



Стала економіка

УДК 338.2:004.9:330.341.1

DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.17007916>

Індустрія 4.0, як чинник формування потенціалу промислового підприємства в умовах сталого розвитку

Почтовюк Андрій Борисович,

д.е.н., професор кафедри економіки,

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського,
м. Кременчук, Україна, <https://orcid.org/0000-0001-7862-9659>

Подшивалов Ілля Володимирович,

аспірант кафедри економіки, Кременчуцький національний університет імені
Михайла Остроградського, м. Кременчук, Україна,
<https://orcid.org/0009-0007-8752-4470>

Яременко Антон Ігорович,

аспірант кафедри економіки, Кременчуцький національний університет імені
Михайла Остроградського, м. Кременчук, Україна,
<https://orcid.org/0009-0000-0218-6732>

Прийнято: 19.08.2025 | Опубліковано: 30.08.2025

***Анотація.** Стаття присвячена теоретичному дослідженню впливу базових технологій Індустрії 4.0 та концепції сталого розвитку на формування потенціалу промислового підприємства. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю врахування впливу сучасних технологій*



на формування потенціалу вітчизняних промислових підприємств на засадах сталого розвитку для своєчасної адаптації та забезпечення подальшого розвитку підприємств в умовах невизначеності економічного і політичного середовища та викликів воєнного стану.

Метою статті є теоретичний аналіз впливу ключових технологій Індустрії 4.0 у поєднанні із застосуванням концепції сталого розвитку на формування потенціалу промислового підприємства.

Під час проведення дослідження було застосовано наступні **методи** і **прийоми**: аналіз, зокрема такі його види, як визначення динамічного складу, виявлення форм взаємодії елементів цілого і структурно-функціональний аналіз було використано для дослідження впливу технологій Індустрії 4.0 та компонентів сталого розвитку на складові потенціалу підприємства; у доповнення до попереднього методу було застосовано синтез для систематизації та узагальнення впливу технологій Індустрії 4.0 і компонентів сталого розвитку на потенціал підприємства в цілому; метод наукової абстракції використовувався для фокусування на суттєвих властивостях і взаємозв'язках потенціалу підприємства, його складових із інноваційними технологіями та складовими сталого розвитку (абстракції першого та другого порядку); системний підхід було використано при дослідженні взаємозв'язків і взаємозалежностей складових потенціалу підприємства для комплексного та всебічного врахування впливу технологій і концепції сталого розвитку; гіпотетико-дедуктивний метод та узагальнення були застосовані для систематизації і оформлення результатів дослідження продемонстрованих в аналітичних таблицях та формулювання висновків. Теоретико-методологічне обґрунтування переважно базується на огляді актуальних міжнародних та вітчизняних наукових джерел.

Результати. У статті розглянуто характерні особливості концепції Індустрії 4.0, зокрема проаналізовано ключові технології, які забезпечують



*перехід до четвертої промислової революції (кіберфізичні системи, інтернет речей, великі дані, штучний інтелект, хмарні обчислення). Досліджено еволюцію підходів до визначення сталого розвитку, основних складових (економічної, соціальної та екологічної) і засадничих принципів його застосування. Проаналізовано сутність та структурні/функціональні елементи потенціалу промислового підприємства. Теоретично обґрунтовано вплив ключових технологій Індустрії 4.0 і компонентів концепції сталого розвитку на основні складові потенціалу промислового підприємства (виробнича, інноваційна, управлінська, трудова, фінансово-інвестиційна, інформаційна, екологічна, ринкова). **Висновки.** На теоретичному рівні виявлено переважно позитивний вплив технологій Індустрії 4.0 на потенціал промислового підприємства, однак варто зазначити, що цей вплив є нерівномірним, різноспрямованим і тривалим у часі. Ідентифіковано, що застосування нових технологій вимагає від промислових підприємств врахування можливих ризиків і загроз. Встановлено, що одним із способів мінімізації таких ризиків і загроз є взаємодоповнююче застосування концепції сталого розвитку разом із впровадженням нових технологій.*

Ключові слова: Індустрія 4.0, кіберфізичні системи, інтернет речей, великі дані, хмарні обчислення, штучний інтелект, «розумний» завод, потенціал промислового підприємства, сталий розвиток.

Industry 4.0 as a factor in formation of an industrial enterprise's potential in the context of sustainable development

Andriy Pochtovyuk,

Doctor of Economics Science, Professor of the Department of Economics,
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University,
Kremenchuk, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0001-7862-9659>



Illia Podshyvalov,

graduate student of the Department of Economics,
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University,
Kremenchuk, Ukraine, <https://orcid.org/0009-0007-8752-4470>

Anton Yaremenko,

graduate student of the Department of Economics,
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University,
Kremenchuk, Ukraine, <https://orcid.org/0009-0000-0218-6732>

Abstract. *The article is devoted to the theoretical study of the impact of basic Industry 4.0 technologies and sustainable development concept on the formation of industrial enterprise potential. The relevance of the study is determined by the need to take into account the impact of innovative technologies on the formation of the domestic industrial enterprises' potential on the basis of sustainable development for timely adaptation and ensuring further development of enterprises in conditions of uncertainty of the economic and political environment and the challenges of martial law.*

*The **purpose** of the article is to provide a theoretical analysis of the impact of key Industry 4.0 technologies in combination with the application of the concept of sustainable development on the formation of industrial enterprise potential.*

*During the research, the following scientific **methods** and techniques were used: analysis, in particular, such types as determining the dynamic composition, identifying the forms of interaction between the elements of the whole, and structural and functional analysis were used to study the impact of Industry 4.0 technologies and sustainable development components on the components of the enterprise's potential; in addition to the previous method, synthesis was used to systematise and generalise the impact of Industry 4.0 technologies and sustainable development components on the enterprise's potential as a whole; the method of scientific*



abstraction was used to focus on the essential characteristics and interrelationships of the enterprise's potential, its components with innovative technologies and components of sustainable development (first and second level abstractions); a systematic approach was used to study the interrelationships and interdependencies of the components of enterprise potential for a complete and comprehensive consideration of the impact of technologies and the concept of sustainable development; the hypothetical-deductive method and generalisation were used to systematise and formalise the research results presented in analytical tables and to formulate conclusions. The theoretical and methodological justification is mainly based on a review of relevant international and domestic scientific literature.

Results. *The article examines the main features of the Industry 4.0 concept, in particular, it analyses the key technologies that support a transition to the fourth industrial revolution (cyber-physical systems, the Internet of Things, big data, artificial intelligence, cloud computing). The evolution of approaches to defining sustainable development, its main components (economic, social and environmental) and the fundamental principles of its application have been studied. There have been analysed the essence and structural/functional elements of the potential of an industrial enterprise. The influence of key Industry 4.0 technologies and components of the concept of sustainable development on the main components of the potential of an industrial enterprise (production, innovation, management, labour, financial and investment, information, environmental, market) has been theoretically substantiated.* **Conclusions.** *At the theoretical level, the predominantly positive impact of Industry 4.0 technologies on the potential of industrial enterprises has been identified, but it should be mentioned, that the impact is uneven, multidirectional and long-lasting. It has been identified that the application of new technologies requires industrial enterprises to take into account possible risks and threats. It has been established that one possible way to minimise such risks and*



threats is the complementary application of a sustainable development strategy alongside with implementation of innovative technologies.

Keywords: *Industry 4.0, cyber-physical systems, Internet of Things, big data, cloud computing, artificial intelligence, smart factory, potential of an industrial enterprise, sustainable development.*

Постановка проблеми. У сучасних умовах економічної та політичної невизначеності, підсилених низкою військових ризиків, а також євроінтеграційного вектору розвитку України, власники та керівництво вітчизняних промислових підприємств постають перед низкою нових викликів та можливостей. Для виживання та адаптації підприємств важливим є розуміння чинників, напрямку і ступеню їх впливу, що впливає на формування їхнього потенціалу. Серед таких факторів доцільно виокремити вплив інноваційних технологій, які становлять основу Індустрії 4.0. Враховуючи, що стрімкий розвиток цих технологій несе в собі, як можливості і переваги, так і потенційні ризики та загрози, перед промисловими підприємствами постає необхідність нівелювання та зменшення ступеня ризиків. Одним із можливих способів вирішення цього питання є послідовне і одночасне застосування принципів сталого розвитку разом із впровадженням нових технологій.

Іноземними та вітчизняними науковцями всесторонньо та ґрунтовно досліджено окремі теоретичні і практичні питання, присвячені промислому застосуванню технологій Індустрії 4.0, потенціалу промислового підприємства і його структури та основ концепції сталого розвитку. Проте, недостатньо дослідженим залишається питання впливу ключових технологій Індустрії 4.0 при одночасному застосування стратегії сталого розвитку на потенціал промислового підприємства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню ключових технологій Індустрії 4.0 присвячені праці наступних іноземних вчених та фахівців: L. Monostori (кіберфізичні системи) [2], A.J. Calderón, D. Calderón,



F.J. Folgado, I. González (аналіз ключових технологій Індустрії 4.0) [3], J. Wang, Ch. Xu, J. Zhang, R. Zhong (використання великих даних на виробництві) [6], B. Berisha, E. Mëziu (застосування штучного інтелекту у промисловості) [8], B. Arezoo, R. Dastres M. Soori (промислове використання Інтернету речей) [9] та ін. Вищезазначені дослідження присвячені різним аспектам технологій Індустрії 4.0, однак варто зазначити, що станом на зараз відсутнє єдине визначення самої концепції Індустрії 4.0, оскільки вона перебуває у фазі активного становлення та розвитку, що у свою чергу, пояснюється стрімким розвитком технологій. Зокрема, існують два протилежні погляди щодо визначення Індустрії 4.0 та четвертої промислової революції, так К. Шваб вказує на те, Індустрія 4.0 є унікальним і якісно новим явищем [1], в той час як A.J. Calderón, D. Calderón, F.J. Folgado, I. González стверджують, що вона є комбінацією низки традиційних та інноваційних технологій, які підвищують ефективність, гнучкість, стійкість промислових процесів та бізнесу [3].

Також, відсутній уніфікований вичерпний перелік технологій, які становлять основу Індустрії 4.0 О.О. Сосновська та В.Г. Вакофян визначають наступні технології, як ключові для Індустрії 4.0: Інтернет речей та промисловий Інтернет речей, цифрові платформи та цифрові екосистеми, Великі дані, штучний інтелект та хмарні обчислення [12]. У дослідженні A.J. Calderón, D. Calderón, F.J. Folgado, I. González до вищезазначеного переліку технологій додано кіберфізичні системи, роботизацію, технології віртуальної/ доповненої реальності, симуляції (моделювання), кібербезпеку та системну інтеграцію [3]. Водночас, О.В. Тимошенко також наводить такі технології, як: аддитивне виробництво (3D друк), «розумні міста» [13]. Відповідно, проаналізувавши наукові джерела, можна дійти висновку, що у більшості досліджень зустрічається 5-7 технологій, які слугують базою для Індустрії 4.0, проте перелік таких технологій не є вичерпним з огляду на те,



що більшість технологій є взаємопов'язаними, їхній розвиток є стрімким та кожній галузі промисловості притаманні характерні особливості.

Питанням дослідження практичних аспектів застосування технологій Індустрії 4.0. приділяли увагу наступні науковці: О.В. Тимошенко (аналіз викликів та загроз Індустрії 4.0) [13], Л.С. Нождак, М.І. Паращич (проблеми та перспективи розвитку Індустрії 4.0 в Україні) [14], М.В. Савченко, Н.І. Носалюк (аналіз стимуляторів та дистилляторів для переходу до Індустрії 4.0, а також пов'язаних ризиків та загроз) [15]. Зокрема, у двох останніх працях проведено SWOT-аналіз впровадження Індустрії 4.0. в Україні на державному рівні [14, 15]. В цілому, ідентифіковані в обох дослідженнях сильні і слабкі сторони, а також можливості і загрози є несутеречливими, а радше взаємодоповнюючими.

Характерні риси та особливості складових концепції сталого розвитку проаналізовано у працях таких фахівців: С.О. Шевченко (проблеми сталого розвитку, глобалізації та євроінтеграції) [18], Л.М. Філіпішина, В.С. Чала (питання еволюції поглядів на концепцію сталого розвитку) [16, 19], О.В. Захарченко, Л.А. Свистун, А.А. Рожко (наукове обґрунтування засад сталого розвитку) [20, 21], Д.В. Райко, М.В. Маслак, Я.Ю. Яковенко (теоретичні та практичні аспекти стійкого розвитку підприємств) [24, 25]. Зокрема у праці Л.М. Філіпішиної зосереджено увагу на хронологічних етапах розвитку концепції сталого розвитку (зародження, формування теоретичних основ і систематизації концепції), а також проаналізовано базові підходи до визначення сталого розвитку (еколого-системний, кластерний, триєдиний в сталий розвиток бізнес-організації) [16]. Водночас, В.С. Чала наводить більш розширену та ґрунтовну періодизацію еволюції сталого розвитку, і на відміну від попередньої виокремлює також передпарадигмальний етап (кінець XV – поч. 1970-х років XX ст.), представлений окремими ідеями сталого розвитку у працях дослідників класичної школи політичної економії, маржиналістського



напрямку, марксизму, неокласичної теорії. С.О. Шевченко і О.В. Захарченко у межах триєдиного підходу приділяють значну увагу економічній, соціальній та екологічній складовій [18, 21]. Л.А. Свистун і А.А. Рожко у доповнення до трьох зазначених складових досліджують їхній вплив на розвиток економічної системи, взаємозв'язок цілей сталого розвитку, а також принципи його реалізації та систему показників оцінки його рівня [20]. Праці Д.В. Райко, М.В. Маслак, Я.Ю. Яковенко присвячені дослідженню сталого розвитку на мікрорівні, зокрема аспектам побудови стратегії сталого розвитку підприємства та забезпечення його сталого розвитку в умовах невизначеності та кризи [22, 24, 25]. У вищезазначених працях наведені різні визначення сталого розвитку, що вказує на відсутність єдиного прийнятого визначення, однак у переважній більшості погляди авторів сходяться на необхідності аналізу трьох складових сталого розвитку і їх взаємозв'язок.

Дослідженню та обґрунтуванню підходів до визначення потенціалу підприємства, аналізу ключових його складових та факторів впливу присвячено праці таких науковців як І.А. Ажман [34], О.О. Безручко [29], Н.Є. Гришко [31], О.М. Завора [30], П.В. Круш [28], О.І. Маслак [24, 29], А.Л. Сабадирьова [32] та ін. Так, у працях І.А. Ажман, О.М. Завори, А.Л. Сабадирьової ґрунтовно досліджено підходи до визначення потенціалу підприємства (ресурсний, цільовий, системний, як сукупність здатностей та ін.), проаналізовано його структуру і характерні властивості [34, 31, 30, 32]. Дослідження О.О. Безручко, Н.Є. Гришко, О.І. Маслак присвячені періодизації концепції розвитку потенціалу підприємства, аналізу складових структури потенціалу, чинникам та стратегіям його формування [29, 31]. П.В. Круш приділяє значну увагу дослідженню потенціалу підприємства, як системи [28]. Вищенаведені праці містять різні визначення категорії «потенціал підприємства» та підходи до ідентифікації його структурних складових, що свідчить про відсутність усталеного визначення у науковій



літературі та необхідність подальших досліджень, узагальнень та систематизації.

Незважаючи на значну кількість наукових праць і окремих досліджень питання взаємозв'язку і взаємовпливу технологій Індустрії 4.0, потенціалу промислового підприємства та концепції сталого розвитку потребують усторонніх і комплексних теоретичних та практичних досліджень. Дослідження наведене у цій статті спирається на систематизацію та узагальнення теоретичного та практичного матеріалу, наведеного у працях вищезазначених науковців.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Враховуючи поточний ступінь дослідження теоретичних основ і практичного застосування базових технологій Індустрії 4.0, теорії потенціалу промислового підприємства та застосування концепції сталого розвитку, недостатньо дослідженим залишається вплив зазначених технологій на потенціал промислового підприємства та шляхи нівелювання потенційних ризиків та загроз, пов'язаних із застосуванням цих технологій.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є дослідження на теоретичному рівні впливу ключових технологій Індустрії 4.0 при одночасному застосуванні концепції сталого розвитку на формування потенціалу промислового підприємства. Відповідно до цього було визначено наступні завдання: охарактеризувати засади та ключові технології Індустрії 4.0; дослідити еволюцію визначення сталого розвитку, основних складових і базових принципів концепції; проаналізувати сутність та структурні елементи потенціалу промислового підприємства; проаналізувати і узагальнити вплив базових технологій Індустрії 4.0 на потенціал промислового підприємства; визначити та охарактеризувати застосування стратегії сталого розвитку промисловими підприємствами для нівелювання ризиків і загроз в умовах Індустрії 4.0.



Виклад основного матеріалу дослідження. У сучасних умовах розвитку світової економіки, зокрема економік розвинутих країн, дослідники, науковці та фахівці-практики вказують на активний етап становлення та розвитку четвертої промислової революції. Її ключовою ознакою є все більше зближення і злиття цифрового та фізичного середовищ, яке стало можливим внаслідок розвитку низки високих технологій. Відповідно, практичне застосування таких технологій підприємствами у своїй діяльності визначають як Індустрію 4.0.

Концепція четвертої промислової революції була обґрунтована німецьким економістом Клаусом Швабом. Зокрема ключовими технологіями, які є підґрунтям четвертої наукової революції, є: штучний інтелект, робототехніка, інтернет речей, автономні транспортні засоби, 3D-друк, нанотехнології, біотехнології, матеріалознавство, накопичення енергії, квантові обчислення та ін. Зазначені технології взаємопов'язані між собою і посилюють злиття технологій у фізичному, цифровому та біологічному середовищах. На підтвердження того, що Індустрія 4.0 є проявом окремої революції, а не подальшим етапом розвитку третьої промислової революції, К. Шваб вказує на швидкість розвитку (зміни відбуваються експоненційно, а не лінійно внаслідок того, що світ є глобальним), глибину змін (революція поєднує в собі кілька технологій, які призводять до безпрецедентних змін в економіці, суспільстві та на рівні окремих індивідів), вплив на цілі системи (трансформація країн, компаній, галузей, суспільства в цілому) [1; 7].

Для подальшого аналізу впливу Індустрії 4.0 на формування потенціалу промислового підприємства необхідно з'ясувати сутність ключових технологій. Зважаючи на наявність різних позицій фахівців та науковців щодо цього нижче розглянуто перелік технологій, які найчастіше наводяться у науковій та фаховій літературі.



1. Кіберфізичні системи (Cyber-Physical Systems – CPS) визначають як системи взаємодіючих обчислювальних компонентів, які перебувають в інтенсивному зв'язку з навколишнім фізичним середовищем та його процесами, надаючи та використовуючи одночасно доступ до даних та їх обробки за допомогою Інтернету [2]. Ключовою особливістю таких систем є їхня автономність, яка передбачає, що фізичні та кіберкомпоненти можуть взаємодіяти один з одним без нагляду людини [3]. Практичними прикладами кіберфізичних систем слугують автономні автомобілі, інтелектуальні будівлі, розумна електрична мережа (smart electric grid), розумне виробництво (smart manufacturing) [2] та ін.

2. Інтернет речей (Internet of Things – IoT) є мережею фізичних пристроїв, транспортних засобів, приладів та інших фізичних об'єктів, обладнаних датчиками, програмним забезпеченням і мережевим з'єднанням, що дозволяє їм збирати та обмінюватися даними [4]. Також у стосунку до виробничого процесу виокремлюють промисловий Інтернет речей (Industrial Internet of Things – IIoT), який застосовується для підключення машин та пристроїв у промисловому середовищі та сфокусований на забезпеченні взаємозв'язку між машинами, і характеризується більшою кількістю зібраних даних порівняно з Інтернетом речей [3].

3. Великі дані та їх аналітика (Big Data Analytics – BDA). Ключовими характеристиками великих даних є: висока місткість (великий обсяг даних), висока швидкість (дані стрімко генеруються та оновлюються), висока різноманітність (дані, згенеровані різними джерелами, відображаються в різноманітних формах), висока точність та цінність [5]. Аналітика великих даних дозволяє досліджувати великі і різноманітні набори даних для виявлення прихованих закономірностей, знань, а також іншої інформації. Зокрема, виявлені закономірності та знання можуть допомогти виробничим



системам приймати більш обґрунтовані рішення, а також досягти оптимізації всього життєвого циклу і більш сталого виробництва [6].

4. Штучний інтелект (Artificial Intelligence – AI, ШІ) представлений машинним інтелектом, який імітує людські когнітивні функції, зокрема такі, як прийняття рішень і вирішення проблем на основі аналізу даних, розпізнавання закономірностей та розуміння природної мови. Поєднуючи методи машинного та глибокого навчання, моделі ШІ навчаються на великих наборах даних для автономного прийняття інтелектуальних рішень. Ключовою метою ШІ є створення інтелектуальних машин – обчислювальними роботами (computed robots) [7].

5. Хмарні обчислення (Cloud Computing) – модель обчислювальних послуг, таких як сервери, сховища, бази даних, мережі, програмне забезпечення, аналітика тощо, через Інтернет («хмара»). Використання хмарних обчислень призводить до зміни способу зберігання, обробки та аналізу великих даних, за рахунок того, що «хмара» надає майже безмежний обсяг пам'яті та потужність комп'ютера. У свою чергу це дозволяє забезпечити гнучкість ресурсів, швидкі інновації та економію від масштабу [8].

6. «Розумні» заводи («Розумне» виробництво, Smart Factory, Smart Manufacturing) є високоавтоматизованими виробничими підприємствами, які використовують інноваційні технології, такі як ШІ, ІоТ та робототехніку, для оптимізації операцій і підвищення ефективності, продуктивності та якості. В межах «розумного» виробництва взаємопов'язані пристрої, машини та системи взаємодіють один з одним, забезпечуючи постійний моніторинг та контроль різних аспектів виробничого процесу, що сприяє зростанню його ефективності, гнучкості та автоматизації [9]. У свою чергу це призводить до підвищення складності виробничого середовища та більшої персоналізації виробничих завдань відповідно до потреб споживачів [10].



Враховуючи сутнісні характеристики вищезазначених технологій варто зазначити засадничі принципи Індустрії 4.0: сумісність – здатність машин, пристроїв, сенсорів і людей взаємодіяти один із одним через IoT; прозорість передбачає генерацію та збереження у віртуальному просторі цифрових копій реальних об’єктів та процесів [11]; технічна підтримка, полягає у можливості візуалізації інформації й ухвалення управлінських рішень; децентралізація управлінських рішень шляхом повної автоматизації виробництва, та виконання людиною ключових контрольних функцій [12].

Зважаючи на те, що Індустрія 4.0 передбачає стирання меж між фізичним, цифровим і біологічним середовищем, це породжує низку ризиків і викликів для всіх економічних агентів та природного середовища. Серед таких ризиків варто зазначити: збільшення кількості та інтенсивності кібернетичних атак і кіберзлочинності, що призводитимуть до зростання втрат та витрат; зростання безробіття внаслідок залучення до менш кваліфікованої та фізичної роботи техніки і технологій на заміну людській праці; забруднення навколишнього середовища та інші негативні прояви застосування нових технологій [13]; неузгодженість та відставання законодавства у порівнянні із сучасними викликами та вимогами цифрового середовища [14]; втрата контролю над зберіганням та використанням великих даних [15]; надмірна концентрація технологій і даних в одних руках, яка створює можливість необмеженого контролю; вразливість цифрової інфраструктури та загроза несанкціонованого доступу до даних. Відповіддю на вищезазначені ризики може слугувати практичне застосування концепції сталого розвитку усіма агентами, залученими у Індустрію 4.0.

Зародження ідеї та становлення концепції сталого розвитку бере свій початок з 60-70-х роках XX століття, коли систематично на міжнародному рівні було проведено низку заходів, присвячених питанням економічного розвитку з урахуванням необхідності розвитку соціальної сфери. Зокрема, на



першому етапі формування концепції було сформульовано її ключові ідеї, обґрунтовано актуальність системної кризи сталого розвитку, розширено межі застосування теорії сталого розвитку на регіональному та мезорегіональному рівні, а також визначено економічну та соціальну сферу, як ключові складові сталого розвитку [16].

На другому етапі розвитку концепції сталого розвитку (80-ті – 1-а половина 90-х років XX століття) відбулося формування її теоретичних основ [16]. На цьому етапі Г.Х. Брундтланд окреслила категорію сталого розвитку з точки зору перспективи, як такий розвиток, що задовольняє потреби сучасного покоління, але не ставить під загрозу можливість задовольняти свої потреби майбутнім поколінням [17]. Зокрема, ключовими питаннями було визначено концепцію потреб, та ідею обмежень, накладених станом технологій і соціальної організації на здатність середовища задовольняти теперішні та майбутні потреби [18, с. 263]. У кінцевому підсумку було сформульовано «триєдиний підхід» до трактування сталого розвитку: екологічна, соціальна та економічна складова мають розглядатися комплексно, як взаємодоповнюючі та взаємопов'язані елементи [16].

Третій етап розвитку концепції, який триває з 2-ї половини 90-х років XX століття до сьогодення, передбачає узагальнення та систематизацію концепції. Зокрема, на цьому етапі сталий розвиток враховує процеси глобалізації економіки, інституціоналізацію (створення партнерств, залучення неурядових організацій та бізнес-спільноти), необхідність бізнесу враховувати інтереси суспільства (корпоративна соціальна відповідальність), розвиток зеленої економіки та екологізацію [16]. В результаті зазначених змін глобальна економічна система нині перебуває у стані зміни парадигми – переходу від індустріальної до постіндустріальної економіки, яка базується на засадах екологізації, інтелектуалізації та інституціоналізації [19].



Як було зазначено вище, ключовими елементами концепції сталого розвитку є економічна, соціальна та екологічна складові. Економічна стійкість базується на необхідності задоволення необмежених потреб в умовах обмеженості ресурсів, що у свою чергу передбачає створення такої системи виробництва та розподілу, яка задовольняє поточні рівні споживання без шкоди для майбутніх потреб [18, с. 263]. Відповідно, реалізація економічної складової передбачає організацію ефективного виробництва, яке базується на сучасних високих технологіях і дозволяє виготовляти якісні та екологічно чисті товари в умовах раціонального використання ресурсів та зниження витрат і цін, створення високотехнологічних робочих місць, зростання рівня зайнятості, підвищення заробітної плати та покращення умов праці [20].

Соціальна стійкість передбачає необхідність розв'язання проблеми соціальної нерівності, чи принаймні її пом'якшення, за рахунок справедливості, розширення можливостей та доступності для індивідів з метою задоволення своїх економічних потреб та інституціональної стабільності. Також соціальна стійкість охоплює низку аспектів, зокрема таких, як права людини, гендерна рівність, участь громадськості, верховенство права та ін. [18, с. 263]. У свою чергу забезпечення соціальної складової сталого розвитку вимагає трансформації структури потреб людини в напрямку збільшення частки соціальних та духовних потреб, реалізації прав і свобод людини, здійснення культурного обміну, вирішення соціальних конфліктів та пошук компромісів, а також надання соціальної підтримки та дотримання соціальної відповідальності [20].

Екологічна стійкість стосується цілісності екосистеми та передбачає, що природні ресурси повинні збиратися та використовуватися не швидше, ніж вони можуть бути відновлені навколишнім середовищем [18, с. 263]. Тобто концепція передбачає забезпечення цілісності біологічних і фізичних природних систем та підтримки їх здатності до самовідновлення та динамічної



адаптації до змін [21]. Реалізація екологічної стійкості вимагає збереження чистоти навколишнього середовища, зменшення викидів шкідливих речовин та загального зменшення відходів, відтворення відтворювальних ресурсів та підтримки стабільного функціонування екосистеми [20].

Базуючись на необхідності поєднання та взаємоузгодженості складових елементів сталого розвитку було сформульовано наступні засадничі принципи.

1. Забезпечення довготривалого характеру сталого розвитку для забезпечення поточних потреб людства без втрати можливості задоволення потреб майбутніх поколінь.

2. Обмеження природних ресурсів є відносними, вони залежать від поточного ступеня розвитку техніки і технологій, рівня соціальної організації, а також здатності біосфери до самовідновлення.

3. Необхідність задоволення базових потреб усіх індивідів та надання їм можливості задоволення інших своїх потреб.

4. Системність, яка передбачає аналіз і дослідження економічних, соціальних та природних явищ, як складних систем, які взаємно впливають одна на одну.

5. Розвиток та невизначеність, в основі яких лежить нестабільність економічної, соціальної та екологічної систем.

6. Нерівновага систем внаслідок динамічного і різностороннього впливу низки факторів, і як наслідок схильності до відцентрових тенденцій та відходу від попередніх рівноважних трендів.

7. Необхідність дотримання збалансованості усіх складових сталого розвитку [20, 22].

У 2015 році Організація Об'єднаних Націй ухвалила перелік із сімнадцяти цілей сталого розвитку, які передбачають збалансованість соціальної, економічної та екологічної стійкості. До таких цілей належить:



подолання бідності та голоду, міцне здоров'я, якісна освіта, гендерна рівність, чиста вода та належні санітарні умови, відновлювальна енергія, гідна праця та економічне зростання, інновації та інфраструктура, скорочення нерівності, сталий розвиток міст та спільнот, відповідальне споживання, боротьба зі зміною клімату, збереження екосистем у морі і на суходолі, забезпечення миру та справедливості, партнерство заради стійкого розвитку [23]. Зазначені цілі та принципи мають прямий вплив на формування стратегії сталого розвитку підприємства.

Враховуючи, що підприємство є одним із ключових складових економічної системи, яке використовує природні ресурси у своїй діяльності і є тісно пов'язаним із соціальною сферою, застосування концепції сталого розвитку до промислового підприємства передбачає наявність низки загальних рис та певних особливостей. Відповідно, сталий розвиток промислового підприємства узагальнено можна визначити як економічне зростання, яке задовольняє не лише економічні інтереси самого підприємства, а й потреби суспільства, соціальні та екологічні аспекти його існування в поточний період часу та у перспективі [24].

Забезпечення сталого розвитку промислового підприємства вимагає проведення розробки і реалізації комплексної та всеохопної стратегії, яка передбачає наявність таких складових, як: врахування інтересів акціонерів (побудова прозорих відносин), споживачів (отримання зворотного зв'язку та відповідна реакція) і персоналу (створення безпечних умов праці); дотримання соціальної відповідальності (врахування інтересів широкого кола стейкхолдерів); безперервна розробка та впровадження інновацій; підтримка бренду та репутації [25].

З огляду на низку викликів, які постають перед промисловими підприємствами в епоху активного розвитку Індустрії 4.0 і необхідність дотримання принципів сталого розвитку важливою є наявність здатностей та



можливостей підприємства впроваджувати інноваційні технології, водночас дотримуючись рівноваги в економічній, соціальній та екологічних сферах. Уособленням таких можливостей є потенціал промислового підприємства, формування та використання якого повинно здійснюватися збалансовано задля ефективного досягнення визначеної мети.

Потенціал промислового підприємства є достатньо комплексним і багатоскладовим поняттям. Відповідно до його визначення науковці та фахівці застосовують декілька різних підходів, зокрема ресурсний, цільовий (результативний), системний, структурний, функціональний.

Ресурсний підхід передбачає визначення потенціалу на основі наявних у підприємства ресурсів, запасів, засобів, джерел та резервів [26]. За цього підходу потенціал підприємства почасти ототожнюють із вищезазначеними категоріями. В межах зазначеного підходу існує дві позиції. Відповідно до першої потенціал аналізується як сукупність ресурсів без врахування їх взаємозв'язків та участі у процесі виробництва. Друга ж позиція передбачає, що потенціал є сукупністю ресурсів здатних виробляти певну кількість матеріальних благ [27]. Зважаючи, що ресурси є невід'ємною складовою потенціалу підприємства, у той же час не менш важливою є можливість їхнього ефективного використання для досягнення цілей підприємства.

Потенціал підприємства, як його здатність забезпечити отримання заданого результату, досягнення визначеної, розглядається в межах цільового (результативного) підходу [26]. За даного підходу значна увага приділяється питанню ефективності використання ресурсів, яка визначається на основі співставлення витрачених ресурсів та досягнутих результатів.

За системного підходу, коли підприємство розглядається як відкрита система, потенціал підприємства доцільно аналізувати, як підсистему та водночас самостійну систему, якій притаманні такі ознаки, як складність будови та цілісність, можливість виділення окремих елементів і/або підсистем,



ієрархічність та структурованість, зв'язок із зовнішнім середовищем. У межах даного підходу до складових елементів варто віднести ресурси підприємства (матеріальні, людські, інноваційно-технічні, фінансові та інформаційні), які виступають підсистемами потенціалу підприємства та раціональне управління якими дає синергійний ефект для підприємства, порівняно з управлінням складовими як окремими системами підприємства [28].

Структурний підхід передбачає, що потенціал підприємства в першу чергу визначається характеристиками його складових. Зокрема до таких складових можна віднести трудову, організаційну, виробничу, фінансову та ін. [29]. Варто зазначити, що серед науковців та фахівців відсутня чітка і узгоджена позиція щодо визначення структурних складових потенціалу підприємства.

За функціональним підходом потенціал підприємства визначається на основі сукупності функцій, які забезпечують реалізацію можливостей підприємства [30]. У межах даного підходу доцільно аналізувати такі аспекти потенціалу, як виробничий, маркетинговий, фінансовий, інноваційний, інфраструктурний тощо.

Узагальнено потенціал промислового підприємства можна визначити як сукупність наявних і прихованих можливостей та здатностей підприємства в умовах використання наявних ресурсів досягати визначених цілей та результатів шляхом ефективного управління всіма структурними елементами системи підприємства. Процес формування потенціалу є складним і багатогранним, оскільки він залежить від численних умов, зокрема, наявності чіткої стратегії, її відповідності внутрішнім і зовнішнім ресурсам, ефективності управління та здатності до інновацій [31].

Враховуючи усю складність структури та процесу формування потенціалу, для подальшого аналізу впливу Індустрії 4.0 на потенціал промислового підприємства в умовах необхідності забезпечення його сталого розвитку



доцільно застосувати структурний та функціональний підходи, з огляду на можливість декомпозиції такого комплексного поняття як потенціал підприємства та окремого аналізу впливу на основні компоненти або функції потенціалу тих чи інших чинників. Зважаючи на те, що функціональна будова та структура потенціалу перебувають у нерозривному взаємозв'язку – будова є наслідком необхідності виконання тих чи інших функцій, доцільно застосовувати ці підходи базуючись на такій логіці.

У науковій літературі відсутній єдиний підхід до виокремлення структурних та функціональних складових потенціалу промислового підприємства, зокрема виокремлюють ресурсний, організаційний, виробничий, інноваційний, управлінський [32, с. 37], кадровий [33], інформаційний, фінансовий [34], екологічний, науково-технічний, матеріально-технічний [35] та ін. Беручи за основу узагальнену класифікацію структурних елементів потенціалу промислового підприємства в таблиці 1 наведено вплив ключових технологій Індустрії 4.0 на формування потенціалу промислового підприємства. У результаті практичного застосування вищезазначених технологій на виробничому підприємстві його визначають як «розумний» завод.

Таблиця 1

Теоретичний аналіз впливу основних технологій Індустрії 4.0 на потенціал промислового підприємства

Складові/функції потенціалу промислового підприємства	Ключові технології Індустрії 4.0		
	Кіберфізичні системи та Інтернет речей	Великі дані, їх аналітика і хмарні обчислення	Штучний інтелект
1	2	3	4
Виробнича	• підвищення продуктивності за рахунок автоматизації обміну інформації між виробничим обладнанням і пристроям; • скорочення часу реакції виробничих систем на вплив нових факторів;	• постійний збір виробничих даних для накопичення і систематизації досвіду; • аналіз та пошук взаємозалежностей і закономірностей між різними параметрами виробничого процесу, що сприяє підвищенню рівня	• прогнозування поведінки виробничих систем залежно від заданих параметрів та на основі наявних даних та досвіду; • можливість передачі частини виробничих



ЗДОБУТКИ ЕКОНОМІКИ: ПЕРСПЕКТИВИ ТА ІННОВАЦІЇ

	- самостійна оптимізація та саморегуляція виробничих систем; - зменшення кількості помилок за рахунок мінімізації впливу «людського фактору»; - створення замкненого фізичного простору без необхідності безпосереднього людського втручання.	- прийняття управлінських рішень; - підвищення контролю якості продукції за рахунок охоплення усього обсягу продукції, а не лише контрольних зразків; - проведення моделювання та аналітичних експериментів за рахунок наявності великого масиву даних та прогнозування очікуваних результатів без створення фізичних прототипів.	- рішень від людини до ІІІ; - розширені можливості проведення контролю якості продукції та ступеню використання виробничих машин та обладнання; - логістичне проектування і адаптація виробничих потоків та процесів залежно від потреб.
Інноваційна	- наявність цілісного простору для проведення досліджень та експериментів; - тестування та впровадження інновацій безпосередньо у виробничому середовищі.	- підвищення якості, кількості і швидкості проведення наукових та конструкторських розробок на основі накопичених даних і досвіду - зменшення витрат на проведення досліджень за рахунок високої якості та ступеню деталізації даних.	- розробка нових технологічних рішень на основі наявної інформації про процеси підприємства, фактичні і бажані характеристики сировини та готової продукції; - моделювання та імітація досліджень та експериментів, а також аналіз отриманих результатів.
Управлінсько-організаційна	- підвищення ступеню централізації прийняття рішень та контролю; - збільшення швидкості обміну інформацією та прийняття управлінських рішень; - автоматизація прийняття простих та рутинних рішень; - зменшення необхідності контролю і нагляду здійснюваного людиною та автоматизація частини таких процесів; - доступність інформації відповідної деталізації та агрегованості на всіх щаблях управління щодо усіх елементів виробництва.	- підвищення якості управлінських рішень за рахунок наявності великої кількості даних різного ступеню деталізації та можливості їх оперативного аналізу; - підвищення якості контролю за рахунок можливості співставлення великої кількості даних та аналізу загальних тенденцій.	- делегування ІІІ прийняття простих управлінських рішень; - використання аналізу інформації та висновків наданих ІІІ для прийняття комплексних управлінських рішень; - скорочення часу на пошук та обробку інформації; - необхідність підвищення рівня знань, навичок та експертності керівництва при використанні ІІІ.
Трудова	підвищення безпеки праці за рахунок автоматизації фізично важких та шкідливих робіт;	підвищення якості навчання та рівня кваліфікації трудового персоналу за рахунок використання	скорочення витрат часу на виконання простих та рутинних операцій внаслідок заміни функцій



ЗДОБУТКИ ЕКОНОМІКИ: ПЕРСПЕКТИВИ ТА ІННОВАЦІЇ

	• зростання рівня професійних знань та вимог для працівників для взаємодії з кіберфізичними системами; • зменшення виконання рутинних операцій людиною.	кастомізованої та актуальної інформації і знань.	частини працівників на III; • ефективний моніторинг та запобігання помилкам, за рахунок часткової елімінації «людського фактору»; • підвищення якості навчання персоналу; • впровадження інтелектуальних інтерфейсів, чат-ботів; • швидше опрацювання інформації та підготовка попередніх висновків.
Фінансово-інвестиційна	• централізація та автоматизація процесів обліку та контролю; • підвищення точності фінансового та інвестиційного планування через надходження оперативної та цілісної виробничої інформації;	• детальний облік та контроль за фінансовою інформацією та підготовка звітів різного ступеню деталізації; • підвищення якості фінансового моделювання та планування;	• інтелектуальний аналіз та обробка фінансової інформації; • побудова фінансових моделей та прогнозування із застосуванням III;
Фінансово-інвестиційна	• підвищення інвестиційної привабливості підприємства за рахунок використання інноваційних технологій.	• підвищення якості фінансових та інвестиційних рішень за рахунок використання великого обсягу інформації із зовнішніх та внутрішніх джерел; • підвищення інвестиційної привабливості підприємства.	• підвищення якості контролю за фінансовою інформацією; • підвищення інвестиційної привабливості підприємства за рахунок використання інноваційних технологій.
Інформаційна	• нагромадження значного обсягу виробничої інформації та унікального досвіду на різних етапах виробництва, який може використовуватися для створення нових знань та технологій; • зростання швидкості обміну інформацією та підвищення якості інформації.	• накопичення, систематизація та аналіз інформації із зовнішнього та внутрішнього середовища; • швидкий доступ до великого масиву даних.	• підвищення швидкості та якості обробки інформації; • використання отриманої інформації для навчання III та підвищення якості отриманих відповідей.
Екологічна	• можливість контролю та зменшення ризику екологічних загроз від виробничих процесів;	• накопичення та систематизація даних щодо впливу підприємства на	• прогнозування, оцінка та розробка заходів зі зменшення впливу ризиків екологічних загроз у



	• мінімізація екологічних ризиків в умовах саморегуючого виробничого процесу.	навколишнє середовище та навпаки.	діяльності підприємства.
Ринкова	• наявність цілісної мережі адаптивних виробничих систем здатних швидко перелаштовуватися відповідно до зміни вимог споживачів до номенклатури та якості продукції; • підвищення конкурентної позиції на ринку за рахунок використання інноваційних технологій.	• агрегація ринкових даних та можливість їх швидкого аналізу для адаптації і зміни смаків та уподобань; • прогнозування поведінки ринкових гравців (споживачів, конкурентів) на основі зібраних та опрацьованих даних; • підвищення конкурентної позиції на ринку за рахунок використання інноваційних технологій.	• аналіз вподобань та поведінки споживачів та інших учасників ринку для прогнозування їхньої поведінки; • вдосконалення характеристик продукції на основі аналізу ринкових даних; • просування продукції з використанням алгоритмів; • підвищення конкурентної позиції на ринку.

Джерело: складено авторами на основі [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35]

Варто зазначити, що проведений аналіз здебільшого стосується можливостей, які надають технології Індустрії 4.0 та мають переважно позитивний вплив. Однак, для комплексної оцінки впливу вищезазначених технологій необхідно враховувати також і потенційні ризики, зазначені у попередніх розділах статті. Важливою складовою у запобіганні подібним ризикам є концепція сталого розвитку, оскільки вона передбачає необхідність збалансування інтересів різних агентів та пошук компромісів в економічній, соціальній та екологічній сферах. Узагальнена оцінка впливу застосування теорії сталого розвитку до структурних складових потенціалу промислового підприємства наведена у таблиці 2.



Таблиця 2

Узагальнений аналіз впливу застосування концепції сталого розвитку на складові потенціалу підприємства

Складові/функції потенціалу промислового підприємства	Компоненти сталого розвитку промислового підприємства		
	Економічна	Соціальна	Екологічна
1	2	3	4
Виробнича	- розширення виробничої бази та впровадження ефективних інноваційних технологій; - підвищення ефективності використання основних та оборотних засобів; - зменшення непродуктивних витрат.	- залучення у виробничий процес працівників різних статей та соціальних категорій у міру можливості (інклюзивність виробничого процесу); - виготовлення соціально значущої продукції попри економічну недоцільність її виготовлення для забезпечення потреб суспільства.	підвищення екологічності виробничого процесу за рахунок: - повторного використання частини ресурсів та переробки відходів і супутніх продуктів; - використання екологічних джерел енергії; - мінімізація викидів шкідливих речовин.
Інноваційна	- збільшення обсягу витрат на здійснення НДДКР; - розробка ефективних та ощадних технологій, спрямованих на ефективне використання ресурсів	здійснення суспільно важливих досліджень та розробок і врахування суспільної реакції на проведення різного виду НДДКР.	- проведення НДДКР спрямованих на підвищення екологічності продукції та виробничого процесу; - необхідність врахування екологічних норм і вимог при здійсненні НДДКР.
Управлінсько-організаційна	фокус на економічній доцільності та ефективності при розробці та прийнятті управлінських рішень.	необхідність врахування та оцінки соціального ефекту в прийнятті управлінських рішень.	врахування фактору безпеки та екологічності при прийнятті управлінських рішень.
Трудова	- підвищення продуктивності праці; - збільшення матеріального заохочення працівників та рівня їхнього добробуту.	- збільшення нематеріального стимулювання працівників; - розвиток не лише професійних якостей персоналу (hard skills), але і soft skills; - розробка та підвищення стандартів корпоративної культури; - розвиток політик і практик DEI (Diversity, equality and inclusion).	- створення безпечних та екологічних умов праці; - врахування екологічних ініціатив спрямованих на зменшення використання ресурсів та мінімізацію відходів при проектуванні робочих місць.



Фінансово-інвестиційна	• пошук довго- і коротко строківих джерел фінансування для забезпечення поточної та інвестиційної діяльності; • формування оптимальної структури капіталу для підвищення ефективності діяльності.	• збільшення обсягу витрат на соціально орієнтовані ініціативи та проекти підприємства.	• збільшення обсягу витрат та інвестицій в екологічні ініціативи та проекти підприємства.
Ринкова	• вивчення кон'юнктури ринку і розробка стратегії та плану подальших дій; • розширення часток та сегментів ринку; • стимулювання збуту продукції; • захист конкурентної позиції підприємства на ринку.	• підвищення репутації підприємства у сприйнятті стейкхолдерів за рахунок соціальної орієнтованості та відповідальності; • підтримка та/або започаткування соціальних трендів на ринку.	• підвищення репутації підприємства у сприйнятті стейкхолдерів за рахунок безпечності та екологічності продукції; • підтримка та/або започаткування екологічних трендів на ринку.

Джерело: складено авторами на основі: [29, 30, 32, 34]

Аналізуючи вплив Індустрії 4.0 на формування потенціалу промислового підприємства в умовах необхідності дотримання принципів сталого розвитку важливо зважати, що впливу різних технологій чи складових сталого розвитку на потенціал притаманні такі особливості: вплив може мати протилежну спрямованість на різні види потенціалу; вплив може бути нерівномірним та поширюватися нелінійно на різні складові потенціалу; зважаючи на швидкість розвитку технологій, соціальних та екологічних процесів важливо аналізувати вплив протягом різних часових проміжків (в коротко-, середньо- та довгостроковій перспективі).

Щодо практичного застосування технологій Індустрії 4.0 в умовах дотримання принципів сталого розвитку серед вітчизняних промислових підприємств, то яскравим прикладом є Група компаній «Інтерпайп». У своїй діяльності Група застосовує комплексний підхід до інноваційного розвитку, який передбачає трансформацію усіх процесів: управління виробництвом,



обслуговування обладнання, управління складом, логістика, облік та документообіг. У цих процесах застосовуються такі технології Індустрії 4.0, як: машинне навчання (автоматичне формування вихідної документації в ERP системі), аналіз Великих даних (планування ремонтів і обслуговування обладнання, закупівлі запчастин), промисловий Інтернет речей (оперативне відвантаження продукції зі складу) та ін. [36]. Водночас стратегія сталого розвитку Групи базується на таких елементах, як: пом'якшення наслідків зміни клімату, участь у наданні якісної освіти, забезпечення гідних умов життя, трансфер інновацій і технологій, популяризація здорового способу життя, економічне зростання та розвиток сучасної інфраструктури, заохочення відповідального споживання [37].

Зважаючи на об'єктивну необхідність не лише технологічного стрибка в межах Індустрії 4.0, а й врахування цілей сталого розвитку, мінімізації ризиків, пов'язаних з інноваційними технологіями та безпекою, європейські уряди, науковці та фахівці-практики пропонують концепцію Індустрії 5.0 як відповідь на зростаючі виклики. Перехід до Індустрії 5.0 передбачає подальше використання інноваційних технологій з використанням людинцентричного підходу, спрямоване на підтримку та розвиток працівників. У даному випадку людиноцентричний підхід означає зручність використання технологій людиною за точки зору не лише ергономіки та безпеки, а й етики технологій, співпраці людини з машиною [38].

Індустрія 5.0 не є окремим якісним технологічним стрибком, а радше доповнює технологічний рівень Індустрії 4.0, ставлячи наукові дослідження та інновації на службу переходу до сталої, людиноцентричної і стійкої промисловості. Так Європейська комісія виокремлює наступні напрямки дій, спрямованих на становлення і розвиток Індустрії 5.0 [39]:

1. підхід до цифрових технологій (включно з ШІ) має бути людиноцентричним;



2. необхідною є реактуалізація навичок та повторне навчання працівників, зокрема цифровим навичкам;
3. перехід промисловості до сучасних, ресурсоощадних та стійких галузевих практик і перехід до циркулярної економіки;
4. підвищення конкурентоспроможності на глобальному рівні, прискорення інвестицій у дослідження та інновації.

Враховуючи зазначені напрямки дій, Індустрія 5.0 дозволяє підприємствам промисловості запропонувати суспільству рішення для збереження ресурсів, забезпечення соціальної стабільності та досягнення кліматичних цілей [40]. Відповідно, перед початком впровадження інноваційних технологій та рішень Індустрії 4.0 промислові підприємства повинні комплексно оцінювати вплив таких технологій та формувати відповідну програму дій у соціальній та екологічній сферах.

Висновки. Під час проведення дослідження було встановлено, що перехід промисловості до засад Індустрії 4.0 передбачає посилення інтеграції фізичного, цифрового та біологічного середовища, яке проявляється у впровадженні та активному застосуванні низки інноваційних технологій, серед яких ключовими є: кіберфізичні системи, інтернет речей, великі дані, штучний інтелект, хмарні обчислення, «розумні» виробництва та ін. Враховуючи, що розвиток цих технологій є стрімким та динамічним, він породжує як можливості, так і загрози для промислових підприємств, і відповідно вплив цих технологій на потенціал підприємств в цілому та окремі його складові, може бути нерівномірним та різноспрямованим і проявлятися протягом різного періоду часу (у коротко- і довгостроковій перспективі). Водночас, застосування цих технологій призводить до виникнення якісно нової концепції промислового підприємства – «розумний» завод.

Як наслідок критичного аналізу, зважаючи на низку ризиків та викликів, які постають перед підприємствами в умовах Індустрії 4.0, було виявлено, що



особливо актуальним є поєднання впровадження нових технологій із застосування концепції сталого розвитку підприємства для збалансування впливу цих технологій на ключові сфери суспільного життя – економіку, соціум та навколишнє середовище. В результаті такого поєднання зароджується нова концепція – Індустрія 5.0, яка у доповнення до технологічних проривів Індустрії 4.0 додає людино- та природоцентричні складові.

У підсумку проведеного дослідження було обґрунтовано, що вплив застосування обох концепцій на потенціал промислового підприємства переважно є позитивним, як у коротко-, так і у довгостроковій перспективі. Однак на початковому етапі від підприємств вимагається здійснення значних інвестицій в навчання персоналу, закупівлю, розробку та освоєння нових технологій для подальшого стрімкого розвитку. Відповідно, сформульовані завдання дослідження були досягнуті: схарактеризовано основні технології Індустрії 4.0; досліджено еволюцію концепції сталого розвитку, її складових і принципів; проаналізовано сутність та структурні елементи потенціалу промислового підприємства; систематизовано та узагальнено вплив технологій Індустрії 4.0 на потенціал промислового підприємства в умовах сталого розвитку.

Стосовно практичних рекомендацій щодо впровадження технологій Індустрії 4.0 на вітчизняних підприємствах та впливу на формування їхнього потенціалу варто зазначити наступне: імплементація інноваційних технологій вимагає наявності детального плану та джерел фінансування; впровадження таких технологій має бути комплексним і всеохопним, що передбачає гармонізацію нових технологій із вже існуючими, здійснення інвестицій у навчання та перенавчання працівників і врахування інтересів усіх стейкхолдерів; необхідність врахування як вітчизняних, так і європейських законодавчих вимог щодо окремих параметрів сталого розвитку (промислові



викиди, якість продукції тощо) є особливо важливим в контексті європейської інтеграції України; задля мінімізації ризиків та загроз і максимального досягнення позитивного ефекту від використання технологій Індустрії 4.0 важливим є взаємоузгодження стратегії сталого розвитку підприємств із їхньою інноваційною політикою на всіх рівнях (від стратегічного до оперативного).

Наукова новизна та практична цінність даного дослідження полягає в узагальненні та систематизації впливу технологій Індустрії 4.0 на потенціал промислових підприємств в умовах сталого розвитку внаслідок застосування системного підходу, структурно-функціонального аналізу та гіпотетико-дедуктивного методу. Перспективи подальших досліджень передбачають можливість поглибленого аналізу наведених теоретичних узагальнень на конкретних вітчизняних промислових підприємствах, деталізації та оцінки ступеня впливу тих чи інших технологій на потенціал підприємств.

Список використаних джерел:

1. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution. Cologny/Geneva, 201. 172 p. URL: https://law.unimelb.edu.au/__data/assets/pdf_file/0005/3385454/Schwab-The_Fourth_Industrial_Revolution_Klaus_S.pdf (date of access: 25.05.2025).
2. Monostori L. Cyber-physical Production Systems: Roots, Expectations and R&D Challenges. *Procedia CIRP*. 2014. Vol. 17. P. 9-13. URL: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.03.115> (date of access: 25.05.2025).
3. Folgado F.J., Calderón D., González I., Calderón A.J. Review of Industry 4.0 from the Perspective of Automation and Supervision Systems: Definitions, Architectures and Recent Trends. *Electronics*. 2024. Vol. 13 (4). URL: <https://doi.org/10.3390/electronics13040782> (date of access: 25.05.2025).
4. What is the Internet of Things (IoT)? *IBM*. URL: <https://www.ibm.com/think/topics/internet-of-things> (date of access: 25.05.2025).



5. Li Ch., Chen Ya., Shan Yu. A review of industrial big data for decision making in intelligent manufacturing. *Engineering Science and Technology, an International Journal*. 2022. Vol. 29. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2021.06.001> (date of access: 25.05.2025).
6. Wang J., Xu Ch., Zhang J., Zhong R. Big data analytics for intelligent manufacturing systems: A review. *Journal of Manufacturing Systems*. 2022. Vol. 62. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.03.005> (date of access: 29.05.2025).
7. Rashid A. B., Kausik A. K. AI revolutionizing industries worldwide: A comprehensive overview of its diverse applications. *Hybrid Advances*. 2024. Vol. 7. URL: <https://doi.org/10.1016/j.hybadv.2024.100277> (date of access: 29.05.2025).
8. Berisha B., Mëziu E., Shabani I. Big data analytics in Cloud computing: an overview. *Journal of Cloud Comping*. 2022. Vol. 11. URL: <https://doi.org/10.1186/s13677-022-00301-w> (date of access: 29.05.2025).
9. Soori M., Arezoo B., Dastres R. Internet of things for smart factories in industry 4.0, a review. *Internet of Things and Cyber-Physical Systems*. 2023. Vol. 3. URL: <https://doi.org/10.1016/j.iotcps.2023.04.006> (date of access: 29.05.2025).
10. Soori M., Arezoo B., Dastres R. Digital twin for smart manufacturing, A review. *Sustainable Manufacturing and Service Economics*. 2023. Vol. 2. URL: <https://doi.org/10.1016/j.smse.2023.100017> (date of access: 30.05.2025).
11. Скоробогатова Н. Є. Концептуальні засади формування сталого розвитку суспільства в контексті індустрії 4.0. *Економічний вісник НТУУ «Київський політехнічний інститут»*. 2019. № 16. С. 388–400. URL: <https://doi.org/10.20535/2307-5651.16.2019.182748> (дата звернення: 19.05.2025).
12. Сосновська О. О., Вакофян В. Г. Індустрія 4.0: сутність і тенденції розвитку. *Бізнес Інформ*. 2022. №1. С. 137–144. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2022-1-137-144> (дата звернення: 19.05.2025).



13. Тимошенко О. В. Виклики та загрози четвертої промислової революції: наслідки для України. *Бізнес Інформ*. 2019. № 2. С. 21–29. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2019-2-21-29> (дата звернення: 16.06.2025).
14. Ноджак Л. С., Паращич М. І. Розвиток 4.0 індустрії в Україні: проблеми, перспективи. *Економіка та суспільство*. 2022. № 45. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-45-29> (дата звернення: 19.05.2025).
15. Савченко М. В., Носалюк Н.І. Розвиток індустрії 4.0 та її вплив на економічну безпеку. *Актуальні проблеми економіки*. 2024. № 3 (273). С. 48–60. DOI: 10.32752/1993-6788-2024-1-273-48-60. URL: https://eco-science.net/wp-content/uploads/2024/03/3.24._topic_Marina-V.-Savchenko-Nazar-I.-Nosaliuk-48-60.pdf (дата звернення: 25.05.2025).
16. Філіпішина Л. М. Еволюція концептуальних підходів до формування стратегії сталого економічного розвитку промислових підприємств. *Вісник Приазовського Державного Технічного Університету. Серія: Економічні науки*. 2017. № 34. С. 172–180. DOI: <https://doi.org/10.31498/2225-6725.34.2017.129057> (дата звернення: 25.05.2025).
17. Brundtland Report publication by World Commission on Environment and Development. Britannica. URL: <https://www.britannica.com/topic/Brundtland-Report> (date of access: 25.05.2025).
18. Шевченко С. О., Сидоренко Н. С., Липовська Н. А. Глобалізація, євроінтеграція та сталий розвиток : навч. посіб. Дніпро : Дніпроп. держ. ун-т внутр. справ, 2023. 344 с.
19. Чала В. С. Генезис концепції сталого розвитку як динамічна реакція на виклики індустріальної епохи. *Економічний простір*. 2022. № 182. С. 7–16. DOI: <https://doi.org/10.32782/2224-6282/182-1> (дата звернення: 14.06.2025).



20. Свистун Л. А., Рожко А. А. Стратегічні засади забезпечення сталого розвитку економіки України. *Молодий вчений*. 2016. № 12 (39). С. 861–869. URL: <https://reposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/1384> (дата звернення: 25.05.2025).
21. Захарченко О. В. Наукові основи сталого розвитку. *Наукові праці НУХТ*. 2015. Т.21, №4. С. 53–59. URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/dc84e2ac-64a9-4b17-bad5-593773efa24e/content> (дата звернення: 25.05.2025).
22. Маслак М. В., Перерва П. Г. Інтелектуалізація економіки як фактор її сталого розвитку. *Стратегічні імперативи сучасного менеджменту* : зб. матеріалів 6-ї Міжнар. наук.-практ. конф., 21 жовт. 2022 р. / Київ. нац. екон.ун-т ім. Вадима Гетьмана. Київ, 2022. – С. 297–302. – URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/731dbe2e-39a8-45e9-b1ad-c07eb446b24e/content> (дата звернення: 25.05.2025).
23. Цілі сталого розвитку. URL: <https://www.undp.org/uk/ukraine/tsili-staloho-rozvytku> (дата звернення: 25.05.2025).
24. Маслак О. І., Яковенко Я. Ю., Сокурено П. І. Теоретичні і практичні аспекти стійкого розвитку підприємства в умовах невизначеності економічного середовища. *Молодий вчений*. 2017. № 4 (44). С. 710–715. URL: <http://molodyvcheny.in.ua/files/journal/2017/4/165.pdf> (дата звернення: 31.05.2025).
25. Райко Д. В., Маслак О. І., Маслак М. В. Стратегія стійкого розвитку: проблеми та шляхи вирішення. *Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут" (економічні науки)*. 2020. № 3. С. 127–130. DOI: <https://doi.org/10.20998/2519-4461.2020.3.131> (дата звернення: 26.05.2025).
26. Богма О., Ганечко І., Лимар В. Економічний потенціал підприємства: зміст та ключові характеристики. *Вісник Київського*



національного торговельно-економічного університету. 2022. № 1 (141). С. 58–68. DOI: [https://doi.org/10.31617/visnik.knute.2022\(141\)04](https://doi.org/10.31617/visnik.knute.2022(141)04) (дата звернення: 30.05.2025).

27. Дончак Л. Г. Потенціал підприємства: сутність та загальні підходи до формування. *Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки*. 2018. № 4. С. 7–11. DOI: 10.31891/2307-5740-2018-260-4-7-11. URL: <https://journals.khnu.km.ua/vestnik/wp-content/uploads/2021/11/vknu-es-2018-n4-260.pdf> (дата звернення: 30.05.2025).

28. Круш П. В., Дергалюк М. О. Обґрунтування складових потенціалу підприємства як системи. *Інвестиції: практика та досвід*. 2018. № 21. С. 11–14. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2018.21.11> (дата звернення: 31.05.2025).

29. О.І. Маслак, Л.А. Квятковська, О.О. Безручко. Особливості формування економічного потенціалу підприємства в умовах циклічних коливань. *Актуальні проблеми економіки*. 2012. № 9 (135). С. 36–46. URL: <https://eco-science.net/archive/2012/APE-09-2012.rar> (дата звернення: 31.05.2025).

30. Завора О.М. Потенціал підприємства: сутність та ідентифікація його складових. 2024. *Економіка та суспільство*, № 66. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-66-70> (дата звернення: 31.05.2025).

31. Гришко Н. Є., Глазунова О. О. Адаптивні стратегії формування потенціалу промислового підприємства. *Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут" (економічні науки)*. 2024. № 1. С. 141–144. DOI: <https://doi.org/10.20998/2519-4461.2024.1.141> (дата звернення: 18.05.2025).

32. Потенціал і розвиток підприємства : навч. посіб. / А. Л. Сабадирьова та ін. Одеса: ОНЕУ, ротапринт, 2013. 343 с.



33. Гусаковська Т.О., Середа О.О. Економічний потенціал підприємства: сутність та основні складові. *Проблеми економіки*. 2024. №2. С. 129–135. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2024-2-129-135> (дата звернення: 29.05.2025).
34. Ажаман І. А., Жидков О. І. Сутність та структура економічного потенціалу підприємства. *Економіка та держава*. 2018. № 4. С. 22–25. URL: <http://www.economy.in.ua/?op=1&z=4024&i=4> (дата звернення: 29.05.2025).
35. Турило А. М., Богачевська К. В. Потенціал підприємства: сутність, класифікація, види. *Бізнес Інформ*. 2014. № 2. С. 259–263. URL: https://www.business-inform.net/annotated-catalogue/?year=2014&abstract=2014_02_0&lang=ua&stqa=45 (дата звернення: 29.05.2025).
36. Сталий розвиток. Інновації. *Інтерпайп*. URL: <https://interpipe.biz/ua/innovations/> (дата звернення: 20.08.2025).
37. Сталий розвиток. Звіти. *Інтерпайп*. URL: <https://interpipe.biz/ua/zvity/> (дата звернення: 20.08.2025).
38. ERA industrial technologies roadmap on human-centric research and innovation for the manufacturing sector. URL: <https://op.europa.eu/en/web/eu-law-and-publications/publication-detail/-/publication/4a5594d1-4ee3-11ef-acbc-01aa75ed71a1> (date of access: 16.06.2025).
39. Industry 5.0. URL: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/industry-50_en (date of access: 16.06.2025).
40. Гришко С. В., Черніков Д. І. Сучасні тенденції та стратегічні ризики впровадження технологій індустрії 4.0 та індустрії 5.0. *Економіка та суспільство*. 2023. № 54. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-54-68> (дата звернення: 20.07.2025).