикутник стійкості підприємства

Джерело: сформовано авторами

лецевим слідом та принципів циркулярної економіки. Водночас зв'язок інновацій та екологічності без цифрової підтримки є недостатньо прозорим і вимагає цифровізації для вимірюваності, контрольованості та доказовості екологічних результатів.

Зв'язок між базисами «інновації» та «цифровізація», виступає технологічним драйвером трансформації підприємства, що забезпечує прискорення R&D – процесів за допомогою штучного інтелекту та цифрових двійників, а також розгортання автоматизованих виробничих систем. Проте цей вектор позбавлений внутрішнього екологічного самообмеження і без інтеграції з екологічною відповідальністю ризикує генерувати додатковий вуглецевий слід.

Взаємодія «цифровізація» та «екологічна відповідальність» забезпечує формування системи цифрового еко-моніторингу, яка гарантує прозорий та автоматизований збір даних щодо ресурсних витрат і вуглецевого сліду (Scope 1–3), створюючи доказову базу для ESG – звітності. Разом з тим цей зв'язок обмежений функцією "пасивного контролю" і фіксує екологічні параметри без їхньої фундаментальної зміни, що зумовлює потребу в інноваційному перепроєктуванні виробничих систем. Усі типи взаємодії елементів сталого розвитку підприємства проаналізовано у таблиці 1.

Так, проведений попарний аналіз міжсистемних взаємодій підтверджує, що функціонування запропонованої тріади елементів сталого розвитку підприємства підпорядковується закону синергетичної повноти, де жоден з них не може досягти максимальної ефективності в ізоляції від інших двох.

Таким чином, повний синергетичний ефект і досягнення стійкої конкурентоспроможності підприємства в умовах Twin Transition можливі лише за умови одночасного охоплення всіх трьох вершин «Трикутника стійкості».

Висновки із зазначених проблем і перспективи подальших досліджень у поданому напрямі. Теоретико-методологічне обґрунтування стратегії в парадигмі Індустрії 5.0 доводить, що сучасний сталий розвиток підприємства забезпечується не розрізненими ініціативами, а міжсистемною синергією тріади «цифровізація – інновації – екологічна відповідальність», де підприємство виступає ядром трансформаційних змін у процесі подвійного переходу. Будь-яка двокомпонентна взаємодія всередині тріади є обмеженою та генерує системні ризики: інновації й екологічність вимагають цифровізації для прозорості та боротьби з грінвошингом; інновації й цифровізація потребують екологічного орієнтиру; а цифровізація й екологічна відповідальність потребують інновацій для реального перепроєктування виробничих систем. Звідси виводимо правило системної синергії, згідно з яким цифровізація формує інформаційно-аналітичний базис, інновації виступають технологічним механізмом трансформації, а екологічна відповідальність визначає стратегічний напрям і межі розвитку підприємства, що дає змогу суб'єктам господарювання мінімізувати екологічні та технологічні ризики й забезпечити тривалу життєздатність у динамічному середовищі Індустрії 5.0.

Таблиця 1

Аналіз парних системних зв'язків у «Трикутнику стійкості підприємства»

Стратегічні результати	Синергетичні ефекти	Обмеження	Інтеграційна потреба
інновації – екологічна відповідальність			
Перехід до циркулярної економіки	розробка та впровадження інноваційних технологій замкненого циклу, спрямованих на вторинну переробку та повторне використання матеріалів у виробництві	- відсутність прозорості та об'єктивних даних; - ризик грінвошингу; - складність моніторингу процесів у реальному часі	цифровий еко-моніторинг (IoT, Big Data) для верифікації показників та усунення грінвошингу
Еко-дизайн та екологічні матеріали	створення виробів на основі безпечних та біорозкладних матеріалів, що мінімізує екологічний слід продукту на всіх етапах його існування		
Енергоефективність та ресурсозбереження	застосування інноваційного технологічного обладнання, що мінімізує споживання води, електроенергії та сировини на одиницю випущеної продукції		
Формування еко-бренду та ESG-привабливості	підвищення лояльності споживачів, вихід на нові світові ринки з суворими екологічними стандартами та відкриття доступу до «зеленого» фінансування		
інновації – цифровізація			
Стрімке прискорення R&D	використання цифрових двійників (Digital Twins), штучного інтелекту (AI) та машинного навчання для віртуального тестування нових продуктів і матеріалів без реальних витрат сировини.	- відсутність екологічного цілепокладання; - ризик «технологій заради технологій».	концепція "Green by Design" для спрямування технологій на екологічні цілі
Гнучкість та автоматизація виробництва	впровадження технологій Індустрії 4.0/5.0 (роботизація, IoT, смарт-мережі), що забезпечує наскрізну оптимізацію виробничих процесів, зменшення браку та зростання продуктивності праці [10]		
Створення нових цифрових бізнес-моделей	перехід від традиційних продажів до цифрових платформ та сервісних моделей		
цифровізація – екологічна відповідальність			
Автоматизований моніторинг в режимі real – time	впровадження смарт-датчиків (IoT) на виробничих потужностях для безперервного збору даних про обсяги викидів, споживання електроенергії, води, газу та утворення відходів	-пасивний контроль без реальних змін; -накопичення сліпих даних.	якісне інноваційне перепроєктування для усунення причин забруднень
Точний розрахунок та верифікація вуглецевого сліду	використання Big Data та спеціалізованих програмних систем для розрахунку прямих і непрямих викидів парникових газів за всіма трьома охопленнями: Scope 1, Scope 2, Scope 3		
Сформована прозора ESG-звітність	автоматична генерація нефінансових звітів відповідно до міжнародних стандартів (GRI, CSRD, TCFD), що мінімізує людський чинник та унеможливлює викривлення даних		
Оптимізація використання ресурсів	цифровий контроль логістики, смарт-управління енергомережами та виявлення прихованих втрат сировини на лінії		

Джерело: складено авторами на основі [1; 4; 6; 8; 9]

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Берестецька О.М., Ціх Г.В. Адаптація класичних теорій економічного розвитку до формування регіональних стратегій економічного зростання. *Mechanism of an Economic Regulation.* 2026. № 1 (109). С. 5-11. DOI: https://doi.org/10.32782/mer.2026.109.1

2. Бречко О., Кривокульська Н. Вплив цифрової трансформації на досягнення екологічних цілей сталого розвитку України. *Modeling the development of the economic systems*. 2023. № (4). С. 201–209. DOI: https://doi.org/10.31891/mdes/2023-10-28

3. Гірдвайніс В.А. Стратегія впровадження принципів індустрії 5.0 в управлінні інтелектуальним потенціалом в умовах післявоєнного відновлення. *Економіка та суспільство*. 2025. Випуск 78. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-78-153

4. Нечипорук Л.В., Кочергіна О.О. Вплив індустрії 5.0 на сталий розвиток економіки. *Цифрова економіка та економічна безпека.* 2024. № 5(14). С. 27–32.

5. Ривак Н.О. Індустрія 5.0: перехід до стійкої та орієнтованої на людину промисловості. *Соціально-економічні проблеми сучасного періоду України.* 2022. Випуск 3 (155). С. 41-46. DOI: https://doi.org/10.36818/2071-4653-2022-3-7

6. Ben Youssef, A. Twin transition: Digital transformation pathways for sustainable innovation. *Sustainability*. 2025. Vol. 17(21). P. 9491. DOI: https://doi.org/10.3390/su17219491

7. Damioli G., Bianchini S., Ghisetti C. The emergence of a 'twin transition' scientific knowledge base in the European regions. *Regional Studies.* 2025. Vol. 59(1). P. 2355998.

8. Landiak T., Melnyk L. A paradigm for shaping socially responsible business behavior in terms of sustainable development. *Social Economics*. 2026. Vol. (74). P. 29-38. DOI: https://doi.org/10.26565/2524-2547-2026-74-03

9. Tabares S., Parida V., Chirumalla K. Twin transition in industrial organizations: Conceptualization, implementation framework, and research agenda. *Technological Forecasting and Social Change*. 2025. Vol. 213. P. 123995. DOI: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2025.123995

10. Xun Xu, Yuqian Lu, Birgit Vogel-Heuser, Lihui Wang. Industry 4.0 and Industry 5.0 – Inception, conception and perception. *Journal of Manufacturing Systems*. 2021. Vol. 61. P. 530-535. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.006

REFERENCES

1. Berestetska O.M., Tsikh H.V. (2026) Adaptatsiia klasychnykh teorii ekonomichnoho rozvytku do formuvannia rehionalnykh stratehii ekonomichnoho zrostannia. [Adaptation of classical theories of economic development to the formulation of regional economic growth strategies]. *Mechanism of an Economic Regulation.* No. 1(109). P. 5-11. DOI: https://doi.org/10.32782/mer.2026.109.1 [in Ukrainian].

2. Brechko O., Kryvokulska N. (2023) Vplyv tsyfrovoi transformatsii na dosiahnennia ekolohichnykh tsilei staloho rozvytku Ukrainy. [Impact of digital transformation on the achievement of environmental goals of sustainable development of Ukraine]. *Modeling the development of the economic systems*. No. (4). P. 201–209. DOI: https://doi.org/10.31891/mdes/2023-10-28 [in Ukrainian].

3. Hirdvainis V. (2025) Stratehiia vprovadzhennia pryntsypiv industrii 5.0 v upravlinni intelektualnym potentsialom v umovakh pisliavoiennoho vidnovlennia. [Industry 5.0 implementation`s strategy principles in intellectual capital management in the context of post-war recovery]. *Ekonomika ta suspilstvo [Economy and Society].* No. 78. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-78-153 [in Ukrainian].

4. Nechyporuk L.V., Kocherhina O.O. (2024). Vplyv industrii 5.0 na stalyi rozvytok ekonomiky. [The influence of industry 5.0 on the sustainable development of economy]. *Tsyfrova ekonomika ta ekonomichna bezpeka*. No. 5(14). P. 27–32. Available at: https://repository.sspu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/db58ebc1-2764-4aaf-88d2-fb35f-4e67cd6/content [in Ukrainian].

5. Ryvak, N. (2022). Industriya 5.0: perekhid do stiykoyi ta oriyentovanoyi na lyudynu promyslovosti. [Industry 5.0: transition to a sustainable and human-oriented industry]. In *Sotsial'no-ekonomichni problemy suchasnoho periodu Ukrayiny*. No. 155(3). P. 41-46. DOI: https://doi.org/10.36818/2071-4653-2022-3-7 [in Ukrainian].

6. Ben Youssef A. (2025). Twin transition: Digital transformation pathways for sustainable innovation. *Sustainability*. No. 17(21). P. 9491. DOI: https://doi.org/10.3390/su17219491

7. Damioli G., Bianchini S., Ghisetti C. (2025). The emergence of a 'twin transition'scientific knowledge base in the European regions. *Regional Studies*. No. 59(1). P. 2355998. Available at: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00343404.2024.2355998

8. Landiak T., Melnyk L. (2026). A paradigm for shaping socially responsible business behavior in terms of sustainable development. *Social Economics.* No. (74). P. 29-38. DOI: https://doi.org/10.26565/2524-2547-2026-74-03 [in Ukrainian].

9. Tabares S., Parida V., Chirumalla K. (2025). Twin transition in industrial organizations: Conceptualization, implementation framework, and research agenda. *Technological Forecasting and Social Change*. No. 213. P. 123995. DOI: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2025.123995

10. Xun xu, Yuqian Lu, Birgit Vogel-Heuser, Lihui Wang. (2021). Industry 4.0 and Industry 5.0 – Inception, conception and perception. *Journal of Manufacturing Systems.* No. 61. P. 530-535. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.006

Olena Berestetska, Halyna Tsikh, Dmytro Dmytriv, Lyubov Hats, *Ternopil Ivan Puluj National Technical University.* ***Enterprise sustainable development strategy in the industry 5.0 paradigm.***

Annotation. The purpose *of the study is the theoretical and methodological substantiation and conceptual modeling of an enterprise sustainable development strategy based on the intersystem synergy of digitalization, innovation, and environmental responsibility within the Industry 5.0 paradigm.* ***Methods.*** *The study employs a comprehensive methodological framework including systems and comparative analysis, conceptual modeling, and a pairwise analysis of intersystem interactions within a three-component model.* ***Results.*** *The main scientific result is the development of the conceptual model "Enterprise Sustainability Triangle" and the substantiation of the subjective role of the enterprise as the core of transformational changes in the twin transition process. It is proven that any two-component interaction within the triad is limited and generates systemic risks: innovation and environmental responsibility require digitalization for operational transparency, data verification, and combating greenwashing; innovation and digitalization require an environmental benchmark to prevent resource depletion; while digitalization and environmental responsibility require innovation for the real structural re-engineering of production systems. The study formulates the rule of systemic triad synergy, according to which digitalization forms the information-analytical basis, innovation acts as the technological mechanism of transformation, and environmental responsibility determines the strategic direction and boundaries of enterprise development. Furthermore, the conceptual framework highlights the transition from a passive monitoring approach to an active, human-centric transformation model that harmonizes economic goals with ecological limits.* ***Practical implications.*** *The practical significance of the results lies in the applicability of the proposed model and synergy rule for strategic decision-making, minimizing environmental and technological risks, and ensuring long-term competitiveness and viability of business entities in the dynamic Industry 5.0 environment.*

Keywords: *environmental responsibility, Industry 5.0, innovation, Twin transition, sustainable enterprise development, "Enterprise sustainability triangle", digitalization.*

Дата надходження статті: 02.10.2026
Дата прийняття статті до публікації: 30.10.2026
Дата публікації статті: 13.11.2026