

Венгерська Н.С.,  
канд. екон. наук, доцент,  
доцент кафедри міжнародної економіки,  
природних ресурсів та економіки міжнародного туризму,  
Ворона Р.А.,  
магістр спеціальності 051 «Економіка»,  
Запорізький національний університет

## СМАРТИЗАЦІЯ ТА ДЕКАРБОНІЗАЦІЯ УКРАЇНСЬКИХ МЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ ЯК НАПРЯМИ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ В УМОВАХ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ

Venherska N.S.,  
cand.sc.(econ.), assoc. prof.,  
associate professor at the department of international economics,  
natural resources and economics of international tourism,  
Vorona R.A.,  
master of specialty 051 "Economics",  
Zaporizhzhia National University

## SMARTIZATION AND DECARBONIZATION OF UKRAINIAN METALLURGICAL ENTERPRISES AS DIRECTIONS OF INNOVATIVE DEVELOPMENT IN THE CONDITIONS OF EUROPEAN INTEGRATION

**Постановка проблеми.** З огляду на стрімкий розвиток інформаційних технологій, важливим стає використання смарт (розумних) технологій та «зелених» інновацій у сталеливарній промисловості задля формування декарбонізованих моделей виробництва та зменшення її впливу на навколишнє середовище. Світові виробники металургійної продукції трансформують виробничі системи через підключення їх до Інтернету речей, а управлінські системи модифікуються за рахунок штучного інтелекту. Інтернет речей та штучний інтелект – це одні з найбільш помітних проявів Четвертої промислової революції, яку ми зараз переживаємо.

Головна проблема металургійної промисловості полягає у тому, що вона є основним виробником CO<sub>2</sub> (близько 10 % загальних світових викидів), порівняно з іншими видами економічної діяльності. Екомодернізація та «озеленення» металургійних підприємств відбувається на основі впровадження пристроїв Інтернету речей, штучного інтелекту та «зелених» інновацій. Як і в минулому, перші галузі, що зуміють вирішувати завдання та адаптуватись до нових технологій, зможуть забезпечити свою конкурентоспроможність на наступні десятиліття.

Європейські країни прагнуть декарбонізації металургійної промисловості, переводячи виробництво сталі з вугільних печей на електрику або водень («зелена» сталь) [1]. На жаль, наразі українська металургійна промисловість зіштовхнулася з найбільшими викликами за всю історію незалежної України, бо вона переживає не найлегші часи в умовах повномасштабного вторгнення російської федерації за рахунок втрати виробничих потужностей у м. Маріуполь, оскільки на два маріупольські підприємства групи «Метінвест» припадало близько 40 % виробництва української сталі, що в результаті призвело у 2022 році до 30 %-го зниження ВВП України [2]; потребує екомодернізації, «озеленення» виробництва та «зеленої» культури, пошуку інвестицій задля декарбонізації, підвищення конкурентоспроможності на інноваційній основі та адаптації до вимог Європейського зеленого курсу. Дослідження цих проблем є важливим для практиків і теоретиків у сфері металургійного виробництва, економіки, менеджменту, екології, інформаційних систем, європейських студій, що свідчить про розгляд цього питання з точки зору міждисциплінарного та синергетичного підходу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Розвиток цифрової економіки, сучасні тренди й перспективи смарт-промисловості та проблеми на шляху розвитку Інтернет речей розглядаються у роботах таких науковців, як: В. Ляшенко [3], Б. Жураковський [4], А. Крисоватий, О. Сохацька [5]. Питання формування розумного металургійного виробництва розкривалися Г. Фейнерхо [6],

О. Амошею, А. Нікіфоровою [7], О. Кузнецовим [8]. Прикладні дослідження щодо формування «зеленої» культури та впливу «зелених» інновацій на екологічну ефективність промислових підприємств в умовах декарбонізації та смартизації є недостатньо розкритими українськими науковцями, проте висвітлені зарубіжними вченими, зокрема Л. Фанг, С. Ши, Дж. Гао [9], Ю. Юсофф, М. Неджати, Д. Кі та А. Амран та ін. [10–12]. Оскільки питання смартизації та декарбонізації українських металургійних підприємств як напрямів інноваційного розвитку на шляху до євроінтеграції ще не розглянуті достатньо, тема статті є актуальною.

**Постановка завдання.** Метою статті є розкриття особливостей інноваційного розвитку металургійних підприємств на основі смартизації та декарбонізації в умовах євроінтеграції.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Нині відбувається поєднання цифрових, фізичних та біологічних технологій. Людство знаходиться у витоків нової революції, а тому передбачаються значні перетворення, які фундаментально змінять працю та спілкування. Відбуваються кардинальні зміни в усіх галузях, руйнації усталених норм та зв'язків, при чому не пропонуються еволюційні процедури їх оновлення. Сучасні світові та національні металургійні підприємства стикаються з необхідністю пристосуватися до нових технологічних та управлінських інновацій. З'являються нові технології, які впливають як на виробництво металургійної продукції, так і на управлінський процес. Це передбачає зміну систем виробництва та управління. Світ перебуває в ері Четвертої промислової революції [5].

Під терміном «цифровізація» розуміється насичення фізичного світу електронно-цифровими пристроями, засобами, системами та налагодження електронно-комунікаційного обміну між ними, що фактично уможлиблює інтегральну взаємодію віртуального та фізичного, тобто створює кіберфізичний простір [13]. Основна мета цифровізації полягає у досягненні цифрової трансформації існуючих та створенні нових галузей економіки, а також трансформації сфер життєдіяльності у нові більш ефективні та сучасні.

У 1999 році Кевіном Ештоном був введений термін «Інтернет речей», щоб відобразити можливість радіочастотної ідентифікації, що використовується в корпоративних системах поставок для підрахунку та відстеження товарів без необхідності в людському втручанні [14]. Екосистема Інтернету речей складається з різноманітних пристроїв, що мають підтримку Інтернету. Вони оснащені вбудованими процесорами, сенсорами та комунікаційним обладнанням для збору, передачі та обробки даних, які отримують у своєму середовищі. «Інтернет речей» – це мережа, що дозволяє пристроям, якими ми користуємося щоденно, взаємодіяти між собою. Речі «спілкуються» між собою, обмінюючись даними. Також ця концепція передбачає виконання пристроями певних дій без втручання людини. Таким чином, Інтернет речей (IP) (англ. – IoT) – це система взаємопов'язаних обчислювальних пристроїв, механічних і цифрових машин, об'єктів, тварин або людей, які забезпечені унікальними ідентифікаторами і здатністю передавати дані по мережі, не вимагаючи від людини до взаємодія людини або людини з комп'ютером.

Використання технологій Інтернету речей (IoT) у «розумних» складах сприяє підвищенню ефективності виробництва та бізнесу шляхом використання роботів, дронів, сканерів, міток RFID (Radio Frequency IDentification, радіочастотна ідентифікація) та програм з штучним інтелектом для керування.

За прогнозами аналітичного агентства Gartner, впровадження високотехнологічних лічильників сприятиме активному використанню Інтернету з метою захисту, зокрема камери спостереження. Подальший розвиток Інтернету речей сприятиме автоматизації будівель та транспорту [15–16]. За інформацією американського інвестиційного банку Goldman Sachs, у 2016 році кількість під'єднаних пристроїв у світі в IoT досягла 12 мільярдів. Аналітики IoT Analytics прогнозують, що ця цифра зросте до 27 мільярдів до 2025 року [17]. На початку 2021 року ринок Інтернету речей оцінювався приблизно в 300 мільярдів доларів.

Термін «смайт-виробництво» Національним інститутом стандартів і технологій США (NIST) визначається як повністю інтегровані корпоративні виробничі системи, здатні в режимі реального часу реагувати на мінливі умови виробництва, вимоги мереж поставок і задовольняти потреби клієнтів, за своїм змістом дуже близький до характеристик Індустрії 4.0 [19]. Варто погодитися з Амошею О. І. та Нікіфоровою В. А., які зазначають, що «необхідність упровадження смайт-виробництв у металургійній промисловості пов'язана з її майбутнім поступальним розвитком, що пояснюється небезпекою залишитися осторонь провідних економічних процесів через неможливість збуту продукції внаслідок невідповідності вимогам контрагентів» [7]. Основними прикладами смайт-рішень у металовиробництві на сьогоднішній день виступають: інтернет речей (IoT); смайт-пристрої (датчики, сенсори, лічильники), зокрема щоб скоротити викиди CO<sub>2</sub> і зменшити витрачену енергію; інтелектуальне моделювання та візуалізація процесів; роботизація; технології, засновані на порошковій металургії (в основному 3D-друк, у перспективі технології 4D2 та MIM3 – Metal Injection Molding); розробка нових продуктів і матеріалів.

Для металургійної галузі «Індустрія 4.0» означає практично автономне металургійне виробництво, співробітники, продукти і виробничі потужності якого взаємопов'язані завдяки інтернету

речей. Сенсори та датчики на заводах збирають великі бази даних, які обробляє штучний інтелект (AI). Це дає змогу оптимізувати виробництво і забезпечити високу синергію на підприємстві. Цифрові технології також змінюють взаємодію металургійних підприємств з постачальниками і клієнтами, використовуючи онлайн-платформи та програми. Підприємства також використовують цифрові смарт-технології не тільки для підвищення продуктивності, а й для скорочення викидів CO<sub>2</sub> і зниження втрат енергії. Таким чином, цифровізація сприяє створенню принципово нових бізнес-моделей металургійного виробництва [6].

Завдяки діджиталізації відбулися зміни в корпоративному управлінні, організаційній структурі металургійних підприємств та «озелененні» їхньої корпоративної культури, що наближає до подолання кліматичних викликів та забезпечення сталого зростання. Шлях декарбонізації – це зниження шкідливих викидів з існуючих технологій, що застосовуються на виробництві та впровадження нових. Як зазначає Кузнєцов О. [8], цей процес можна назвати ековдосконаленням та розділити на дві складові: екомодернізація і екооновлення.

Екомодернізація – це реконструкція діючого обладнання, дооснащення існуючих технологічних процесів (ремонт фільтруючих систем для газів, що відходять, їх заміна, установка нових аспіраційних систем і т.і.). Екооновлення (так зване «озеленення» виробництва) – це технологічне проєктування і створення нових високотехнологічних проєктів, їх промислове впровадження, це вищі матеріальні та інтелектуальні затрати, це позиція лідера, це завжди інвестиції. Одним із прикладів екооновлення є плани найбільшої в світі сталеливарної компанії ArcelorMittal, яка має намір вкласти 215 млн євро в два проєкти зі зменшення викидів CO<sub>2</sub> на 350 тисяч тонн на рік. ArcelorMittal отримала кредит у розмірі 75 млн євро від Європейського інвестиційного банку (ЄІБ) за підтримки Єврокомісії на реалізацію двох проєктів з екооновлення в металургійному місті Гент, Бельгія.

Європейська сталеливарна промисловість поставила стратегічну мету скоротити викиди вуглецю на 55 % до 2030 року і досягти кліматичної нейтральності до 2050 року відповідно до кліматичних цілей ЄС (Green Deal). Європейська асоціація сталі (EUROFER, The European Steel Association) також прагне забезпечити доступ до брухту чорних металів, який є матеріалом для виробництва «зеленої» сталі.

Українські металургійні підприємства реалізують інноваційні та інвестиційні проєкти, які використовують розумні та «зелені» технології та мають потенціал створення сталого та розумного металургійного виробництва [1; 8]. Окрім європейських інституцій, британський виробник обладнання Primetals Technologies оголосив, що підписав із урядом України меморандум про наміри допомогти країні відновити сталеливарну промисловість. Співпраця буде спрямована на реалізацію проєктів «зеленого» чавуну та сталі, створенні повного «зеленого» ланцюжка створення вартості, що включатиме агломерацію, виробництво заліза, виробництво сталі та постачання сировини, такої як водень [19]. Для створення такого ланцюжка потрібно 20–40 млрд доларів інвестицій, які включають будівництво заводів зі збагачення та оздоблення залізняку, екологічно чисту енергію та виробництво водню, екологічно чисті заводи з виробництва чавуну та сталі та відповідну інфраструктуру.

Однак українські підприємства будуть стикатися із значними проблемами, зокрема виникнення можливих помилок робітників, які можуть кардинально вплинути на виробничий процес; збільшення кількості проблем щодо збереження й експлуатації великих даних; збільшення кібернетичних загроз; зміни в чисельності, структурі, професійній підготовці робочої сили; формування цифрових та «зелених» цінностей персоналу; недостатня кількість менеджерів середньої ланки з свідомим екологічним та соціально відповідальним мисленням.

Задля зменшення цих ризиків можна використовувати досвід найбільших світових металургійних виробників. Наприклад, Південнокорейська компанія POSCO, яка володіє двома найбільшими металургійними заводами у світі – у Кван'яні та Пхохані, щоб забезпечити успішну командну роботу, впровадила програму, мета якої – прищепити інженерам «розумну» культуру і сприяти трансформації мислення на рівні команд. При цьому роботехніка не позбавила людей робочих місць на цих підприємствах. Впровадження розумних виробництв сприяло перерозподілу функцій, менше співробітників працюють безпосередньо на виробництві, а більше займаються аналізом даних або розробленням інноваційних рішень [6].

Відповідно, в умовах декарбонізації важливим напрямом інноваційного розвитку металургійної промисловості є побудова інноваційної системи управління персоналом та «зеленої» корпоративної культури. Світовий досвід свідчить, що «зелене» управління людськими ресурсами стає більш популярним в останнє десятиліття як проактивний підхід, який організації можуть прийняти для покращення своїх екологічних показників [10]. «Зелене» управління людськими ресурсами – це набір методів управління людськими ресурсами, які враховують екологічний маніфест організації [11]. Розвиток «зелених» цінностей та установок працівника передбачає засвоєння остаточного екологічного мислення через процеси, такі як розвиток лідерства, навчання, наймання та відбір [12]. Як свідчать дослідження малазійських вчених [9] виробничого сектору, зелена культура може позитивно вплинути на екологічні показники організації, а «зелені» інновації опосередковують взаємозв'язок між «зеленим» управлінням персоналом та екологічними показниками. Тобто існує

взаємозв'язок між «зеленим» управлінням людськими ресурсами та екологічною ефективністю, звертаючись до «зелених» інновацій та «зеленої» культури як нового підходу до підвищення екологічної ефективності. Індонезійські вчені стверджують про позитивний і значний вплив організаційної «зеленої культури» на «зелені» інновації, «зелену» конкурентну перевагу та продуктивність організації для прямого ефекту. А також непрямий ефект: організація «зеленої культури» через екологічні інновації має позитивний і значний вплив на екологічну конкурентну перевагу та ефективність організації. Ці результати вказують на важливість екологічної стратегії, реалізованої в компанії, оскільки вона підвищить її конкурентоспроможність і продуктивність в економічному, операційному та екологічному аспектах [20].

**Висновки з проведеного дослідження.** Загалом, українські металургійні підприємства мають досить складне становище у сфері смартизації та декарбонізації виробництва. Основна причина цього полягає в старій виробничій інфраструктурі, обмежених «зелених» інвестиціях та недостатній увазі керівництва щодо нових підходів до формування культурних цифрових трансформацій та «зеленої» корпоративної культури. Базуючись на міждисциплінарному та синергетичному підходах до вирішення проблеми інноваційного розвитку металургійних підприємств та врахувавши існуючі умови для здійснення «цифрового та зеленого прориву, вважаємо, що перехід на більш високий рівень технологічного розвитку можливий завдяки: 1) інвестиціям у розумні технології та «зелені» інновації через інвестиційне партнерство з країнами ЄС та Великою Британією; 2) вивченню найкращих європейських практик переходу до зеленого виробництва з урахуванням адаптації до українських умов; 3) формуванню інноваційної корпоративної культури через культурні цифрові трансформації та «зелену» корпоративну культуру. В результаті, застосування розумних та «зелених» технологій призведе до трансформації підприємств металургійної промисловості у напрямку досягнення цілей Європейського зеленого курсу. Цей перехід допоможе рухатися на шляху досягнення цілей сталого розвитку та декарбонізації виробництва. Перспективи подальших розробок полягатимуть у компаративному дослідженні зелених практик європейських та українських металургійних підприємств.

#### Література

1. Як декарбонізація металургії в ЄС відкриє двері до декарбонізації важкої промисловості світу. URL: <https://dia.dp.gov.ua/yak-dekarbonizaciya-metalurgi%D1%97-v-yes-vidkriye-dveri-do-dekarbonizaci%D1%97-vazhko%D1%97-promislovosti-svitu/> (дата звернення: 05.08.2023).
2. Бабенко М. Не лише «Азовсталь». Скільки металургійних заводів втратила Україна під час війни. URL: <https://focus.ua/uk/economics/547509-netolko-azovstal-skolko-metallurgicheskich-zavodov-poteryala-ukraina-vo-vremyavoyuny> (дата звернення: 05.08.2023).
3. Ляшенко В. І. Цифрова модернізація економіки України як можливість проривного розвитку : монографія. Київ : НАН України, 2018. 252 с.
4. Жураковський Б. Ю., Зенів І. О. Технології інтернету речей : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 271 с.
5. Четверта промислова революція: зміна напрямів міжнародних інвестиційних потоків : монографія / за ред. А. І. Крисоватого та О. М. Сохацької. Тернопіль : Осадца Ю. В., 2018. 478 с.
6. Фернейхо Гай. Залізна логіка: як металургія відповідає на виклики промисловості 4.0. URL: <https://gmk.center.ua/posts/yak-metalurgiya-vidpovidaie-na-vikliki-promislovosti-4-0/> (дата звернення: 05.08.2023).
7. Амоша О. І., Нікіфорова В. А. Світовий досвід становлення металургійних смарт-виробництв: особливості, напрями, наслідки. *Економіка промисловості*. 2019. № 2(86). С. 84-106. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/158700/4-Amosha.pdf?sequence=1> (дата звернення: 06.08.2023).
8. Кузнєцов О. Як зробити сталеливарну промисловість вуглецевонейтральною: інноваційна розробка. *ECOBUSINESS. Екологія підприємства*. 2020. № 7. URL: <https://ecolog-ua.com/news/yak-zrobyty-stalelyvarnu-promyslovist-vuglecevooneytralnoyu-innovaciyna-rozrobka> (дата звернення: 06.08.2023).
9. Fang L., Shi S., Gao J., Li X. The mediating role of green innovation and green culture in the relationship between green human resource management and environmental performance. *PLoS ONE*. 2022. Vol. 17(9): e0274820. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0274820>
10. Yusoff Y. M., Nejati M., Kee D. M. H., Amran A. Linking green human resource management practices to environmental performance in hotel industry. *Global Business Review*. 2020. Vol. 21(3). P. 663-680.
11. Ren S., Jiang K., Tang G. Leveraging green HRM for firm performance: The joint effects of CEO environmental belief and external pollution severity and the mediating role of employee environmental commitment. *Human Resource Management*. 2021. Vol. 61. Issue 2. P. 75-90.
12. Paillé P., Valéau P., Renwick D. W. Leveraging green human resource practices to achieve environmental sustainability. *Journal of Cleaner Production*. 2020. Vol. 260. P. 121-137.

13. Олешко Т. І., Касьянова Н. В., Смерічевський С. Ф. Цифрова економіка : підручник. Київ : НАУ, 2022. 200 с.
14. Інтернет речей: чим він може бути корисний для бізнесу. *Metinvest Digital*. 2021. URL: <https://metinvest.digital/ua/page/internet-veshchej-chem-on-mozhet-byt-polezen-dlya-biznesa?culture=uk> (дата звернення: 08.08.2023).
15. Definition Internet-of-Things-IoT. URL: <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Internet-of-Things-IoT> (дата звернення: 08.08.2023).
16. Forecast: IoT Semiconductors, Worldwide, 2Q23 Update. Gartner Inc. URL: <https://www.gartner.com/en/documents/4562999> (дата звернення: 08.08.2023).
17. Goldman Sachs. URL: <https://www.goldmansachs.com/intelligence/pages/internet-of-things/index.html> (дата звернення: 09.08.2023).
18. Product Definitions for Smart Manufacturing. National Institute of Standards and Technology. URL: <https://www.nist.gov/programs-projects/product-definitions-smart-manufacturing> (дата звернення: 10.08.2023).
19. Україна прагне отримати \$40 млрд на «Зелений план Маршалла» й побудувати зелену сталеливарну промисловість. URL: <https://espresso.tv/ukraina-pragne-otrimati-40-mlrd-na-zeleniy-plan-marshalla-y-pobuduvati-zelenu-stalolivarnu-promislovist> (дата звернення: 10.08.2023).
20. Chandra K., Arafah W., Basri Y. Z. Analysis of the Effect of Green Organizational Culture on Organizational Performance and Competitive Advantages of Green through Green Innovation in Manufacturing Industries. *Journal of Hunan University (Natural Sciences)*. 2021. Vol. 48. URL: <http://jonuns.com/index.php/journal/article/view/596> (дата звернення: 10.08.2023).

## References

1. "How the decarbonization of metallurgy in the EU will open the door to the decarbonization of the world's heavy industry", available at: <https://dia.dp.gov.ua/yak-dekarbonizaciya-metallurgii%D1%97-v-yes-vidkriye-dveri-do-dekarbonizaci%D1%97-vazhko%D1%97-promislovosti-svitu/> (access date August 05, 2023).
2. Babenko, M. "Not only "Azovstal". How many metallurgical plants did Ukraine lose during the war, available at: <https://focus.ua/uk/economics/547509-netolko-azovstal-skolko-metallurgicheskich-zavodov-poteryala-ukraina-vo-vremyavoinny> (access date August 05, 2023).
3. Liashenko, V.I. (2018), *Tsyfrova modernizatsiia ekonomiky Ukrainy yak mozhyvist proryvnoho rozvytku* [Digital modernization of Ukraine's economy as an opportunity for breakthrough development], monograph, NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, 252 p.
4. Zhurakovskiy, B.Yu. and Zeniv, I.O. (2021), *Tekhnologii internetu rechei* [Technologies of the Internet of Things], tutorial, KPI named after Ihor Sikorskyi, Kyiv, Ukraine, 271 p.
5. Krysovatiy, A.I. and Sokhatska, O.M. (Eds) (2018), *Chetverta promyslova revoliutsiia: zmina napriamiv mizhnarodnykh investytsiinykh potokiv* [The fourth industrial revolution: changing directions of international investment flows], monograph, Osadts Yu.V., Ternopil, Ukraine, 478 p.
6. Ferneikho, H. (2019), "Iron logic: how metallurgy responds to the challenges of Industry 4.0", available at: <https://gmk.center.ua/posts/yak-metallurgiya-vidpovidaie-na-vikliki-promislovosti-4-0/> (access date August 05, 2023).
7. Amosha, O.I. and Nikiforova, V.A. (2019), "The world experience of the formation of metallurgical smart production: features, directions, consequences", *Ekonomika promyslovosti*, no. 2(86), pp. 84-106. available at: <http://dspace.nbu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/158700/4-Amosha.pdf?sequence=1> (access date August 06, 2023).
8. Kuznietsov, O. (2020), "How to make the steel industry carbon neutral: innovative development", *ECOBUSINESS. Ekolohiia pidpriemstva*, no. 7, available at: <https://ecolog-ua.com/news/yak-zrobyty-stalolivarnu-promyslovist-vuglecevoneytralnoyu-innovaciyna-rozrobka> (access date August 06, 2023).
9. Fang, L., Shi, S., Gao, J. and Li, X. (2022) "The mediating role of green innovation and green culture in the relationship between green human resource management and environmental performance", *PLoS ONE*, Vol. 17(9): e0274820. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0274820>
10. Yusoff, Y.M., Nejati, M., Kee, D.M.H. and Amran, A. (2020), "Linking green human resource management practices to environmental performance in hotel industry", *Global Business Review*, Vol. 21(3), pp. 663-680.
11. Ren, S., Jiang, K. and Tang, G. (2021), "Leveraging green HRM for firm performance: The joint effects of CEO environmental belief and external pollution severity and the mediating role of employee environmental commitment", *Human Resource Management*, Vol. 61, Issue 2, pp. 75-90.
12. Paillé, P., Valéau, P. and Renwick, D.W. (2020), "Leveraging green human resource practices to achieve environmental sustainability", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 260, pp. 121-137.

13. Oleshko, T.I., Kasianova, N.V. and Smerichevskiy, S.F. (2022), *Tsyfrova ekonomika* [Digital economy], textbook, NAU, Kyiv, Ukraine, 200 p.
14. Metinvest Digital (2021), "The Internet of Things: how it can be useful for business", available at: <https://metinvest.digital/ua/page/internet-veshchej-chem-on-mozhet-byt-polezen-dlya-biznesa?culture=uk> (access date August 08, 2023).
15. Definition Internet-of-Things-IoT, available at: <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Internet-of-Things-IoT> (access date August 08, 2023).
16. Gartner Inc. (2023), Forecast: IoT Semiconductors, Worldwide, 2Q23 Update, available at: <https://www.gartner.com/en/documents/4562999> (access date August 08, 2023).
17. Goldman Sachs, available at: <https://www.goldmansachs.com/intelligence/pages/internet-of-things/index.html> (access date August 09, 2023).
18. Product Definitions for Smart Manufacturing. National Institute of Standards and Technology, available at: <https://www.nist.gov/programs-projects/product-definitions-smart-manufacturing> (access date August 10, 2023).
19. "Ukraine seeks to receive \$40 billion for the "Green Marshall Plan" and build a green steel industry", available at: <https://espresso.tv/ukraina-pragne-otrimati-40-mlrd-na-zeleniy-plan-marshalla-y-pobuduvati-zelenu-stalelivarnu-promislovist> (access date August 10, 2023).
20. Chandra, K., Arafah, W. and Basri, Y.Z. (2021), "Analysis of the Effect of Green Organizational Culture on Organizational Performance and Competitive Advantages of Green through Green Innovation in Manufacturing Industries", *Journal of Hunan University (Natural Sciences)*, Vol. 48, available at: <http://jonuns.com/index.php/journal/article/view/596> (access date August 10, 2023).