

Карпенко Андрій Володимирович
доктор економічних наук, професор,
професор кафедри економіки та митної справи
НУ «Запорізька політехніка»,
директор ГС «Запорізький кластер «ІАМ»
ORCID: 0000-0002-5717-4349

Карпенко Наталя Миколаївна
кандидат наук з державного управління, доцент,
доцент кафедри економіки та митної справи
НУ «Запорізька політехніка»
ORCID: 0000-0002-9301-3649

Засоріна Ганна Володимирівна
здобувачка доктора філософії
Донецький національний університет імені Василя Стуса
ORCID: 0000-0001-6066-9302

КЛЮЧОВІ ЕЛЕМЕНТИ ЕКОСИСТЕМИ ІНДУСТРІЇ 4.0 В УКРАЇНІ

У статті досліджено рівень готовності української спільноти до Індустрії 4.0. Виявлено низький рівень розвитку елементів і взаємозв'язків в екосистемах, що стримує процеси Індустрії 4.0 в Україні. З урахуванням сучасних трансформаційних змін, викликів щодо економічного відновлення та інфраструктури України, пріоритетною стає підготовка населення до цих змін через співпрацю університетів та представників бізнесу в Індустрії 4.0 за рахунок кооперації та створення нових об'єднань. Розвиток навичок, здатність до навчання та адаптації до швидкозмінних технологій стають необхідними компетенціями працівників. Держава та бізнес-середовище повинні сприяти навчанню та розвитку працівників, створюючи програми підвищення кваліфікації та підтримуючи створення інноваційних робочих місць. Належне використання та розвиток людського капіталу є важливим фактором успіху в епоху Індустрії 4.0 та сприяє стійкому розвитку економіки та суспільства.

Ключові слова: Індустрія 4.0, кластер, центри цифрових інновацій, людський капітал, економіка.

Karpenko Andrii

*Doctor of Economics (2nd PhD), Professor,
Professor of Economics and Customs Department
National University “Zaporizhzhia Polytechnic”,
Director “Zaporizhzhia Cluster “EAM”*

Karpenko Natalia

*Phd in Public Administration, Associate Professor,
Associate Professor of Economics and Customs Department
National University “Zaporizhzhia Polytechnic”*

Zasorina Hanna

PhD student Vasyl’ Stus Donetsk National University

KEY ELEMENTS OF THE INDUSTRY 4.0 ECOSYSTEM IN UKRAINE

The article examines the level of readiness of Ukrainian community for Industry 4.0. The low level of development of elements and relationships in ecosystems is revealed, which restrains the processes of Industry 4.0 in Ukraine. Taking into account the modern transformational changes, the challenges of economic recovery and the infrastructure of Ukraine, the priority is preparation of the population for these changes through the cooperation of universities and business representatives in Industry 4.0 through cooperation and the creation of new associations. Skill development, learning ability, and adaptation to rapidly changing technologies remain the core competencies of employees. The state and business environment should promote the training and development of employees by creating programs for improving skills and promoting the creation of innovative workplaces. The proper use and development of human capital is a success factor in the era of Industry 4.0 and contributes to the sustainable development of the economy and society.

Keywords: Industry 4.0, cluster, digital innovation hubs, human capital, economy.

Актуальність. У сучасних умовах, коли зростають виклики пов’язані з військовими діями в Україні, трансформаційні зміни Індустрії 4.0 стали менше комунікуватися та змістилися в сторону. Проте навіть поточне протистояння доводить переваги технологічного лідерства та необхідності підготовки до

післявоєнного відновлення з використанням технологічних інновацій, що характерні для Індустрії 4.0.

Світова спільнота визнає складність змін, що пов'язані з Індустрією 4.0. І хоча більшість з ентузіазмом сприймає потенціал для покращення способів розвитку їхніх компаній і виробництва товарів, проте окремі дуже розчаровані майбутніми труднощами. Зокрема, за результатами проведеного McKinsey опитування 300 лідерів виробництва, дев'ять із десяти вважають, що Індустрія 4.0 змінить їхню операційну ефективність, проте тільки 48% виробників зазначають про готовність до неї [1]. Попри це аналітичні дані демонструють зростання обсягу світового ринку Індустрії 4.0 за 2019-2020 рр. на 13,9% і до 114,55 млрд дол. США в 2021 р., а прогнозований рівень 2022 р. – 130,90 млрд дол. США та 377,30 млрд дол. США до 2029 р. [2].

Отже, ринкові процеси невинно змушують виробництво трансформуватись, просувати технологічні зміни та розвиток Індустрії 4.0. Готовність бізнесу та національних економік до таких тенденцій впливатиме на конкуренцію та їх лідерство, що змушує ретельно вивчати передумови та основні перешкоди у впровадженні елементів Індустрії 4.0.

Виклад основної частини. Перша згадка терміну «Індустрія 4.0» була ще у 2011 р. на Ганноверській виставці [3]. Однак, до сьогодні воно не набуло чіткого визначення та вважається новою технологічною революцією. «Індустрія 4.0» – це набір перспективних технологій, які лягають в основу розвитку економіки, бізнесу та соціальної сфери. Вона спрямована на вирішення таких проблем, як ефективність використання ресурсів та енергії, модернізацію міського виробництва, задоволення соціальних потреб населення та демографічні зміни [4].

В основі нової індустріальної моделі лежать кілька складових елементів: заміна ручної праці на більшості рутинних виробничих операцій за рахунок розвитку індустріальної робототехніки; розповсюдження безпілотного транспорту; нові матеріали та адитивні технології дозволяють автоматизованим системам друкувати найскладніші деталі та елементи конструкцій тощо. Тому

відбувається зміна ролі працівника через ширше використання технологій. У результаті настання четвертої промислової революції відбувається зміна структури посад та перерозподіл працівників усередині організацій та між ними.

Запровадження технологій Індустрії 4.0 є складним амбіційним процесом, оскільки не просто передбачає використання нової техніки і технологій, а й відповідного рівня підготовки персоналу. І саме ефективність цих змін лежить у площині якісного навчання персоналу цифровим сферам, від аналізу даних до робототехніки, що передбачає поєднання навчання в аудиторії з практичним навчанням. Зазначене доводить, що такі процеси є дуже витратними для компаній, тому і забезпечити їх під силу переважно великим учасникам ринку, або іншим, які переважно входять до галузевих об'єднань, зокрема кластерів.

У європейській площині поширеною є практика функціонування кластерів. В останні роки їх кількість зросла майже до 3 тис., що дозволило покрити до 39% робочих місць і до 55% фондів заробітних плат ЄС, а компанії-учасники кластерів виробляють продукцію майже 87% всіх патентів ЄС, що сприяє забезпеченню близько 50% експортних індустрій ЄС [5, с. 11]. Майже 1,4 тис. кластерних організацій представлені на платформі ECCP (European Cluster Collaboration Platform), з яких 78% (1091) знаходяться в ЄС-27, а кожна з них має близько 170 членів. Значну частку європейської економіки створюють саме кластерні організації ЄС-27, які здебільшого пов'язані з виробничими секторами та індустріальною екосистемою «Digital», реалізують процеси Індустрії 4.0 та відображають постійну цифрову трансформацію основних галузей Європи [6, с. 7].

В Україні розвиток процесів Індустрії 4.0 має значно нижчі темпи порівняно з європейськими. Залишається ускладненою консолідація бізнесу у кластерні організації та формування центрів цифрових інновацій (DINs). З 2020 р. розвиток кластерів в Україні набув чергового зростання, а у 2022 р. – завдяки їх певній консолідації було утворено Український кластерний альянс (УКА).

Сьогодні Український кластерний альянс – це мультигалузева загальнонаціональна спілка підприємств, бізнес-об'єднань, кластерів та кластерних організацій України, що прагнуть до підвищення своєї

конкурентоспроможності шляхом впровадження засад кластерної кооперації, індустріальних, цифрових та зелених інновацій автоматизації та ефективної взаємодії з державою. УКА є провідним і найбільшим формальним об'єднанням кластерного руху економічних кластерів України – нині до Альянсу входять 57 кластерів та асоціацій кластерного типу. УКА було засновано 24 березня 2022 року на базі ініціативи Clusters 4 Ukraine, що вийшла з кластерного комітету Платформи промислових і хайтек секторів Industry 4 Ukraine. Головною рушійною силою українського кластерного руху в різних форматах виступає Асоціація підприємств промислової автоматизації України (АППАУ) [7]. На платформі ЕССР сьогодні є 16 українських кластерних організацій з досить однорідним географічним їх розподілом по всій країні з п'ятьма кластерними організаціями у північно-східних областях (Харківській – 4 кластерні організації та Сумській – 1 кластерна організація), трьома кластерними організаціями на півдні (у Запорізькій, Херсонській та Миколаївській – по 1 кластерній організації), трьома кластерними організаціями на Заході (у Львівській, Івано-Франківській та Чернівецькій – по 1 кластерній організації) та шістьма кластерними організаціями у центральній Україні (у Києві – 4 кластерні організації, Вінницькій та Черкаській областях – по 1 кластерній організації) [8, с. 49-50].

Для поглиблення міжнародної співпраці УКА підписав близько 13 Меморандумів про співпрацю з європейськими кластерами та асоціаціями та приєднався до відповідних мереж кластерів, таких як Європейський кластерний альянс, глобальна кластерна організація TCI, Міжнародна бізнес-рада та інноваційна програма EIT Manufacturing. З деякими партнерами, наприклад Чехією та Польщею, розробляються спеціальні плани дій. Разом із партнерами з Чехії УКА розробив, наприклад, Українсько-Чеський двосторонній порядок денний щодо Індустрії 4.0 [8, с. 58].

Просування та реалізація процесів Індустрії 4.0 забезпечується у світовій практиці за рахунок розвитку певних екосистем, суттєва роль у яких належить Digital Innovation Hubs (DIHs). DIHs є центрами цифрових інновацій, що надають доступ до спектру послуг для МСБ та міжнародних клієнтів, які

прагнуть використовувати технологічні інновації Індустрії 4.0 для розвитку та підвищення власної конкурентоспроможності.

Формування та запуск центрів цифрових інновацій в Україні не набув достатнього поширення. Великі надії покладались на програму розвитку Центрів 4.0, яку з 2018 р. просувало АППАУ. З 3 запускених Центрів 4.0 у 2018–2019 рр. більш-менш функціонувало в цьому статусі тільки 2 в КПІ та ХАІ, а ОНАХТ (лабораторія MiroNaft) вийшли з числа партнерів АППАУ. Слабка ефективність взаємодії всіх згаданих Центрів спричинила зупинку подальшого розгортання подібних Центрів в інших університетах країни. Навіть прийняття у 2021 р. Постанови КМ України «Щодо сприяння впровадженню технологічного підходу “Індустрія 4.0” в Україні» [9] не забезпечило суттєвих зрушень. Безперечно прийнятий документ був направлений врахувати поточні тенденції та посприяти підготовці до поширення нових процесів і технологічних інновацій Індустрії 4.0. Однак не напрацьовані дієві механізми та обмежений рівень комунікацій між бізнесом і науковцями залишили заплановане нереалізованим.

Зовнішні приклади щодо розвитку центрів цифрових інновацій у формі ДІНс були взяті для вивчення АППАУ та просувалась їх концепція у ряд університетів країни. Зокрема, сьогодні в Україні зареєстровано 3 ДІН (АППАУ, КПІ, КАУ), а також створено Центр Індустрії 4.0 у Полтавському державному аграрному університеті та сайт, що орієнтований під послуги ДІН у НУ «Запорізька політехніка». Саме інтеграція центрів 4.0 в ДІН разом з новими ініціативами університетів мали б стати каталізаторами розвитку Індустрії 4.0, стимулювати та прискорювати розвиток всієї оновленої мережі українських Центрів цифрових інновацій і компетенцій Індустрії 4.0 [7]. Використовуючи закордонний досвід ДІНс, такі центри мають бути потужним інструментом інтернаціоналізації технічних університетів країни та перетворення їх в справжні центри компетенцій Індустрії 4.0. Формування між такими центрами мережових зв'язків і широкої інтеграції між розробниками та МСП забезпечить надання послуг з цифровізації для МСП, прискорюватиме проникнення технологій гнучких

виробництв, де швидкість та універсальність є ключовими чинниками в забезпеченні клієнтських вимог.

У Запорізькому регіоні ініціативу щодо розвитку процесів Індустрії 4.0 саме серед МСП взяв на себе Запорізький кластер «Інжиніринг-Автоматизація-Машинобудування». Створений у листопаді 2020 р. кластер сьогодні об'єднує 27 компанії та організацій, його включено до Стратегії регіонального розвитку до 2027 року та до Програми заходів розвитку малого та середнього підприємництва в місті Запоріжжі на 2022-2025 роки. За ініціативи Запорізького кластеру «ІАМ», Запорізької торгово-промислової палати та Національного університету «Запорізька політехніка» започатковано створення спільної інноваційної екосистему Запорізького регіону з метою розширення процесів продукування інновацій та R&D (дослідження та розробки), виробництва продукції нового покоління («Індустрія 4.0»), а також спільної реалізації інжинірингових проєктів. Основою формування кластеру є координація та синхронізація співпраці учасників за такими напрямками: визначення спільних цілей та потреб; зміцнення довіри через нетворкінг і регулярне спілкування; запуск конкретного плану дій тощо [10]. Безперечно, що забезпечити проголошені цілі вдається не так швидко як планувалося, проте відбувається поступове зростання структури та її учасників.

У вересні-листопаді 2021 р. Запорізький кластер «ІАМ» відвідав з торговельною місією Литву та підписав меморандум про співпрацю з кластером Lithuanian Automotive Export Association (LAuGEA Cluster), а також взяв участь Міжнародній виставці International Machine-Building Exhibition MSV у місті Брно (Чехія) і підписав Меморандум про співробітництво з чеським кластером INDUSTRY CLUSTER 4.0. У межах концепції інтернаціоналізації МСП 5-7 жовтня 2022 р. вже Українським кластерним альянсом (в т.ч. 5 кластерів: АППАУ, Запорізький і Харківський кластери «ІАМ», Об'єднання інноваційних космічних кластерів і Сумський кластер енергетичного машинобудування) було започатковано сумісний всебічний розвиток у сфері Advanced Manufacturing [7].

Світова практика доводить, що освітні заклади відіграють суттєву роль у підготовці та адаптації людського капіталу до нових умов, проявляють активну позицію щодо формування коопераційних зв'язків з бізнесом, зосереджуються на розвитку найбільш затребуваних сьогодні та перспективних у майбутньому навичок: критичне мислення, аналітичні здібності, висока адаптивність, уміння продуктивно працювати в команді, креативність тощо [11].

У Запорізькому регіоні зростає роль Національного університету «Запорізька політехніка» для МСП загалом та Запорізького кластеру «ІАМ» зокрема, в тому числі й у напрямі розвитку Індустрії 4.0. Університет активно приймає участь у міжнародній діяльності та в групі консорціумів здійснює виконання проєктів освітньо-наукового та дослідницького характеру. Національний університет «Запорізька політехніка» сьогодні є грантхолдером проєкту WORK4CE Міждоменні компетенції для забезпечення здорової та безпечної роботи у 21 столітті (Erasmus+ 619034-EPP-1-2020-1-UA-EPPKA2-SBHE-JP), який сприяє обміну досвідом і співпраці у консорціумі з 8 університетами різних країн (Університет прикладних наук та мистецтв м. Дортмунда, Німеччина; Католицький університет Льовена, Бельгія; Університет басків Більбао, Іспанія; Київський національний університет архітектури та будівництва, Україна; Західноукраїнський національний університет, Україна; Академія державного податкового комітету Азербайджану, Азербайджан; Азербайджанський державний університет нафти та промисловості, Азербайджан; Азербайджанський університет архітектури та будівництва, Азербайджан) [12]. Така проєктна діяльність дозволяє розширювати компетенції та обмінюватись досвідом не лише у розробці навчальних модулів, а й у формуванні співпраці щодо розвитку процесів Індустрії 4.0. Це пов'язано з тим, що в межах реалізації проєкту відбувається долучення та консолідація не лише університетів, а й їх бізнес-партнерів з різних країн.

Висновки. У процесі дослідження встановлено, що українська спільнота демонструє невисокий рівень готовності до Індустрії 4.0, попри те що на

державному та регіональному рівні було запроваджено ряд трансформаційних процесів і цифровізацію адміністративних послуг. Низький рівень розвитку елементів і взаємозв'язків в екосистемах стримує поширення процесів Індустрії 4.0. Зростає роль покращення комунікацій між різними інституціями, щодо формування консолідації зусиль влади, бізнесу, освітян та громадськості в напрямі розвитку підприємництва, створення бізнес-об'єднань, кластерів і центрів цифрових інновацій. У таких умовах сучасних трансформаційних змін і розвитку процесів Індустрії 4.0, а також у площині післявоєнної відбудови інфраструктури та відновлення економіки України важливими стають пріоритети щодо повернення та підготовки населення до цих змін. Для забезпечення відповідності працівників сучасним навичкам та підвищенню їх конкурентоспроможності на ринку праці, беззаперечними важливими завданнями стає діяльність щодо постійного висвітлення та представлення освіти основним національним пріоритетом і модернізації її системи. Держава та суспільство мають своєчасно реагувати на зміни викликані Індустрією 4.0, щоб сформувати мобільну робочу силу та якісний людський капітал, здатний повноцінно використовувати нові можливості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Lin, D.-Yi. Bringing Industry 4.0 to life for companies in Southeast Asia. March 2017. URL: <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Locations/Asia/Singapore/Our%20insights/DCC%20Singapore/DCC%20Singapore.pdf>.
2. The global Industry 4.0 market. Market research report. Summary. 2022. URL: <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-4-0-market-102375>.
3. Nick, G., Pongrácz, F. How to measure industry 4.0 readiness of cities, *Sci. Proceedings, Int. Sci. Conf. «Industry 4.0» 2016*, vol. 2, no 2, pp. 64–68, 2016.
4. Xu, X., Lu, Y., Vogel-Heuser, B., Wang, L. Industry 4.0 and Industry 5.0 – Inception, conception and perception, *J. Manuf. Syst.*, vol. 61, no October, pp. 530–535, 2021, doi: 10.1016/j.jmsy.2021.10.006.
5. Національна програма кластерного розвитку до 2027. Концепція.

Орієнтири розвитку. Рекомендації. Кластерний комітет платформи Industry4Ukraine. 2020. 75 с. URL: <https://www.industry4ukraine.net/publications/proyekt-nacziionalnoyi-programy-klasterного-rozvytku-do-2027/>.

6. Kramer, J.-Ph., Komendzinski, M.-K., Galdiga, L., Welford, M., Schmidt, F. Summary report on cluster policies and programmes across Europe and priority third countries, 2022. Brussels, 14 th December 2022.

7. Офіційний сайт Українського кластерного альянсу. URL: <https://www.clusters.org.ua>.

8. Clusters meet Regions' event "European clusters integrating Ukrainian clusters & companies into the EU value chains" in Košice. The ECCP series of events "Clusters meet Regions". Brussels, March 2023.

9. Щодо сприяння впровадженню технологічного підходу "Індустрія 4.0" в Україні: Постанова КМ України № 750 від 21 липня 2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/750-2021-%D0%BF#Text>.

10. Офіційний сайт Запорізького кластеру «Інжиніринг – Автоматизація – Машинобудування». URL: <https://www.iamcluster.zp.ua>.

11. Karpenko, A., Zasorina, H., Karpenko, N. «Developing Workforce Skills for Industry 4.0», в *Visions and Concepts for Education 4.0*, М. Е. Auer і Т. Rüttemann, Eds Springer International Publishing, 2021, pp 56–64.

12. Офіційний сайт міжнародного проєкту WORK4CE Міждоменні компетенції для забезпечення здорової та безпечної роботи у 21 столітті (Erasmus+ 619034-EPP-1-2020-1-UA-EPPKA2-CBHE-JP). URL: <https://work4ce.eu>.

REFERENCES

1. Lin, D.-Yi. Bringing Industry 4.0 to life for companies in Southeast Asia. March 2017. URL: <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Locations/Asia/Singapore/Our%20insights/DCC%20Singapore/DCC%20Singapore.pdf> [in English].

2. The global Industry 4.0 market. Market research report. Summary. 2022. URL: <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-4-0-market-102375> [in English].

3. Nick, G., Pongrácz, F. «How to measure industry 4.0 readiness of cities», Sci. Proceedings, Int. Sci. Conf. «Industry 4.0» 2016, vol 2, no 2, pp 64–68, 2016 [in English].
4. Xu, X., Lu, Y., Vogel-Heuser, B., Wang, L. «Industry 4.0 and Industry 5.0 – Inception, conception and perception», J. Manuf. Syst., vol 61, no October, pp 530–535, 2021, doi: 10.1016/j.jmsy.2021.10.006 [in English].
5. Natsionalna prohrama klasterneho rozvytku do 2027. Kontseptsiiia. Oriientyry rozvytku. Rekomendatsii. Klasternyi komitet platformy Industry4Ukraine. 2020. 75 s. URL: <https://www.industry4ukraine.net/publications/proyekt-naczionalnoyi-programy-klasterного-rozvytku-do-2027/> [in Ukraine].
6. Kramer, J.-Ph., Komendzinski, M.-K., Galdiga, L., Welford, M., Schmidt, F. Summary report on cluster policies and programmes across Europe and priority third countries, 2022. Brussels, 14 th December 2022 [in English].
7. Ofitsiinyi sait Ukrainskoho klasterneho aliansu. URL: <https://www.clusters.org.ua>. [in Ukraine].
8. Clusters meet Regions’ event “European clusters integrating Ukrainian clusters & companies into the EU value chains” in Košice. The ECCP series of events “Clusters meet Regions”. Brussels, March 2023. [in English].
9. Shchodo spryiannia vprovadzhenniu tekhnolohichnoho pidkhodu “Industriia 4.0” v Ukraini: Postanova KM Ukrainy № 750 від 21 липня 2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/750-2021-%D0%BF#Text>. [in Ukraine].
10. Ofitsiinyi sait Zaporizkoho klasteru «Inzhynirynh – Avtomatyzatsiia – Mashynobuduvannia». URL: <https://www.iamcluster.zp.ua>. [in Ukraine].
11. Karpenko, A., Zasorina, H., Karpenko, N. «Developing Workforce Skills for Industry 4.0», v Visions and Concepts for Education 4.0, M. E. Auer i T. Rüttemann, Eds Springer International Publishing, 2021, pp 56–64. [in English].
12. Ofitsiinyi sait mizhnarodnoho proiektu WORK4CE Mizhdomenni kompetentsii dlia zabezpechennia zdorovoi ta bezpechnoi roboty u 21 stolitti (Erasmus+ 619034-EPP-1-2020-1-UA-EPPKA2-CBHE-JP). URL: <https://work4ce.eu>. [in Ukraine].