

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ІННОВАЦІЙНИХ ЦИФРОВИХ РІШЕНЬ НА СТАЛИЙ РОЗВИТОК ПІДПРИЄМСТВ В УКРАЇНІ В УМОВАХ ВІЙНИ

MODELING THE IMPACT OF INNOVATIVE DIGITAL SOLUTIONS ON THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF ENTERPRISES IN UKRAINE UNDER WARTIME CONDITIONS

Мета статті полягає в аналізі впливу впровадження інноваційних цифрових технологій на забезпечення сталого розвитку промислових підприємств України в умовах воєнного стану. Методологія дослідження базується на анкетуванні 626 менеджерів середньої та вищої ланки 45 великих і середніх підприємств машинобудівної, металургійної, хімічної, харчової та текстильної промисловості України. Для обробки отриманих даних застосовано метод кластерного аналізу, зокрема ієрархічну кластеризацію та метод k-середніх. Результати дослідження полягають в інтеграції оцінки можливостей та ризиків цифрових технологій у єдину матричну модель, що дозволяє ідентифікувати найбільш доцільні напрями цифровізації з урахуванням реалій української промисловості в умовах війни. Запропонована методологія дозволяє підприємствам визначати пріоритети впровадження цифрових рішень, орієнтуючись на критичні аспекти їхньої діяльності, а також адаптувати бізнес-стратегії з метою мінімізації ризиків. Практична значущість дослідження полягає в тому, що результати можуть бути використані підприємствами для розробки планів цифрової трансформації, які враховують як потенційні вигоди, так і можливі загрози.

Ключові слова: сталий розвиток, моделювання, інновації, цифровізація, промисловість.

This article delves into the transformative processes currently reshaping the life insurance market. The aim of the article is to analyze the impact of implementing innovative digital technologies on ensuring the sustainable development of industrial enterprises in Ukraine under martial law conditions. The research methodology is based on a survey of 626 middle and senior managers from 45 large and medium-sized enterprises in the mechanical engineering, metallurgical, chemical, food, and textile industries of Ukraine. Respondents were asked to assess the opportunities and risks of using key digital technologies, including: the Internet of Things and remote monitoring systems, predictive maintenance, cloud computing, next-generation cybersecurity systems, artificial intelligence and machine learning, 3D printing, augmented and virtual reality, drone-based inspections, digital twins, and enterprise management systems with AI elements. Cluster analysis methods were applied to process the collected data, specifically hierarchical clustering and the k-means method, which enabled the identification of three levels of opportunities and risks and the development of a matrix model for assessing the impact of digital technologies on enterprises' sustainable development. The results of the study showed that the greatest positive impact on sustainable development is exerted by the Internet of Things, artificial intelligence and machine learning, digital twins, and enterprise management systems with AI elements, as they contribute to energy efficiency improvement, logistics optimization, rapid risk response, and enhanced strategic management systems. At the same time, these technologies were also found to be the most vulnerable to risks related to cybersecurity, unstable energy supply, and high financial costs of implementation. Cloud computing, drone inspections, augmented and virtual reality demonstrated a moderate level of impact on sustainable development, with their effectiveness being highly dependent on external conditions, which results in high implementation risks. 3D printing and predictive maintenance showed medium-level opportunities and risks, indicating the need for their selective application depending on the specific characteristics of the enterprise. The scientific novelty of the study lies in the integration of opportunity and risk assessments of digital technologies into a single matrix model, which makes it possible to identify the most appropriate areas for digitalization, taking into account the realities of Ukrainian industry under wartime conditions. The proposed methodology allows enterprises to determine priorities for digital solution implementation by focusing on critical aspects of their operations, as well as to adapt business strategies to minimize risks. The practical significance of the study is that its results can be used by enterprises to develop digital transformation plans that account for both potential benefits and possible threats.

Key words: sustainable development, modeling, innovation, digitalization, industry.

УДК 330.3+005.591.6

DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.17-34>

Пустовгар С.А.¹

к.е.н., доцент, доцент кафедри управління та адміністрування, Навчально-науковий інститут «Каразінська школа бізнесу» Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна

Pustovhar Svitlana

Educational and Scientific Institute "Karazin Business School"

V.N. Karazin Kharkiv National University

Постановка проблеми. Підприємства України в умовах війни стикаються з безпрецедентними викликами, які потребують швидкої адаптації та впровадження інноваційних цифрових рішень для забезпечення сталого розвитку. Порушення логістичних ланцюгів, нестабільне енергопостачання, обмежений доступ до фінансових ресурсів і загрози інформаційній безпеці зумовлюють необхідність використання цифрових технологій

як критичного інструмента адаптації до нової реальності. Особливої актуальності набуває дослідження можливостей і ризиків впровадження цифрових інновацій у промисловому секторі, зважаючи на потребу мінімізації операційних ризиків та збереження конкурентоспроможності як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках. Попри широкий спектр досліджень цифрової трансформації, недостатньо вивченим залишається її вплив

¹ ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4199-8044>

у специфічних умовах воєнного часу, що обумовлює потребу в глибшому аналізі потенціалу й бар'єрів цифровізації в нестабільному середовищі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Цифровізація стала ключовим фактором сталого розвитку бізнесу, дозволяючи оптимізувати процеси, знижувати витрати та підтримувати ефективність, що знаходить своє відображення у працях Nikmehr B., Hosseini M., Martek I., Zavadskas E., Antucheviciene J., Moghrabi I., Bhat S., Szczuko P., AlKhaled R., Dar M., Zheng L., Dong Y., Chen J., Li Y., Li W., Su M. [1–3]. Хоча цифровізація відкриває нові можливості для забезпечення сталого розвитку бізнесу, її впровадження також супроводжується низкою ризиків, які можуть впливати на сталий розвиток підприємств, що підтверджено в працях Gupta S., Rhyner J. [4], Alojail M., Khan S.B. [5]. Одним із найбільш відчутним є ризик кібератак та витоку даних. За даними Державного центру кіберзахисту Держспецзв'язку, у 2023 році кількість зафіксованих атак зросла на 62,5% порівняно з 2022 роком [6]. Недостатній рівень кіберзахисту може призвести до витоку даних, порушення бізнес-процесів і значних фінансових втрат.

В цій статті, на відміну від попередніх досліджень [1–5], акцент робиться на оцінці необхідності впровадження цифрових технологій в управління бізнес-процесами на підприємствах в Україні в умовах війни.

Постановка завдання. Метою статті є дослідження впливу інноваційних цифрових рішень на сталий розвиток промислових підприємств в Україні в умовах війни.

Виклад основного матеріалу дослідження. Об'єктом дослідження виступили підприємства машинобудівної, металургійної, хімічної, харчової, текстильної промисловості України. За розміром це великі та середні підприємства. Основою дослідження стало анкетування, проведене серед менеджерів середньої та вищої ланки. Анкетування проводилося протягом 2023 року. В ході нього респондентам було запропоновано: визначити інноваційні цифрові технології, які використовуються на підприємстві чи існують перспективи їх використання; оцінити можливості та ризики використання цифрових технологій для сталого розвитку підприємств.

За результатами анкетування визначено, що інноваційними цифровими технологіями, що використовуються на промислових підприємствах є:

IoT (Internet of Things) та системи віддаленого моніторингу. Ці технології, що передбачають встановлення сенсорів на обладнанні для збору даних про температуру, вібрації, споживання енергії тощо в режимі реального часу, дозволяють оперативно відстежувати технічний стан устаткування, запобігати аваріям і підвищувати ефективність

обслуговування навіть за умов обмеженого доступу до об'єктів.

Predictive Maintenance (прогнозне обслуговування). Аналітичні програми аналізують великі обсяги даних із сенсорів, щоб виявити ознаки можливих несправностей обладнання на ранніх стадіях. Це допомагає скоротити ризик раптових поломок, особливо важливо в умовах, коли ремонтні бригади мають обмежений доступ або труднощі з логістикою через воєнні дії.

Хмарні обчислення – перенесення частини внутрішньої IT-інфраструктури в хмарні центри обробки даних. У період активних бойових дій знижується ризик втрати критично важливої інформації, оскільки дані зберігаються й дублюються в безпечних дата-центрах, до яких можна отримати доступ віддалено.

Системи кібербезпеки нового покоління – використання спеціалізованих рішень із моніторингу мережі, штучного інтелекту для виявлення підозрілої активності, багаторівневих протоколів аутентифікації. У часи підвищених кібератак такі системи відіграють ключову роль у захисті критичних виробничих процесів.

AI/ML (штучний інтелект та машинне навчання) для управління логістикою. Прогностичні алгоритми аналізують стан шляхів, складські запаси, маршрути перевезень, щоб швидко перенаправляти логістику в разі блокування чи руйнування доріг, мостів, логістичних вузлів. Це допомагає зменшити втрати часу та ресурсів.

3D-друк (Additive Manufacturing). Використання 3D-принтерів для швидкого виготовлення прототипів, запчастин і навіть тимчасових елементів конструкцій. У воєнних умовах така технологія допомагає підприємствам оперативно закривати потреби у деталях, коли традиційні ланцюги постачання порушені.

AR/VR-технології (доповнена та віртуальна реальність) для навчання та технічної підтримки. За допомогою AR/VR фахівці можуть дистанційно навчати персонал, проводити віртуальні інструктажі, а також виконувати «віддалену» діагностику обладнання. Це знижує ризики для безпеки працівників і підвищує ефективність комунікацій, коли немає можливості бути фізично на об'єкті.

Drone-based інспекції. Дрони оснащуються камерами, тепловізорами, сенсорами для швидкої перевірки інфраструктури (трубопроводів, ліній електропередач, дахів промислових будівель). У зоні бойових дій або поблизу неї дрони дозволяють моніторити стан об'єктів без ризику для життя персоналу.

Цифрові двійники (Digital Twin). Створення віртуальної копії виробничих ліній чи всього підприємства, де можна моделювати зміни в процесі, сценарії щодо розташування обладнання чи можливого пошкодження інфраструктури. Це спрощує

прийняття рішень з оптимізації виробництва й планування ремонтів.

Системи управління підприємством (ERP/CRM) з елементами AI – інтегровані платформи, що поєднують фінанси, закупівлі, управління персоналом, продажі й аналітику попиту/пропозиції. Доповнені елементами штучного інтелекту, вони допомагають швидко реагувати на зміну ринкової ситуації та спрогнозувати витрати ресурсів і необхідний рівень запасів з урахуванням перебоїв в постачаннях.

Для оцінки можливостей та ризиків використання зазначених технологій для сталого розвитку підприємств на основі попередніх досліджень [1–5, 7, 8] було сформовано перелік загальних можливостей та ризиків (табл. 1, 2), запропоновано респондентам оцінити кожен з них по 5-ти бальній шкалі, де мінімальна оцінка «1» відповідала відсутності відповідних можливостей/ризиків. Максимальна оцінка «5» означала, що відповідні можливості/ризики є дуже суттєвими та впливають на сталий розвиток підприємства. В анкетуванні взяли участь 626 респондентів – менеджерів 45 підприємств. Така чисельність забезпечує репрезентативність результатів анкетування [9].

Результати анкетування наведені в табл. 1, 2. В таблицях вказані середні арифметичні бальні оцінки.

За можливістю забезпечувати безперервність виробництва та оперативне реагування на ризики найвищі оцінки дістали такі цифрові технології, як IoT (4,6 балів), системи кібербезпеки нового покоління (4,7 балів). Датчики й засоби

захисту відіграють критичну роль у швидкому виявленні загроз і підтриманні стабільності процесів в умовах воєнного стану. Прогнозне обслуговування (4,1 бали) також сприяє мінімізації аварій і збоїв, а хмарні обчислення (4 бали) та ERP/CRM (4,2 бали) гарантують доступність даних та координацію дій навіть за умови фізичних обмежень.

З позиції оптимізації використання ресурсів і забезпечення енергоефективності найбільш пріоритетними є Internet of Things та системи віддаленого моніторингу (4,8 балів), штучний інтелект та машинне навчання (4,9 балів), які дають змогу відстежувати споживання ресурсів у реальному часі й алгоритмічно керувати процесами для зменшення витрат. Прогнозне обслуговування (4 бали) допомагає продовжити термін служби обладнання та попередити витрати на ремонти. Цифрові двійники (4,7 балів) дозволяють моделювати виробничі сценарії й обирати найефективніші варіанти. Натомість системи кібербезпеки (2,1 бали) напряду не впливають на енергоефективність, але лишаються важливими для захищеності IT-інфраструктури.

Штучний інтелект та машинне навчання отримали найвищий бал при оцінці можливості вдосконалення логістики та ланцюгів постачань (4,8 балів), адже моделі машинного навчання дають змогу оптимізувати маршрути постачань, складські запаси та прогнозувати попит. Системи управління підприємством з елементами AI також є ключовими для координації ланцюга постачань і взаємодії з клієнтами/постачальниками (4,6 балів). Інтернет речей та системи віддаленого

Таблиця 1

Бальна оцінка можливостей використання цифрових технологій для сталого розвитку промислових підприємств в Україні в умовах війни

Можливості	IoT	PM	CC	NGC	AI/ML	3D	AR/VR	DBI	DT	ERP/CRM
Забезпечення безперервності виробництва та оперативне реагування на ризики	4,6	4,1	4,0	4,7	3,7	3,1	3,3	3,8	3,9	4,2
Оптимізація використання ресурсів і енергоефективність	4,8	4,0	2,9	2,1	4,9	3,1	2,0	2,1	4,7	3,7
Вдосконалення логістики та ланцюгів постачань	4,0	2,2	4,1	3,2	4,8	2,2	2,4	3,0	3,9	4,6
Покращення безпеки праці та соціальної складової	4,1	3,0	2,2	3,1	3,4	2,4	4,1	4,1	3,3	2,1
Зменшення екологічного впливу та «зелена» трансформація	4,8	4,1	3,5	2,1	4,8	4,1	2,2	3,1	4,9	3,8
Стратегічне планування й гнучке управління	4,1	3,1	4,2	3,5	4,8	2,0	2,1	2,4	4,7	4,8
Середня оцінка	4,4	3,4	3,5	3,1	4,4	2,8	2,7	3,1	4,2	3,9

Умовні позначення: IoT – Internet of Things та системи віддаленого моніторингу, PM – прогнозне обслуговування, CC – хмарні обчислення, NGC – системи кібербезпеки нового покоління, AI/ML – штучний інтелект та машинне навчання, 3D – 3D-друк, AR/VR – доповнена та віртуальна реальність, DBI – Drone-based інспекції, DT – цифрові двійники, ERP/CRM – системи управління підприємством з елементами AI.

Джерело: сформовано автором

моніторингу, хмарні обчислення сприяють прозорості інформації про переміщення товарів і оперативності ухвалення рішень, що оцінено в 4,0 та 4,1 бали відповідно.

В рамках покращення безпеки праці та соціальної складової інтернет речей та системи віддаленого моніторингу (4,1 бали) дають змогу моніторити умови в цехах, відстежувати місцеперебування персоналу в небезпечних зонах тощо. Доповнена та віртуальна реальність (4,1 бали), Drone-based інспекції (4,1 бали) корисні для дистанційного навчання персоналу та перевірки потенційно небезпечних ділянок без участі людини.

Можливість зменшення екологічного впливу та «зелена» трансформація стають реальними, в першу чергу, завдяки технологіям інтернету речей та систем віддаленого моніторингу (4,8 бали), штучного інтелекту та машинного навчання (4,8 бали), цифрових двійників (4,9 бали). Ці технології мають значний потенціал для зниження викидів, скорочення відходів і впровадження енергоощадних рішень завдяки детальному моделюванню й аналізу даних. Прогнозне обслуговування (4,1 бали) уможливорює економне використання ресурсів завдяки раціональному підходу до обслуговування обладнання. 3D-друк (4,1 бали) може зменшувати обсяг транспортування й матеріальних відходів.

Штучний інтелект та машинне навчання, цифрові двійники, системи управління підприємством з елементами AI відіграють вирішальну роль

у побудові довгострокових стратегій, дозволяючи моделювати різні сценарії, оптимізувати ресурси й ухвалювати рішення на базі аналітики, що оцінено в середнього в 4,7-4,8 бали. Інтернет речей (4,1 бали) і хмарні обчислення (4,2 бали) підтримують доступність та актуальність даних, що допомагає швидко адаптуватися до змін.

Оцінка ризиків використання цифрових технологій для сталого розвитку промислових підприємств в Україні в умовах війни представлена в табл. 2.

Найвищий ризик кібератак та витоку даних мають технології, які обробляють або зберігають великі масиви критичних даних: інтернет речей, хмарні обчислення, системи управління підприємством з елементами AI (4,2 бали).

Такі технології, як інтернет речей, хмарні обчислення, цифрові двійники, дуже залежать від безперервності зв'язку та електроенергії, тому є найбільш вразливими до ризику нестабільності енергопостачання та інтернет-зв'язку (5 балів).

Впровадження цифрових двійників, систем управління підприємством з елементами AI вимагає значних коштів і може стикатися з браком інвестицій. Інші технології також передбачають витрати на обладнання, ліцензії та навчання. Тому ризик фінансових витрати та проблем з інвестиціями для всіх технологій оцінено в 3,9–5 балів).

Ризик недостатньої кваліфікації персоналу та опору змінам найвищий для технологій штучного

Таблиця 2

**Бальна оцінка ризиків використання цифрових технологій
для сталого розвитку промислових підприємств в Україні в умовах війни**

Ризики	IoT	PM	CC	NGC	AI/ML	3D	AR/VR	DBI	DT	ERP/CRM
Кібератаки та витік даних	4,2	2,0	4,2	2,5	3,2	2,2	2,1	3,2	3,3	4,2
Нестабільність енергопостачання та інтернет-зв'язку	5,0	4,2	5,0	3,2	4,1	3,2	4,2	4,3	5,0	4,4
Фінансові витрати та проблеми з інвестиціями	4,4	4,6	4,2	4,3	4,3	4,1	4,6	3,9	5,0	5,0
Недостатня кваліфікація персоналу та опір змінам	3,1	3,1	3,3	3,2	5,0	3,3	4,2	3,2	4,3	4,4
Складність інтеграції в наявну інфраструктуру	4,2	3,3	4,1	3,4	4,0	2,1	3,2	3,5	5,0	4,2
Ризики, пов'язані з дотриманням стандартів безпеки та конфіденційності	4,2	2,1	4,3	3,5	4,2	2,2	3,4	3,6	4,1	4,9
Порушення ланцюгів постачання та доступу до матеріалів	3,1	2,2	3,9	2,3	3,5	4,5	3,2	4,3	3,2	3,4
Залежність від зовнішніх провайдерів та обмежений контроль	4,1	3,3	5,0	4,2	4,3	2,1	3,0	3,2	4,3	4,8
Середня оцінка	4,0	3,1	4,3	3,3	4,1	3,0	3,5	3,7	4,3	4,4

Умовні позначення: IoT – Internet of Things та системи віддаленого моніторингу, PM – прогнозне обслуговування, CC – хмарні обчислення, NGC – системи кібербезпеки нового покоління, AI/ML – штучний інтелект та машинне навчання, 3D – 3D-друк, AR/VR – доповнена та віртуальна реальність, DBI – Drone-based інспекції, DT – цифрові двійники, ERP/CRM – системи управління підприємством з елементами AI.

Джерело: сформовано автором

інтелекту та машинного навчання (5 балів), що вимагає специфічних навичок (програмування, аналіз даних). Інші технології також потребують додаткової підготовки персоналу, тому рівень ризику оцінено на рівні вище середнього: 3,1 бали та вище.

Більшість цифрових технологій вимагають масштабного збору даних і сумісності з іншими системами, оновлення IT-інфраструктури та високої пропускну здатності мереж, що зумовлює складність інтеграції в наявну інфраструктуру. Особливо це стосується технологій цифрових двійників.

Ризики, пов'язані з дотриманням стандартів безпеки та конфіденційності, найбільш виражені для систем управління підприємством з елементами AI (4,9 балів), хмарних технологій (4,3 бали), які зберігають персональні й комерційні дані, для інтернету речей (4,2 бали), штучного інтелекту та машинного навчання (4,2 бали), які обробляють різноманітну телеметрію, вразливу до перехоплення.

Ризик порушення ланцюгів постачання та доступу до матеріалів притаманний в першу чергу для технологій 3D-друку, які потребують спеціальних матеріалів і комплектуючих для принтерів, для Drone-based інспекції, які залежать від доступу до дронів та запасних частин.

Залежність від зовнішніх провайдерів та обмежений контроль характеризуються тим, що підприємство значною мірою покладається на зовнішніх постачальників програмного забезпечення, хмарних сервісів чи обладнання. Це може ускладнювати процеси оперативного обслуговування, оновлення систем чи швидкого усунення збоїв, оскільки фактично обмежується повний контроль над ключовими компонентами інфраструктури.

Наведені результати свідчать, що всі цифрові технології, які вже застосовуються або мають перспективи впровадження на промислових підприємствах України, одночасно створюють як нові можливості, так і генерують певні ризики. З метою визначення перспектив їх ефективного використання було розроблено матричну модель, яка оцінює вплив цифрових технологій на сталий розвиток підприємств. У межах цієї моделі, із

застосуванням методів кластерного аналізу (ієрархічної кластеризації й методу k-середніх в програмі Statistica 12.0), було визначено рівні можливостей і ризиків. Кластеризацію проведено з урахуванням оцінок респондентів по всіх досліджуваних підприємствах. За результатами аналізу виокремлено по три рівні можливостей і ризиків та проміжні рівні, діапазони бальних оцінок яких наведено в табл. 3.

Про репрезентативність виділених рівнів свідчать значення F-критерію, яке для кожної можливості та ризику є статистично значимим при рівні значущості 0,05 [10].

На основі ідентифікованих рівнів розроблено матричну модель оцінки впливу цифрових технологій на сталий розвиток підприємств (рис. 1).

До квадранту «високі можливості-високі ризики» віднесено інтернет речей та системи віддаленого моніторингу, штучний інтелект та машинне навчання, цифрові двійники, системи управління підприємством з елементами AI. Вони мають значний потенціал для зростання ефективності, зниження витрат та формування конкурентних переваг завдяки масштабним аналітичним можливостям, віддаленому моніторингу й автоматизації процесів.

Водночас ці технології вимагають суттєвих інвестицій та кваліфікації персоналу. Через велику кількість даних, а також залежність від безперебійної роботи мереж і захищеності інформації, зростає ризик кібератак, витоків даних та операційних збоїв.

До квадранту «середні можливості-високі ризики» належать хмарні обчислення, Drone-based інспекції, доповнена та віртуальна реальність, що свідчить про помірну віддачу від їх упровадження за доволі великої вразливості до зовнішніх чинників.

3D-друк та прогнозне обслуговування сформували квадрант «середні можливості-середні ризики». Потенціал цих технологій для підвищення ефективності є помірним або залежить від конкретної галузі чи процесу. Основними ризиками є нестача спеціалізованих фахівців, значні інвестиції, складність інтеграції у наявну інфраструктуру.

Таблиця 3

Рівні можливостей та ризиків використання цифрових технологій для сталого розвитку промислових підприємств в Україні в умовах війни

Можливості		Ризики	
Рівень	Діапазон бальних оцінок	Рівень	Діапазон бальних оцінок
Низький	[1; 2,2]	Низький	[1; 1,9]
Проміжний (помірно низький)	(2,2; 2,5)	Проміжний (помірно низький)	(1,9; 2,2)
Середній	[2,5; 3,6]	Середній	[2,2; 3,1]
Проміжний (помірно високий)	(3,6; 3,8)	Проміжний (помірно високий)	(3,1; 3,5)
Високий	[3,8; 5]	Високий	[3,5; 5]

Джерело: сформовано автором

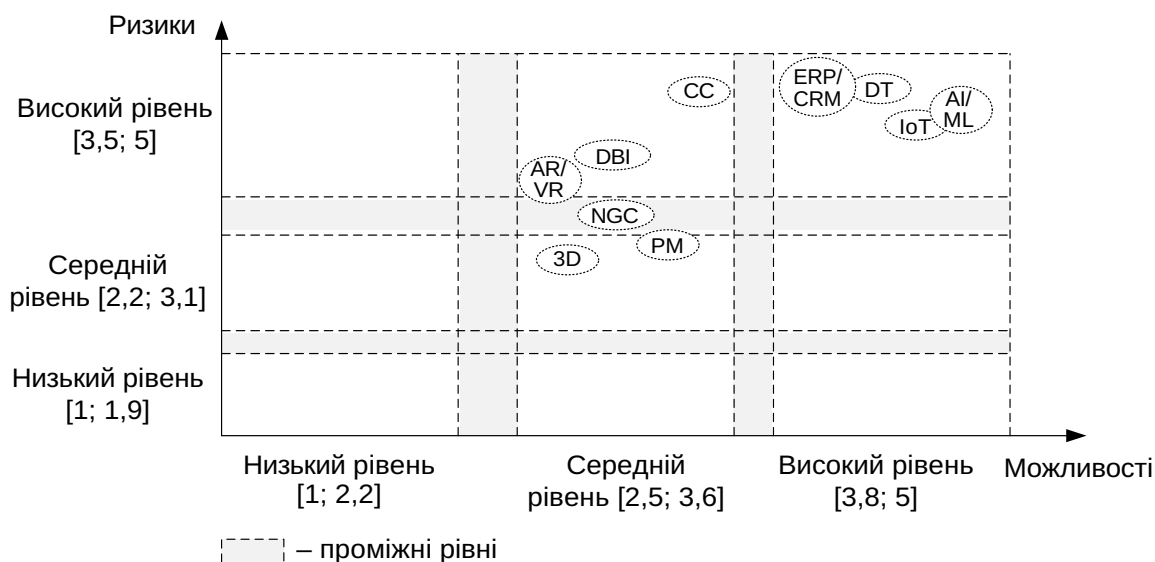


Рис. 1. Матрична модель оцінки впливу цифрових технологій на сталий розвиток промислових підприємств в Україні в умовах війни

Джерело: сформовано автором

Висновки. Проведене дослідження засвідчило, що кожна з досліджених технологій має потенціал для покращення виробничих процесів і створення конкурентних переваг. Водночас жодна з них не характеризується низьким рівнем ризику. Ефективність цифрових технологій у забезпеченні сталого розвитку підприємств залежить від того, наскільки підприємство може забезпечити необхідні ресурси, а також мінімізувати ризики, пов'язані з безпекою, інфраструктурою й окупністю проектів.

Найбільше перспектив для сталого розвитку мають інтернет речей та системи віддаленого моніторингу, штучний інтелект та машинне навчання, цифрові двійники, системи управління підприємством з елементами AI. Проте, з огляду на високі ризики, їх впровадження має бути поетапним, починаючи з найкритичніших виробничих процесів, де віддача буде максимальною. Пріоритетними заходами в напрямку мінімізації ризиків будуть зміцнення кібербезпеки та підготовка персоналу.

Для технологій, що мають середній рівень можливостей та високі ризики першочерговим є проведення аудиту з метою визначення наскільки підприємство покладається на зовнішніх провайдерів і чи має альтернативи в разі перебоїв. Технології із середнім рівнем можливостей та ризиків дають помірний ефект, потребують менше ресурсів і легше впроваджуються. Ризики хоча і є істотними, проте є керованими за умови планування і поступової інтеграції в бізнес-процеси.

Перспективами подальших досліджень є розробка сценаріїв сталого розвитку промислових підприємств в Україні в умовах війни з використанням цифрових технологій.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Nikmehr B., Hosseini M.R., Martek I., Zavadskas E.K., Antucheviciene J. Digitalization as a Strategic Means of Achieving Sustainable Efficiencies in Construction Management: A Critical Review. *Sustainability*. 2021. Vol. 13(9). 5040. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13095040>
2. Moghrabi I.A.R., Bhat S.A., Szczuko P., AlKhaled R.A., Dar M.A. Digital Transformation and Its Influence on Sustainable Manufacturing and Business Practices. *Sustainability*. 2023. Vol. 15(4). 3010. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15043010>
3. Zheng L., Dong Y., Chen J., Li Y., Li W., Su M. Impact of Crisis on Sustainable Business Model Innovation – The Role of Technology Innovation. *Sustainability*. 2022. Vol. 14(18). 11596. DOI: <https://doi.org/10.3390/su141811596>
4. Gupta S., Rhyner J. Mindful Application of Digitalization for Sustainable Development: The Digitainability Assessment Framework. *Sustainability*. 2022. Vol. 14(5). 3114. <https://doi.org/10.3390/su14053114>
5. Alojail M., Khan S.B. Impact of Digital Transformation toward Sustainable Development. *Sustainability*. 2023. Vol. 15(20). 14697. DOI: <https://doi.org/10.3390/su152014697>
6. Державний центр кіберзахисту Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України. URL: <https://scpsc.gov.ua/uk> (дата звернення: 18.04.2025).
7. Megits N., Aliyev S.T., Pustovhar S., Bielialov T., Prokopenko O. The «Five-Helix» Model as an effective way to develop business in Industry 4.0 of selected countries. *Journal of Eastern European and Central Asian Research*. 2022. Vol. 9(2). P. 357-368.
8. Пустовгар С. Тенденції розвитку підприємництва в Україні в умовах Індустрії 4.0. *Економіка та суспільство*. 2022. №39. DOI: <https://doi.org/10.3278/2/2524-0072/2022-39-15>

9. Reid N. Statistical Sufficiency. *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*. 2015. P. 418–422.

10. Cunningham C.J.L., Weathington B.L., Pittenger D.J. *Understanding and Conducting Research in the Health Sciences*. John Wiley & Sons, Inc., 2013. 526 p.

REFERENCES:

1. Nikmehr B., Hosseini M.R., Martek I., Zavadskas E.K., Antucheviciene J. (2021). Digitalization as a Strategic Means of Achieving Sustainable Efficiencies in Construction Management: A Critical Review. *Sustainability*, vol. 13(9), p. 5040. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13095040>

2. Moghrabi I.A.R., Bhat S.A., Szczuko P., AlKhaled R.A., Dar M.A. (2023). Digital Transformation and Its Influence on Sustainable Manufacturing and Business Practices. *Sustainability*, vol. 15(4), p. 3010. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15043010>

3. Zheng L., Dong Y., Chen J., Li Y., Li W., Su M. (2022). Impact of Crisis on Sustainable Business Model Innovation – The Role of Technology Innovation. *Sustainability*, vol. 14(18), p. 11596. DOI: <https://doi.org/10.3390/su141811596>

4. Gupta S., Rhyner J. (2022). Mindful Application of Digitalization for Sustainable Development: The Digitainability Assessment Framework. *Sustainability*, vol. 14(5), p. 3114. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14053114>

su14053114

5. Alojail M., Khan S.B. (2023). Impact of Digital Transformation toward Sustainable Development. *Sustainability*, vol. 15(20), 14697. <https://doi.org/10.3390/su152014697>

6. Derzhavnyi tsentr kiberzakhystu Derzhavnoi sluzhby spetsialnoho zviazku ta zakhystu informatsii Ukrainy [State Cyber Protection Center of the State Service of Special Communications and Information Protection of Ukraine]. Available at: <https://scpc.gov.ua/uk> (accessed April 18, 2025).

7. Megits N., Aliyev S. T., Pustovhar S., Bielialov T., Prokopenko O. (2022). The "Five-Helix" Model as an effective way to develop business in Industry 4.0 of selected countries. *Journal of Eastern European and Central Asian Research*, vol. 9(2), pp. 357–368.

8. Pustovhar S. (2022). Tendentsiyi rozvytku pidpryemnytstva v Ukrayini v umovakh Industriyi 4.0 [Trends in the Development of Entrepreneurship in Ukraine under Industry 4.0 Conditions]. *Economy and Society*, no. 39. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-39-15>.

9. Reid N. (2015). Statistical Sufficiency. *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*, pp. 418–422.

10. Cunningham C.J.L., Weathington B.L., Pittenger D.J. (2013). *Understanding and Conducting Research in the Health Sciences*. John Wiley & Sons, Inc. 526 p.