

**ВНУКОВА НАТАЛІЯ МИКОЛАЇВНА**

доктор економічних наук, професор, професор  
Харківського національного економічного університету імені Семена Кузнеця, провідний науковий співробітник Науково-дослідного інституту правового забезпечення інноваційного розвитку НАПрН України

ORCID 0000-0002-1354-4838

УДК [339.924:061.1ЄС]:330.3

DOI 10.37772/2518-1718-2023-1(41)-16

## ЄВРОІНТЕГРАЦІЙНЕ СПРЯМУВАННЯ ЗМІН У ЦИРКУЛЯРНІЙ ІНДУСТРІЇ 4.0

У статті розглянуто роль і значення циркулярної економіки і процесів Індустрії 4.0, які набувають особливої ваги щодо рівня витрат і ефективності змін, які можуть відбуватися. Проблема полягає у паралельному розвитку змін у циркулярній економіці і Індустрії 4.0, які необхідно сполучити. Аналіз останніх досліджень показав, що циркулярна економіка і концепція Індустрії 4.0 разом впливають на сталий розвиток. Суттєвою характеристикою змін, які відбуваються під впливом Індустрії 4.0, є збільшення впливу змін у циркулярній економіці і формування екологічного фактору. Перспективними програмами переходу до циркулярної економіки, використовуючи технології Індустрії 4.0, є потенційні стратегії застосування у конкретних галузях економіки. За даними розбіжних досліджень у різних країнах одержані висновки з доведення взаємозв'язку між цими темами. Європейська Комісія розглядає перехід від Індустрії 4.0 до Індустрії 5.0 як напряму, який посилює значення європейської промисловості і є ключовим у економічних і суспільних змінах, вона має очолити цифровий і екологічний перехід.

У статті здійснено пошуковий запит у Google Trends тем «циркулярна економіка», «Індустрії 4.0», «Індустрія 5.0» за часовий період останні 12 місяців (на 05 березня 2023 року) по всьому світу, Україні, деяких країнах ЄС із виділенням середнього рівня зацікавленості цими темами. До теми циркулярної економіки у світі середній рівень зацікавленості значно вищий, ніж до теми Індустрії 4.0. Аналогічні світовим показники країни Італії, при цьому в Україні аналогічне співвідношення між темами, але на значно нижчому рівні. Україна більш наближена до Польщі, але тренди протилежні, в Україні переважає попит на циркулярну економіку, а в Польщі на Індустрію 4.0. Тільки у двох країнах Німеччині та Італії є попит на тему Індустрія 5.0.

**Ключові слова:** Індустрія 4.0, циркулярна економіка, Індустрія 5.0, Google Trends.

**Постановка проблеми.** Інноваційність змін систем Індустрії 4.0 передбачає не тільки комплексну цифровізацію та автоматизацію виробничих процесів і управління, а також вирішення питань екологізації і замкнутого циклу виробництва [1]. Циркулярна економіка (далі – ЦЕ) та Індустрія 4.0 є темами, які найбільше обговорюються за останні роки. Під дією зовнішніх ризиків вони цілеспрямовано привертають увагу вчених, практиків і політиків, зокрема і з урахуванням воєнного стану. Процеси змін Індустрії 4.0 та їх зв'язок з циркулярною економікою мають урахувати досвід як європейських країн, так і прикладів всього світу. Актуалізація підсилюється воєнним станом в Україні, змінами клімату та іншими світовими трансформаціями. В умовах особливого правового періоду [2] створюються передумови для необхідного технічного переозброєння, що вимагає процесу вдосконалення використання інструментів

Індустрії 4.0, зокрема щодо взаємозв'язку з циркулярними процесами з урахуванням вимог євроінтеграції.

За попередніми дослідженнями встановлено суттєве посилення під час воєнного стану серед інноваційних рухів інтересу як до Індустрії 4.0, так і до ЦЕ, розглядається також термін циркулярна Індустрія 4.0 [3]. Цифрова революція принесла багато викликів і можливостей для виробничих компаній. Вплив впровадження технології Індустрії 4.0 на циклічну економіку недостатньо досліджено. Пошуковий інтерес до напряму екологізації Індустрії 4.0 та її зв'язку з ЦЕ чи є стійким, наскільки вони пов'язані між собою. Це може бути далекосяжним напрямом розширення змін у господарській діяльності і позитивним впливом на суспільно-технічний прогрес в Україні під впливом євроінтеграції.

**Мета статті** – визначити загальні засади потенційних інноваційних змін Індустрії 4.0 в умо-

вах євроінтеграції під впливом циркулярної економіки.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** 2022 рік відзначився чималою кількістю публікацій на тему спорідненості циркулярної економіки та Індустрії 4.0, які є життєво важливими новими перспективами змінами в економіці та управлінні виробництвом. У дослідників виникає питання щодо їх взаємо доповнення і впливу на продуктивність при спільному застосуванні. Група вчених [4] провела емпіричне дослідження через опитування менеджерів ланцюгів постачання, які працюють у Бразилії. Розглянуто індивідуальні та спільні наслідки впровадження технологій ЦЕ та Індустрії 4.0 (включно з економічними, екологічними та соціальними заходами) на сталість та операційну ефективність компаній. Первинні висновки вказують на те, що існує синергетичний ефект про продуктивність, отриману в результаті спільного впровадження технологій ЦЕ та Індустрії 4.0, та їх позитивного впливу на соціальні результати, тоді як ізольоване впровадження технологій Індустрії 4.0 не має такого впливу [4].

У іншому дослідженні [5] розглядається роль Індустрії 4.0 у практиках циклічної економіки та здатності ланцюга поставок покращувати ефективність компаній. Перехресні дані зібрані закритим анкетуванням від майже 300 респондентів, які підтвердили, що запровадження практик циклічної економіки покращує економічні та операційні показники компанії, також технології Індустрії 4.0 мають потенціал для значного покращення бізнес-операцій. Додатково емпіричні результати підтверджують, що Індустрія 4.0 відіграє позитивну роль у впровадженні практики замкнутої економіки та можливостей ланцюга поставок. Поточні результати даного дослідження надали керівні принципи для підприємств-учасників, які можуть досягти стійких цілей через асиміляції Індустрії 4.0 у виробничих системах [5].

Не менш результативним є дослідження [6] зі встановлення зв'язків між технологіями Індустрії 4.0 і циркулярною економікою для наскрізного функціонування та їх роль у досягненні обраної кількості цілей сталого розвитку. У дослідженні використано метод систематичного огляду літератури для визначення 76 первинних досліджень, опублікованих у період з січня 2010 року по грудень 2020 року бази даних Scopus. У дослідженні пропонується концептуальна основа, заснована на встановлених зв'язках, яка може сприяти компаніям перебудувати свої практики управління, досягаючи таким чином конкретних цілей сталого розвитку, отже тут визначається не тільки важливість технологічних змін і ЦЕ, але і їх спільний вплив на сталий розвиток, який є пріоритетним на найближчий час для ЄС.

Питання сталого виробництва у контексті Індустрії 4.0 та ЦЕ продовжують досліджуватися [7], одним з таких прикладів є аналіз їх якісних параметрів через огляд літератури, який проводився у два етапи: на першому здійснено свот-аналіз даних з літератури для визначення ризиків і можливостей, на другому етапі – побудова структури інтеграції як впровадження технологій Індустрії 4.0 (аналітика великих даних на базі штучного інтелекту), сталого виробництва, так і можливостей ЦЕ.

Група вчених з різних країн досліджували взаємозв'язок технологій Індустрії 4.0 та практик ЦЕ для забезпечення екологічної стійкості при управлінні бізнесом [8]. На основі закритого перехресного опитування 330 респондентів виконано математичне моделювання результатів, які показали, що саме використання технологій блокчейн значно покращує практику ЦЕ з точки зору екологічного виробництва, переробки та повторного виробництва і екологічного дизайну в Індії. Крім того, промисловість 4.0 має потенціал для значного покращення бізнес-операцій, а також фінансових і екологічних показників [8].

Проблемою забезпечення стійкості бізнесу в контексті Індустрії 4.0 займалась ще одна група вчених [9]. Щоб запропонувати оновлене управління 4-го покоління як системний підхід, що дозволяє сучасному бізнесу орієнтуватися на клієнта та сталість, вони переглянули більше 180 статей, опублікованих з 2005 по 2022 рік, із баз даних Scopus, Web of Science та Science Direct. Ними стверджується, що системний стиль управління (тобто оновлене управління 4-го покоління) найкраще підходить для сталого бізнесу в контексті Індустрії 4.0, циркулярної економіки, зацікавлених сторін і конкурентоспроможності і сприяє більшій екологічності [9].

Весь цей огляд досліджень спрямований на те, щоб впевнити у тому, що технології Індустрії 4.0 сприятимуть кращим результатам циклічної економіки (ЦЕ) на підприємствах. Між тим, додатковим завданням щодо дослідження є те, як виявити, як ці технології можуть сприяти ЦЕ. На даних опитування понад 1200 італійських виробничих компаній і майже 200 користувачів виявлено при обробці математичними методами, що розмежування типу технологій є важливим для розуміння їхньої прямої та непрямої ролі в ЦЕ. Припускається, що технології Індустрії 4.0 позитивно пов'язані з рівнем інтеграції між суб'єктами вздовж ланцюга поставок і в межах його інтеграції в компанії, що, у свою чергу, пояснює кращі результати ЦЕ. Зроблено висновок, що технології інтелектуального виробництва мають сильніший вплив на результати ЦЕ, ніж технології обробки даних [10].

Для відповіді на питання щодо нових шляхів та викликів, які пов'язані з циркулярною економікою

та Індустрією 4.0 іншими дослідниками [11] проведений систематичний огляд літератури у базах Scopus і Web of Science (63 статті), які дозволили науковцям представити п'ять нових шляхів і викликів у взаємозв'язку між ЦЕ та Індустрією 4.0: застосування цих технологій для чистого виробництва, використання блокчейну та великих даних у циклічному ланцюзі поставок, підвищення впливу адитивного виробництва на ЦЕ, пошук кращого розуміння як технології Індустрії 4.0 можуть належним чином підтримувати ЦЕ з точки зору зацікавлених сторін і розпізнавання факторів для їх впровадження у ланцюги поставок. Практичний внесок цього дослідження полягав у застосовності висунутих пропозицій у кількох галузях промисловості. Позитивним є те, що науковці пропонують програму переходу до ЦЕ, використовуючи технології Індустрії 4.0 для оперативного, тактичного та стратегічного персоналу в компаніях, а також потенційні стратегії їх використання в конкретних галузях дослідження [11].

**Виклад основного матеріалу.** Значна кількість останніх проаналізованих досліджень, які є актуальними щодо пошуку напрямів взаємодії між Індустрією 4.0 та циркулярною економікою в різних країнах світу, може бути використана для євроінтеграційних процесів в Україні. У спеціальному проєкті ЄС [12] надано огляд циркулярної економіки, яка розглядається як більш стійка і життєздатна опція для заміни лінійної моделі. За даними ЄС – це модель, де цінні будь-яких ресурсів підтримується у господарстві якомога довше, і генерація відходів мінімізована. У даному документі ЦЕ пов'язана зі сталим розвитком, що корелює з іншими сучасними дослідженнями.

Між тим Європейська Комісія на своєму сайті [13] дала своє бачення вже Індустрії 5.0. Враховуючи, що європейська промисловість є ключовим рушієм економічних і суспільних змін, вона має очолити цифровий і екологічний перехід. Такий підхід забезпечує бачення розвитку промисловості, яке спрямоване за межі ефективності та продуктивності як єдиних цілей, і посилює роль і внесок промисловості в суспільство. Він доповнює існуючий підхід «Індустрії 4.0», спеціально ставлячи дослідження та інновації на службу переходу до орієнтованої на людину та стійкої європейської промисловості. Чому Індустрія 5.0? Тому що промисловість може відігравати активну роль у вирішенні проблем суспільства, включаючи **збереження ресурсів**, зміну клімату та соціальну стабільність. Круглий стіл «Індустрія 5.0», який відбувся 27 квітня 2022 року [13] і зібрав лідерів промисловості з великих європейських компаній і малих і середніх підприємств, а також представників профспілок та інших зацікавлених сторін, визначив? які рамкові умови сприяти-

муть її розвитку: це фінанси, управління, екологія та інклюзивність.

Досвід розвинених країн світу дозволив розробити в Україні національну стратегію Індустрії 4.0. У період глобальних трансформацій під час воєнного стану існуючі сучасні структурні диспропорції національного промислового розвитку можуть бути швидше подолані із використанням технологій 4.0 для інноваційного оновлення промисловості [14]. Світовий тренд цифрової трансформації глобального виробництва призведе до неодмінних змін в організації та управлінні виробничими процесами через просування технологій Індустрії 4.0, адитивних технологій, Big Data, роботизацію виробництв [15], але ці процеси повинні знайти своє місце у сполученні з ЦЕ.

Для визначення тренду змін щодо зацікавленості пошукувачів у Google автором виконано дослідження з використанням пошукового сервісу Google Trends [16], який надає статистику саме попиту на ту чи іншу тему в країнах світу у різні часові періоди. Особливістю цього інструменту є надання користувачам кількісних та якісних параметрів запиту до загальної суми запитів у Google, що створює можливість дослідникам визначити перспективи розвитку тих процесів, які досліджуються. У даному завданні автором здійснено пошуковий запит тем Індустрії 4.0, Індустрії 5.0, циркулярної економіки у окремих країнах ЄС латиницею (англійська мова) за останній рік (на 05 березня 2023 року). Результати представлені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Порівняння рівня зацікавленості темами Індустрії 4.0, 5.0 і циркулярної економіки у світі і деяких країнах ЄС

Країна	Рівень зацікавленості у балах Google Trends		
	Індустрія 4.0	Індустрія 5.0	Циркулярна економіка
Україна	10	0	13
Польща	19	0	14
Німеччина	20	3	56
Іспанія	15	0	43
Франція	20	0	40
Італія	24	3	58
Весь світ	43	4	73

*Джерело: складено автором*

Попередні дослідження показали, що розподіл інтересу до цифрової трансформації і Індустрії 4.0 був рівномірним, і тренди співпадали [17], але тепер необхідно визначитися щодо впливу циркулярної економіки на розвиток механізмів Індустрії 4.0 у деяких країнах ЄС і Україні, що наведено у таблиці 1.

Як видно з таблиці 1, у світі зацікавленість темою Індустрії 4.0 є високою, але її майже вдвічі переважає тема циркулярної економіки, яка може виступати драйвером перетворень і в Індустрії 4.0. Почав формуватися попит і на тему Індустрії 5.0.

Розподіл рівня зацікавленості визначеними у табл.1 темами є різним. Десь переважає пошук Індустрії 4.0, десь циркулярної економіки, але загальний рівень зацікавленості у кожній з розглянутих країн ЄС нижче світового, що потребує додаткового дослідження. Найбільші показники до світових трендів у Італії. Тільки у двох країнах – Німеччині та Італії є попит на тему Індустрія 5.0. Що стосується України, то вона наближена до Польщі, але тренди протилежні, в Україні переважає попит на циркулярну економіку, а в Польщі на Індустрію 4.0, також у Польщі найнижчий показник взагалі серед досліджених країн ЄС на циркулярну економіку, що потребує формування додаткових дій для стимулювання процесів зацікавленості даною темою, яка є пріоритетною для ЄС.

**Висновки.** Трансформації у господарської діяльності, які відбуваються у воєнний час, можна

розглядати як такі, що нерівномірно впливають на можливість використання змін у технологіях Індустрії 4.0 та циркулярній економіці.

Проведені дослідження показали, що в Україні на державному рівні мають формуватися програми для посилення уваги як до Індустрії 4.0, так і циркулярної економіки. З урахуванням завдань євроінтеграції має розпочатися процес інформування щодо завдань ЄС з розвитку Індустрії 5.0. Європейський досвід має бути використаний для національного рівня в Україні, щоб стимулювати розвиток не тільки інновацій у промисловості для відновлення економіки України, а саме засад циркулярної економіки для раціонального використання ресурсів у сполученні із розвитком промисловості.

Близькість рівнів зацікавленості даними темами в Україні до Польщі можуть вплинути на пошук і перегляд взаємодії для розробки спільних міжнародних заходів стимулюючого впливу на них. Результати проведеного оцінювання показали, що визначені рівні зацікавленості темами в Італії можуть стати предметом додаткового дослідження.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Задорожний Г.В., Дуна Н.Г. та ін. Особливості та перспективи Індустрії 4.0 в економіці України (науковий огляд). *Вісник економічної науки України*. 2021. № 1 (40). С. 159-179. DOI: [https://doi.org/10.37405/1729-7206.2021.1\(40\).159-179](https://doi.org/10.37405/1729-7206.2021.1(40).159-179). URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/180119>.
2. Внукова Н.М. Зміна механізмів Індустрії 4.0 в особливий правовий період. *Господарська діяльність в особливий правовий період*: зб. наук. праць за матеріалами Міжнародної науково-практичної конференції, 30 березня 2022 р. / за ред. М. Петрової, С. Глібка, Велико-Тирново, Болгарія, Вид-во: ACCESS PRESS, 2022. URL: <https://ndipzir.org.ua/gospodarska-diyalnist-v-osoblivij-pravovij-period>.
3. Гнап А. Економіка кругового циклу та порядок денний на період до 2030 року. Запорізький регіональний кластер «ІАМ» (8 червня 2022 р.). 156 с. URL: [https://www.cci.zp.ua/app/uploads/2022/06/ekonomika-krugovogo-cyklu-ta-poryadok-dennyj-na-period-do-2030-roku\\_08062022.pdf](https://www.cci.zp.ua/app/uploads/2022/06/ekonomika-krugovogo-cyklu-ta-poryadok-dennyj-na-period-do-2030-roku_08062022.pdf).
4. Ana Beatriz Lopes de Sousa Jabbour et al. Better together: Evidence on the joint adoption of circular economy and industry 4.0 technologies *International Journal of Production Economics*. 2022. Vol. 252. Art. 108581. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925527322001700>.
5. Yu Z., Khan S. A. R., Umar M. Circular economy practices and industry 4.0 technologies: A strategic move of automobile industry. *Business Strategy and the Environment*. 2022. Vol. 31. №. 3. pp. 796-809. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/bse.2918>.
6. Patyal V. S. et al. Mapping the links between Industry 4.0, circular economy and sustainability: A systematic literature review/ *Journal of Enterprise Information Management*. 2022. URL: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JEIM-05-2021-0197/full/html>.
7. Bag S., Pretorius J. H. C. Relationships between industry 4.0, sustainable manufacturing and circular economy: proposal of a research framework. *International Journal of Organizational Analysis*. 2022. T. 30. №. 4. С. 864-898. URL: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJOA-04-2020-2120/full/html>.
8. Tang Y. M. et al. Industry 4.0 technology and circular economy practices: business management strategies for environmental sustainability. *Environmental Science and Pollution Research*. 2022. Vol. 29. №. 33. pp. 49752-49769. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-022-19081-6>.
9. Hallioui A. et al. Systems-based approach to contemporary business management: An enabler of business sustainability in a context of industry 4.0, circular economy, competitiveness and diverse stakeholders. *Journal of Cleaner Production*. 2022. Art. 133819. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652622033959>.

10. Di Maria E., De Marchi V., Galeazzo A. Industry 4.0 technologies and circular economy: The mediating role of supply chain integration. *Business Strategy and the Environment*. 2022. Т. 31. №. 2. С. 619-632. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/bse.2940> 1.
11. Hennemann Hilario da Silva, T. and Sehnem, S. The circular economy and Industry 4.0: synergies and challenges, *Revista de Gestão*, 2022, Vol. 29 № 3, С. 300–313. <https://doi.org/10.1108/REG-07-2021-0121>. URL: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/REG-07-2021-0121/full/html>.
12. Twin transition in the manufacturing sector A blueprint Funded by the European Union – application number 2021-2-DE02-KA220-VET-000050453. V. URL: [https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/twin-transition-in-the-manufacturing-sector\\_final-2.pdf](https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/twin-transition-in-the-manufacturing-sector_final-2.pdf).
13. Industry 5.0 URL: [https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/industry-50\\_en](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/industry-50_en) [https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation\\_en](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation_en).
14. Чех Л. М., Корогодова О. О. Інноваційний розвиток економіки України в умовах Індустрії 4.0. 2020. URL: [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/37700/1/APEU2020-14\\_1-12.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/37700/1/APEU2020-14_1-12.pdf)
15. Кушніренко, О. М. Гахович, Н. Г. Вплив технологій Індустрії 4.0 на структурні трансформації в економіці. *Економічний вісник. Серія: фінанси, облік, оподаткування*. 2020. Вип. 4. С. 63-73. ISSN 2617-5932.
16. Google Trends – керівництво для користування. URL: <https://livepage.pro/knowledge-base/google-trends.html> .
17. Внукова Н.М. Визначення зацікавленості темою цифрових трансформацій у економіці Індустрії 4.0. *Збірник наукових праць НДІ ПЗІР НАПрН України*. Вип. 5: Цифрові трансформації України 2021: виклики та реалії: за матеріалами ІІ круглого столу (м. Харків, 20 вересня 2021 року) / за ред. С. В. Глібка, К. В. Єфремової. – Харків: НДІ ПЗІР НАПрН України, 2021. С.22-26. URL: <https://ndipzir.org.ua/ii-kruglij-stil-czifrovi-transformaczii-ukraini-2021>.

#### REFERENCES

1. Zadorozhnyi, H.V. & Duna, N.H. et al. (2021). Features and prospects of industry 4.0 in the economy of Ukraine (scientific review). *Visnyk ekonomichnoi nauky Ukrainy*, 1(40), 159-179. DOI: [https://doi.org/10.37405/1729-7206.2021.1\(40\).159-179](https://doi.org/10.37405/1729-7206.2021.1(40).159-179). Retrieved from: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/180119> [in Ukrainian].
2. Vnuкова, N.M. (2022). Changing industry mechanisms 4.0 in a special legal period. *Hospodarska diialnist v osoblyvyi pravovyi period: zb. nauk. prats za materialamy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, 30 bereznia 2022 r.* M. Petrovoi, S. Hlibka (Eds.). Velyko-Tyrnovo, Bolhariia, Vyd-vo: ACCESS PRESS. Retrieved from: <https://ndipzir.org.ua/gospodarska-diyalnist-v-osoblivij-pravovij-period> [in Ukrainian].
3. Hnap, A. (2022). Circular cycle economy and agenda for the period up to 2030. *Zaporizkyi rehionalnyi klaster «IAM»* (8 chervnia 2022 r.). Retrieved from: [https://www.cci.zp.ua/app/uploads/2022/06/ekonomika-krugovogo-czyklu-ta-poryadok-dennyj-na-period-do-2030-roku\\_08062022.pdf](https://www.cci.zp.ua/app/uploads/2022/06/ekonomika-krugovogo-czyklu-ta-poryadok-dennyj-na-period-do-2030-roku_08062022.pdf) [in Ukrainian].
4. Ana Beatriz Lopes de Sousa Jabbour et al. (2022). Better together: Evidence on the joint adoption of circular economy and industry 4.0 technologies *International Journal of Production Economics*, Vol. 252, Art. 108581. Retrieved from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925527322001700>.
5. Yu, Z., Khan, S. A. R. & Umar M. (2022). Circular economy practices and industry 4.0 technologies: A strategic move of automobile industry. *Business Strategy and the Environment*, Vol. 31, No. 3, pp. 796-809. Retrieved from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/bse.2918>.
6. Patyal, V. S. et al. (2022). Mapping the links between Industry 4.0, circular economy and sustainability: A systematic literature review/ *Journal of Enterprise Information Management*. Retrieved from: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JEIM-05-2021-0197/full/html>.
7. Bag, S. & Pretorius, J. H. C. (2022). Relationships between industry 4.0, sustainable manufacturing and circular economy: proposal of a research framework. *International Journal of Organizational Analysis*, Vol. 30, No. 4, 864–898. Retrieved from: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJOA-04-2020-2120/full/html>.
8. Tang, Y. M. et al. (2022). Industry 4.0 technology and circular economy practices: business management strategies for environmental sustainability. *Environmental Science and Pollution Research*. 2022. Vol. 29. №. 33. pp. 49752-49769. Retrieved from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-022-19081-6>.
9. Hallioui, A. et al. (2022). Systems-based approach to contemporary business management: An enabler of business sustainability in a context of industry 4.0, circular economy, competitiveness and diverse stakeholders. *Journal of Cleaner Production*. 2022. Art. 133819. Retrieved from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652622033959>.

10. Di Maria, E., De Marchi, V. & Galeazzo, A. (2022). Industry 4.0 technologies and circular economy: The mediating role of supply chain integration. *Business Strategy and the Environment*. 2022. Т. 31. №. 2. С. 619-632. Retrieved from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/bse.2940> 1.
11. Hennemann Hilario da Silva, T. and Sehnem, S. (2022). The circular economy and Industry 4.0: synergies and challenges, *Revista de Gestão*, Vol. 29 № 3, 300–313. <https://doi.org/10.1108/REGE-07-2021-0121>. Retrieved from: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/REGE-07-2021-0121/full/html>.
12. Twin transition in the manufacturing sector A blueprint Funded by the European Union – application number 2021-2-DE02-KA220-VET-000050453. V. Retrieved from: [https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/twin-transition-in-the-manufacturing-sector\\_final-2.pdf](https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/twin-transition-in-the-manufacturing-sector_final-2.pdf).
13. Industry 5.0 Retrieved from: [https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/industry-50\\_en](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/industry-50_en) [https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation\\_en](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation_en).
14. Chekh, L. M., Korohodova O. O. (2020). Innovative development of Ukraine's economy under industry 4.0. 2020. Retrieved from: [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/37700/1/APEU2020-14\\_1-12.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/37700/1/APEU2020-14_1-12.pdf) [in Ukrainian].
15. Kushnirenko, O. M. & Hakhovych, N. H. (2020). Influence of industry technologies 4.0 on structural transformations in economics. *Ekonomichnyi visnyk. Seriya: finansy, oblik, opodatkuvannia*. 2020. Вип. 4. С. 63-73. ISSN 2617-5932 [in Ukrainian].
16. Google Trends – kerivnytstvo dlia korystuvannia. Retrieved from: <https://livepage.pro/knowledge-base/google-trends.html> [in Ukrainian].
17. Vnukova, N.M. (2021). Determination of interest in the topic of digital transformations in the economy of industry 4.0. *Zbirnyk naukovykh prats NDI PZIR NAPrN Ukrainy. Vyp. 5: Tsyfrovi transformatsii Ukrainy 2021: vyklyky ta realii: za materialamy II kruhloho stolu (m. Kharkiv, 20 veresnia 2021 roku)*. (pp. 22–26). S. V. Hlibka, K. V. Yefremovoi (Eds.). Kharkiv: NDI PZIR NAPrN Ukrainy. Retrieved from: <https://ndipzir.org.ua/ii-kruglij-stil-cifrovi-transformaczi-ukraini-2021> [in Ukrainian].

#### VNUKOVA NATALIYA

2nd PhD in Economics, Professor of the Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics,  
Leading researcher of the Scientific and Research Institute of Providing Legal Framework for the Innovative  
Development of NALS of Ukraine

### EURO-INTEGRATION DIRECTION OF CHANGES IN CIRCULAR INDUSTRY 4.0

**Problem setting.** The innovativeness of changes in Industry 4.0 systems involves not only comprehensive digitalization and automation of production processes and management, but also solutions to issues of environmental protection and a closed production cycle. The circular economy and Industry 4.0 are interrelated topics and require additional research.

**Analysis of recent researches and publications.** An in-depth study of many components of Industry 4.0 was conducted by Zadorozhnyj G.V. The peculiarities of the relationship between the circular economy and Industry 4.0 and sustainable development were dealt with Hennemann Hilario da Silva, T. and Sehnem, S., Di Maria E., De Marchi V., Galeazzo A., Tang Y. M., Hallioui A. et al. Hnap A. studied the prospects for the development of circular Industry 4.0 until 2030.

**Target of the research is** to determine the general principles of potential innovative changes of Industry 4.0 in the conditions of European integration under the influence of the circular economy.

**Article's main body.** The article examines the role and significance of the circular economy and Industry 4.0 processes, which are gaining particular importance in relation to the level of costs and the effectiveness of the changes that may occur. The problem lies in the parallel development of changes in the circular economy and Industry 4.0, which must be combined. Analysis of recent studies has shown that the circular economy and the concepts of Industry 4.0 together influence sustainable development. An essential characteristic of the changes taking place under the influence of Industry 4.0 is the increase in the impact of changes in the circular economy and the formation of the environmental factor. Prospective programs for the transition to a circular economy using Industry 4.0 technologies are potential application strategies in specific fields of research. According to the data of various studies in different countries, evidence of the relationship between these topics has been obtained. The European Commission considers the transition from Industry

4.0 to Industry 5.0 as a direction that strengthens the importance of European industry and is a key direction of economic and social change, it should lead the digital and environmental transition.

In the article, a Google Trends search was made for the topics «circular economy», «Industry 4.0», «Industry 5.0» for the time period of the last 12 months (as of March 5, 2023) all over the world, Ukraine, some EU countries, with the selection of an average level of interest in these topics. The average level of interest in the topic of the circular economy in the world is much higher than in the topic of Industry 4.0. Similar to the world indicators of the country of Italy, while in Ukraine the ratio is similar, but at a much lower level. Ukraine is close to Poland, but the trends are opposite, in Ukraine the demand for the circular economy prevails, and in Poland for Industry 4.0. Only two countries, Germany and Italy, have a demand for Industry 5.0.

**Conclusions and prospects for the development.** The conducted studies showed that in Ukraine at the state level, programs should be formed to increase attention to both Industry 4.0 and the circular economy. Taking into account the tasks of European integration, the process of informing about the tasks of the EU for the development of Industry 5.0 should begin. The European experience should be used at the national level in Ukraine to stimulate the development of the foundations of the circular economy in industry for the recovery of the Ukrainian economy.

**Key words:** Industry 4.0, circular economy, Industry 5.0, Google Trends.

**За ДСТУ 8302:2015 цю статтю слід цитувати:**

Внукова Н.М. Євроінтеграційне спрямування змін у циркулярній індустрії 4.0. *Право та інновації*. 2023. № 1 (41). С. 111–117.