

СТАЛИЙ РОЗВИТОК ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА
В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ЕКОНОМІКИ: ЗАРУБІЖНИЙ ДОСВІДTHE INDUSTRIAL ENTERPRISE SUSTAINABLE DEVELOPMENT
IN THE CONDITIONS OF THE ECONOMY DIGITALIZATION:
THE FOREIGN EXPERIENCE

Статтю присвячено особливостям і характеристикам цифровізації економіки. Особливу увагу приділено вивченню проблем сталого розвитку промислового підприємства в умовах цифровізації економіки. Для забезпечення сталого розвитку промислового підприємства необхідно враховувати принципи моделі п'ятиланкової спіралі (Quintuple Helix). Ця модель може забезпечити узгодження основних економічних, соціальних і екологічних вимог в умовах цифровізації економіки. Такий підхід необхідно враховувати під час прийняття будь-якого цифрового рішення, пов'язаного з новими технологіями і реалізацією принципів сталого розвитку. Цифровізація економіки має багато позитивних ефектів для досягнення цілей сталого розвитку: підвищення продуктивності, нові вимоги до кваліфікації персоналу, підвищення цифрових навичок, широке поширення зелених технологій і т. д. При цьому в довгостроковій перспективі може виникнути проблема виснаження ресурсів. Країни Євросоюзу намагаються мінімізувати вплив цього ризику на основі концепції циркулярної економіки. Реалізація даного підходу вимагає наявності відповідних кваліфікованих фахівців, що володіють цифровими навичками.

Ключові слова: сталий розвиток, промислове підприємство, цифровізація, зелена економіка, цифрові навички, модель п'ятиланкової спіралі, циркулярна економіка.

Статья посвящена особенностям и характеристикам цифровизации экономики. Осо-

бое внимание уделяется изучению проблем устойчивого развития промышленного предприятия в условиях цифровизации экономики. Для обеспечения устойчивого развития промышленного предприятия необходимо учитывать принципы модели пятиланковой спирали (Quintuple Helix). Эта модель может обеспечить согласование основных экономических, социальных и экологических требований в условиях цифровизации экономики. Такой подход необходимо учитывать при принятии любого цифрового решения, связанного с новыми технологиями и реализацией принципов устойчивого развития. Цифровизация экономики имеет множество положительных эффектов для достижения целей устойчивого развития: повышение производительности, новые требования к квалификации персонала, повышение цифровых навыков, широкое распространение зеленых технологий и т. д. При этом в долгосрочной перспективе может возникнуть проблема истощения ресурсов. Страны Евросоюза пытаются минимизировать данный риск на основе концепции циркулярной экономики. Реализация данного подхода требует наличия соответствующих квалифицированных специалистов, обладающих цифровыми навыками.

Ключевые слова: устойчивое развитие, промышленное предприятие, цифровизация, зеленая экономика, цифровые навыки, модель пятиланковой спирали, циркулярная экономика.

УДК 338: 330.34.011+004

DOI: <https://doi.org/10.32843/infrastruct50-28>

Руссиян О.А.

к.е.н.,

старший научный сотрудник

Russiyana Olena

The article is devoted to the peculiarities and characteristics of the economy digitalization. The special attention is given to studying the problems of the industrial enterprise sustainable development in the conditions of the economy digitalization. In order to maintain sustainable development of the industrial enterprise the principles of the Quintuple Helix model have to be taking into account. This model can provide reconciliation the main economical, social and environmental claims in the conditions of the economy digitalization. This approach must be taken into account for every digital decision which is connected with the new technologies and implementation of the sustainable development principles. The conclusions regarding the impact of the economy digitalization in the industrial enterprise sustainable development were made. The economy digitalization has a lot of positive effects for the sustainable development goals achievement: the increasing of productivity, the new requirements for the staff skills, the increasing of the digital skills, the wide spread of the green technologies, etc. On the contrary, it can be a resource depletion problem in the long terms length. The countries of European Union are trying to minimize this risk on the base of the circular economy conception. The main idea of this theory is very important for the industrial enterprise sustainable development. It is claimed that the industrial enterprise has to implement the new technologies for providing the production with the long lifecycle. The significant role is identified for the stages of remanufacturing and repairing products. It must be taken into account the economical, social, governmental, educational and environmental relationships for reaching the sustainable development goals. There is a large demand for the IT specialists in the conditions of the economy digitalization. The employers in Europe have trouble meeting demand for the staff with the digital skills they require. The digital skills are best learned through interactions the universities with the employers which can be provided by The Digital Skills and Jobs Coalition in European Union.

Key words: sustainable development, industrial enterprise, digitalization, green economy, digital skills, Quintuple Helix model, circular economy.

Постановка проблеми. Активний розвиток і впровадження нових технологій, цифровізація та принципи зеленої економіки змінюють зовнішні перспективи, а також стратегію та підхід до організації бізнесу. Діджиталізація, цифрова трансформація та зелена економіка стали найбільш розповсюдженими термінами за останні роки [1]. Країнами Європейського Союзу (ЄС) підтримується та доводиться гіпотеза [2] про те, що перехід

до зеленої економіки та цифровізація створюватимуть сприятливі умови для забезпечення сталого розвитку. Пандемія значно загострила проблеми екології та безробіття у світі, які усвідомлювалися ще набагато раніше до неї. При цьому світова економіка зазнала чималих збитків через низку обмежувальних заходів. Саме тому виникає загроза щодо спроможності забезпечення сталого розвитку людства у цілому та промислових

підприємств зокрема. Проблема забезпечення сталого розвитку є актуальною для економіки у цілому та окремих її галузей, але для промислових підприємств набуває найбільш вирішального значення з огляду на наявність надмірного техногенного навантаження виробничих комплексів на екосистему.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Дослідженню теоретико-методологічних аспектів сталого розвитку промислових підприємств присвячено праці таких зарубіжних учених, як: N.R. Moşteanu, A. Faccia, L.P.L. Cavaliere [1], H. Etkowitz, L. Leydesdorff [4], E. Carayannis, D. Campbell, T. Barth [5; 7; 9], M. Gibbons, C. Limoges, H. Nowotny, S. Schwartzman, P. Scott, M. Trow [6], C. Nauwelaers, A. Kleibrink, K. Stancova [8], X. Chen, M. Despeisse, B. Johansson [10], A.B.L. de Sousa Jabbour, C.J.C. Jabbour, C. Foropon, M. Godinho Filho [11], J. Oláh, N. Aburumman, J. Popp, M.A. Khan, H. Haddad, N. Kitukutha [12], D.L.M. Nascimento, V. Alencastro, O.L.G. Quelhas, R.G.G. Caiado, J.A. Garza-Reyes, L. Rocha-Lona, G. Tortorella [13], M.J. Pouri, L.M. Hilty [14], I.C. Nnorom, O. Osibanjo [15] та багатьох інших. При цьому особливо актуальними виявляються аналіз та систематизація зарубіжного досвіду щодо створення сприятливих умов для сталого розвитку промислових підприємств в умовах цифровізації економіки.

Постановка завдання. Метою дослідження є узагальнення сучасних перспективних міжнародних практик щодо забезпечення сталого розвитку промислових підприємств в умовах цифровізації економіки.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Упровадження принципів зеленої економіки розглядається як один з основних елементів забезпечення сталості та сталого розвитку. Уперше поняття «сталий розвиток» було визначено в доповіді Всесвітньої комісії ООН із питань навколишнього середовища і розвитку «Наше спільне майбутнє» як розвиток, який задовольняє потреби теперішнього часу, але не ставить при цьому під загрозу здатність майбутніх поколінь задовольняти свої власні потреби [3]. Це поняття є основним у визначенні сутності сталого розвитку підприємства, що являє собою процес переходу на якісно новий рівень розвитку підприємства разом зі збереженням системних характеристик у результаті зовнішніх та внутрішніх впливів. Основою забезпечення сталого розвитку підприємства є дотримання принципів комплексного підходу, який передбачає взаємозв'язок економічної, екологічної та соціальної сфер внутрішнього і зовнішнього середовища підприємства.

Основою міжнародного досвіду забезпечення сталого розвитку промислових підприємств в умовах цифровізації економіки є чисельні наукові

дослідження, які ґрунтуються на попередніх розробках та їх удосконаленні. Серед найбільш відомих та перспективних виокремлюються моделі Helix, які зазнали певної еволюції з 2000 р. Концепція потрійної спіралі (Triple Helix) активно використовується в економіці знань зарубіжних країн для забезпечення інноваційного співробітництва промислових підприємств, університетів та держави, посилення ролі університетів у взаємодії з бізнесом та владою, а також для обміну ролями між цими інститутами (створення підприємницьких університетів, бізнес-інкубаторів, технопарків, венчурних фірм і т. д.). Модель Потрійної спіралі (Triple Helix) запропонували у 2000 р. Генрі Ецковіц (Henry Etkowitz) та Лоет Лейдесдорф (Loet Leydesdorff) [4]. Ученими акцентується увага на взаємодії держави, промисловості та університетів. Реорганізація у промислових секторах та державних інститутах відбувається під впливом виникнення нових технологій (біотехнологій та інформаційно-комунікаційних технологій). Дослідницькі університети функціонують усе більше у формі лабораторій наукоємних мережевих структур.

Розвиток цієї моделі виявився у розробленні концепції так званої чотириланкової спіралі (Quadruple Helix), яка поряд з університетами, промисловістю і державою ключову роль в інноваційному процесі віддає суспільству, що нерідко є кінцевим споживачем інновацій. Удосконалення цієї моделі знайшло відображення у концепції п'ятиланкової спіралі (Quintuple Helix), яка, нарешті, формує знання та інновації в контексті зовнішнього оточення (оточуючого природного середовища). Дослідженням та розвитком цієї моделі займаються такі вчені, як Еліас Караянніс (Elias Carayannis), Девід Кемпбелл (David Campbell) та Торстен Барт (Thorsten Barth). Модель Quintuple Helix може бути інтерпретованою як підхід відповідно до принципів сталого розвитку та соціальної екології. Екоінновації та екопідприємництво мають бути розроблені у рамках даного підходу для більш широкого розуміння інновацій та знань [5].

Перехід від моделі Triple Helix до Quintuple Helix відображає зростання прогресу знань та формування платформи з відкритою архітектурою, де можуть комбінуватися різні типи знань. Модель потрійної спіралі (Triple Helix) передбачає такі інституційні сфери: академічне співтовариство, бізнес та державний апарат. Взаємодія в рамках цих інституційних меж будується через організації-посередники, які створюють канали зв'язку для трансферту технологій. Саме тому спіралі моделі визначені як комунікаційні канали, які містять технологічні інновації та чітко визначені інтерфейси. Передача знань розглядається як лінійний процес – від розробки до випуску готової продукції. У моделі Triple Helix усі три елементи приймають на себе ролі

інших учасників. Наприклад, на стадії створення нового знання можуть взаємодіяти влада та університети, на етапі трансферту технологій – бізнес та університети, для масштабування продукту на ринку одночасно діють бізнес та влада [6].

Вихід поза рамки розроблення продукту в інноваційному процесі призводить до гібридизації інституційних сфер: створення підприємницьких університетів, фірми переміщуються до академічної моделі під час переходу до більш складної технологічної продукції, влада виступає як підприємець, окрім виконання традиційних функцій. Удосконалення моделі Triple Helix виявилось у концепції Quadruple Helix, четвертий елемент якої має досить різні трактування: споживачі (user model), суспільні основи комунікації та культури (media-based and culture-based public) та громадянське суспільство (civil society). Серед користувачів також виокремлюють робітників. Ця концепція розширює положення попередньої шляхом залучення споживачів до управління інноваційним розвитком, що визначається як чинник конкурентоспроможності підприємства. Такий підхід дає змогу вирішити проблему «інноваційного розриву» між суспільством та інноваціями: «технологічний інноваційний розрив» (нездатність фірм довести технологічне ноу-хау до успішної реалізації з відповідною рекламою та підтримкою суспільства) та «трасовий розрив» (недовіра суспільства до прогресивних технологій). Розширення цього підходу знайшло відображення у моделі Quintuple Helix, що вводить ще одну додаткову спіраль – «природне середовище для виробництва знань». Вона доповнює, вдосконалює дві попередні концепції та може використовуватися у рамках міждисциплінарного аналізу середньострокового та довгострокового сталого розвитку, у тому числі через соціальну екологію. Відповідно до цього підходу, для майбутнього прогресу важливим є стабільний баланс між розвитком суспільства та економіки з їх природним середовищем. Конкурентоспроможність системи розроблення знань визначається адаптивною можливістю поєднати різні знання та інноваційні способи через кооперацію. Динаміка зміни площадок кооперації відбувалася у межах різних моделей Helix. Для Single Helix та Double Helix це були найпростіші форми кооперації: наукові та індустріальні парки, промислові округи, дослідницькі відділи компаній, традиційні професійні товариства. Для Triple Helix ці форми доповнюються також технопарками, індустріальними та інноваційними кластерами, експертними радами, центрами трансферту технологій, підприємницькими університетами. Quadruple Helix доповнює ці форми співтовариствами користувачів та живими лабораторіями (Living Labs), а в рамках концепції Quintuple Helix з'являються такі прогресивні форми кооперації, як

мережі бізнес-інкубаторів, мережі знань, мережі акселераторів, co-working-центри, креативні індустрії, лофти [7].

У роботі [8] розкрито роль наукових та технологічних парків у реалізації спеціалізованих смарт-стратегій. На прикладі досвіду Фінляндії, Англії та Нідерландів показано активний та креативний внесок наукових та технологічних парків у розроблення інноваційних стратегій. Ця форма кооперації відіграє важливу роль у формуванні інноваційних учасників моделі Quadruple Helix та визначенні спеціалізованих смарт-стратегій.

Концепція Quintuple Helix підкреслює важливість соціо-екологічних змін у суспільстві та економіці у XXI ст. У рамках цієї інноваційної моделі природні середовища, суспільства та економіки також повинні розглядатися як драйвери генерації знань, інновацій та формування можливості для економіки знань. У 2009 р. Європейською комісією соціо-екологічні зміни були визначені як основні перешкоди для реалізації подальшого плану розвитку [9]. Саме тому модель Quintuple Helix може розглядатися як перспективна щодо її застосування та подальшого розвитку відповідно до потреб цифрової економіки, яка активно розвивається у країнах Європейського Союзу.

Вплив цифровізації на сталий розвиток промислового підприємства має як позитивні, так і негативні аспекти. Так, Четверта промислова революція (Industry 4.0) здатна була б максимально розкрити потенціал зеленого виробництва на основі всебічної цифровізації, що забезпечує виробництво більш якісними та точними даними та надає можливість управління у реальному часі. Поряд із цим також відзначається низка переваг цифрової економіки для забезпечення сталого розвитку промислового виробництва: зростання продуктивності та якості продукції, що призводить до більш ефективного використання ресурсів із меншими відходами; зниження показників забруднення атмосфери і т. д. [10]. У роботі [11] акцентується увага на важливості здійснення досліджень можливостей і чинників інтеграції Індустрії 4.0 та екологічно сталого виробництва, а також запропоновано критичні чинники успіху для максимального використання потенціалу інтеграції цифрової економіки та сталого розвитку переважно за рахунок нових підходів до управління. Поєднання цих двох виробничих хвиль здатне змінити поточні моделі споживання та виробництва.

З іншого боку, використання цифрових технологій може призводити до збільшення обсягів споживання ресурсів та енергії та відповідного зростання кількості відходів. Недостатньо дослідженими залишаються проблеми та перспективи впровадження цифрових технологій у промисловість відповідно до цілей сталого розвитку. Особливої актуальності набуває інтеграція

ефективного використання обмежених ресурсів, сировини, інформації, відповідального споживання енергії із цілями сталого розвитку та довгостроковими рішеннями [12]. Швидка експлуатація цифрових технологій може мати зворотні дії (rebound effects), що виявляються у прискоренні виснаження природних ресурсів [10]. При цьому в роботі [13] пропонується модель повторного використання відходів, але вона не дає змоги мінімізувати ризики виснаження природних ресурсів. Пояснити це можна так: якщо продукти або послуги стають більш привабливими для споживачів (за ціною, зручністю, якістю, оперативністю і т. д.), то нормальною реакцією ринку є зростання попиту на відповідні товари або послуги, що може зумовлювати збільшення споживання ресурсів [14]. Цифрове виробництво є енергоємним, що призводить до збільшення енергетичних потреб центрів обробки даних та мереж, що їх підтримують. При цьому відходи електронного та електричного обладнання (waste from electrical and electronic equipment – WEEE), а також пристроїв та інформаційно-комунікаційних технологій стають одним із пріоритетних напрямів в управлінні відходами [10; 15]. Проблема полягає не тільки у збільшенні кількості відходів, а й у складності електронних та електричних відходів. За таких умов важливо забезпечити не лише позитивний економічний ефект, а й створити сприятливі умови для екологічної та соціальної сфер [10].

Цифровізація економіки не повинна бути загрозою щодо виникнення технологічного безробіття, зростання обсягів виробничих та побутових відходів, а також погіршення екологічних показників у регіоні, де знаходиться промислове підприємство. Саме тому у промисловості економічно розвинутих країн світу здійснюється перехід від лінійного підходу, який характеризується виробництвом продукту, його споживанням та утилізацією, до більш ефективних рішень та технологій, які відповідають принципам сталого розвитку. Серед найбільш прогресивних сучасних практик виокремлюється концепція циркулярної економіки. Наукове обґрунтування та зміст цього підходу розкрито у роботі [10], де відображено ланцюжок створення вартості життєвого циклу товару та життєвого циклу технології відповідно до принципів циркулярної економіки. При цьому підтримка цифрових технологій має здійснюватися на всіх етапах життєвого циклу продукту, що призводить до збільшення життєвого циклу технології. Виокремлюються такі етапи життєвого циклу продукту, як: конструювання (design), виробництво (production), транспортування (transportation), використання (use), повторне використання (reuse), відновлення продукту (remanufacturing) та переробка (recycle). У рамках підходу передбачено, що цифрова технологія має застосовуватися на протязі усього життєвого циклу

продукту. Авторам доцільно також було б передбачити ще один етап життєвого циклу продукту та технології: ремонт (repair). Такий підхід дасть змогу значно підвищити значення цифровізації для забезпечення сталого розвитку.

Країнами ЄС у травні 2020 р. було прийнято програму, що передбачає комплекс заходів щодо формування циркулярної економіки, відповідно до чого передбачено проведення роботи щодо збільшення життєвого циклу продукції. Також має забезпечуватися максимально тривале використання ресурсів в економіці [2]. Відповідно до плану формування циркулярної економіки у ЄС, перспективними напрямками виявляються відновлення виробу з дотриманням технічних вимог до вихідного виробу, застосування операцій повторного використання, ремонту або заміни деталей. За результатами дослідження сектор модернізації та відновлення продукції у ЄС має потенціал до створення понад 600 тис робочих місць [2]. Представлений зарубіжний досвід указує на те, що скорочення (reduce), переробка (recycle) та повторне використання ресурсів (reuse) мають доповнюватися такими ефективними напрямками, як відновлення виробу (remanufacturing) та ремонт продукції (repair). Безумовно, застосування цього підходу вимагає змін способів виробництва продукції з позиції розширення можливостей щодо її ремонту та обслуговування. Усе це спрямовано на підвищення якості продукції та збільшення тривалості її життєвого циклу, що сприятиме сталому розвитку промислових підприємств.

Однією з перспективних технологій цифрової економіки сьогодні вважається блокчейн (blockchain), що являє собою децентралізовану технологію (різновид технології розподіленої книги), яка використовується для запису та синхронізації даних у ланцюгах блоків та сприяє створенню децентралізованих, надійних, прозорих та орієнтованих на користувача цифрових послуг. Поєднання блокчейну з іншими прогресивними технологіями, такими як Інтернет речей (IoT) або штучний інтелект, може поліпшити безпеку, продуктивність та управління новими системами. Очікується, що ринкові доходи від технологій, заснованих на блокчейнах, зростуть до понад 23,3 млрд доларів до 2030 р. [16]. Ця технологія має перспективи для застосування у промисловості за умов вирішення проблем продуктивності, масштабованості та енергоємності.

Формування зеленої економіки є основою сталого розвитку промислових підприємств, бо з метою вирішення екологічних проблем також відбувається «смарт»-розвиток промисловості. У результаті цього ускладнюються моделі інноваційного розвитку, а також відбувається поширення ролі знань, інновацій та інформаційно-комунікаційних технологій. Це вимагає орієнтації управління

виробництвом на основі розвитку STEM-освіти, системної підготовки інженерно-технічних та наукових висококваліфікованих кадрів, розповсюдження інновацій та знань у межах країни, а також найбільш повного використання нових інформаційних та комунікаційних можливостей. Промислові «смарт»-підприємства мають характеризуються мінімізацією витрат живої праці, упровадженням кіберфізичних систем, стандартизованим виробництвом, сервіс-орієнтованим проектуванням, управлінням життєвим циклом продукту та його якістю, використанням найбільш прогресивних інструментів, технологій комп'ютеризації та децентралізованих інформаційно-комунікаційних структур для управління виробничими процесами, кооперацією, підвищенням екологічності. Для таких підприємств зникають межі між виробництвом, постачальниками, споживачами, співробітниками, дослідженнями, обслуговуванням. Акцент робиться на продуктивності всієї організації: високий ступінь контролю, можлива автоматизація функцій управління та прийняття деяких рішень, оптимізація виробничих процесів, енергоефективність за рахунок використання сенсорів, лазерів, роботизації виробництва, автоматизації та оптимізації процесів, а також використання інформаційно-комунікаційних технологій. «Смарт»-підприємства характеризуються можливостями «розумних» дій та реагування за рахунок прогнозування та передбачення виникнення умов, які потенційно можуть знизити продуктивність та якість виробництва на основі впровадження «розумних» машин. Для таких підприємств також характерні особливості: забезпечення екологічної стійкості (мінімізація негативного впливу на зовнішнє середовище, використання рециклінгу), можливість автоматичного самоаналізу всіх активів підприємства на основі сенсорних датчиків. Обладнання має доступ до всієї інформації в реальному часі та здатне виявляти нестандартні ситуації, пристосовуватися до них, передбачати аварії. За таких умов має значно змінюватися зміст праці, а також підвищуються вимоги до кваліфікації кадрів.

Якщо підприємство бажає зберегти конкурентоспроможність на ринку, одночасно постачаючи екологічну продукцію та послуги, воно має змінити підхід до управління. Головними перешкодами та складнощами щодо впровадження цифрових технологій та екологічних рішень є недостатній рівень знань та розуміння цих процесів керівництвом та персоналом, а також наявність невідповідної організаційної структури та культури на підприємстві [1].

Відповідно до принципів сталого розвитку, в ЄС значна увага приділяється безпеці праці персоналу зелених робочих місць (green jobs). Такі професії сприяють збереженню та відновленню природного середовища: допомагають захистити

екосистему, зменшити споживання енергії та сировини, знизити кількість відходів та забруднень. Ці робочі місця самі по собі повинні бути безпечними для співробітників, а також корисними для екосистеми [17]. Особливого значення набуває охорона праці персоналу зелених робочих місць, де можуть виникати нові види ризиків, які зумовлені дією токсичних речовин та роботою з наноматеріалами.

Важливою перевагою щодо впровадження принципів зеленої економіки у зарубіжних країнах є те, що безпека праці персоналу «зелених робочих місць» вважається одним із пріоритетних завдань на етапах розроблення та впровадження інноваційних технологій. При цьому розвиток «зелених» робочих місць, автономізація та автоматизація виробничих процесів розглядаються як перспективні напрями щодо мінімізації виробничих ризиків. На ринку праці країн ЄС збільшується кількість «зелених» робочих місць, а також попит на працівників сфери ІТ-технологій, що змінює зміст праці та кваліфікаційні вимоги до персоналу: пріоритет надається широкопрофільним фахівцям, які володіють необхідними знаннями для організації безпечних умов праці.

European Skills Agenda підкреслює важливість навчання персоналу протягом усього життя та отримання професійних навичок, необхідних в умовах цифрових та екологічних перетворень. Приблизно 40% працівників ЄС мають недостатній рівень цифрових знань та навичок. При цьому необхідність у нових міждисциплінарних знаннях та навичках стрімко зростає. Невідповідність між потребами та наявними у працівників цифровими навичками також стрімко зростає у Європі [18]. Саме тому було створено Коаліцію цифрових навичок та професій (The Digital Skills and Jobs), яка поєднує держави – члени Співтовариства, соціальні партнери, некомерційні організації та провайдери освіти, які здійснюють заходи з метою подолання відсутності цифрових навичок у Європі. Також цією організацією здійснюється розвиток цифрових навичок для професіоналів сфери інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ). Це передбачає роботу щодо розвитку висококваліфікованих цифрових навичок для фахівців ІКТ у всіх галузях промисловості. Наприклад, однією з ефективних методик є схема стажування «Цифрові можливості» (Digital Opportunity) – це пілотний проєкт, який надає студентам та нещодавнім випускникам можливість пройти практичне навчання за такими цифровими сферами, як кібербезпека, штучний інтелект, кодування або цифровий маркетинг. Важливою особливістю є залучення промислових підприємств до процесів відбору претендентів для стажування. Також відповідно до програми передбачено фінансову підтримку студентам, які проходять стажування [19].

Умови цифровізації економіки характеризуються такими особливостями: новими тенденціями зовнішнього середовища, впровадженням та використанням цифрових технологій та платформ; формуванням нових вимог до системи управління промисловим підприємством та окремих бізнес-процесів; необхідністю здійснення на промислових підприємствах управління змінами; зміною ролі людини у процесах виробництва та потребами у формуванні цифрового робочого місця; переосмисленню поняття лідерства, яке має здійснюватися на засадах комунікації та залученості персоналу на основі цифрових технологій; важливістю створення цифрової організаційної культури, яка має бути заснована на відповідних корпоративних цінностях; необхідністю формування принципів взаємодії та залученості кадрів, а також зворотних зв'язків із метою впровадження цифрових технологій. При цьому вирішальне значення має своєчасна підготовка висококваліфікованого персоналу, здатного розробляти та впроваджувати цифрові технології у період Четвертої промислової революції.

Висновки з проведеного дослідження.

Таким чином, на основі проведеного дослідження перспективних міжнародних практик щодо забезпечення сталого розвитку промислових підприємств в умовах цифровізації економіки зроблено такі висновки: модель Quintuple Helix підтримує формування взаємовигідної ситуації між екологією, знаннями та інноваціями, забезпечуючи погодженість між економікою, суспільством та демократією; упровадження концепції циркулярного виробництва дасть змогу максимально ефективно розкрити потенціал цифровізації для забезпечення сталого розвитку, що також позитивно впливатиме на розвиток зеленої економіки; пріоритетне значення має зарубіжний досвід щодо підготовки персоналу із цифровими навичками (digital skills).

Актуальним також є врахування довгострокових факторів і тенденцій розвитку промисловості, бо для забезпечення сталого розвитку керівництво промислових підприємств повинно знаходитися на крок попереду, заздалегідь планувати цифрові та технологічні зміни. За таких умов підприємства промислового комплексу матимуть ресурс часу для здійснення відповідних заходів щодо підготовки до впровадження інноваційних рішень із метою зниження ризиків сталого розвитку промислового підприємства (мінімізації опору персоналу змінам та негативного впливу на екосистему функціонування підприємства; підготовки кадрів відповідно до потреб виробництва з метою попередження звільнень або дефіциту персоналу в умовах цифровізації економіки і т. д.). Перелік можливих ризиків сталого розвитку промислового підприємства доцільно своєчасно систематизувати за різними сферами (економічною,

соціальною, екологічною), а також розробляти методики щодо їх виявлення, оцінки та мінімізації з метою забезпечення сталого розвитку промислового підприємства в умовах цифровізації. Для цього важливо ставити питання стосовно того, як конкретне цифрове рішення впливатиме на економічну, соціальну та екологічну сфери діяльності промислового підприємства не лише у короткостроковій, а й у довгостроковій перспективі.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Moşteanu N.R., Faccia A., Cavaliere L.P.L. Digitalization and Green Economy – changes of business perspectives. *ICCBDC '20: Proceedings of the 4th International Conference on Cloud and Big Data Computing*. August 2020. P. 108–112. DOI: 10.1145/3416921.3416929 (дата звернення: 10.11.2020).
2. Green and digital transition: More resilience and sustainable jobs for the EU. URL: <https://www.openaccessgovernment.org/green-and-digital-transition-sustainable-jobs-eu/92904> (дата звернення: 24.12.2020).
3. Report of the United Nations World Commission on Environment and Development, «Our Common Future». United Nations site. URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-com-mon-future.pdf> (дата звернення: 24.12.2020).
4. Etkowitz H., Leydesdorff L. The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations. *Research Policy*. 2000. Vol. 29. № 2. P. 109–123. DOI: 10.1016/S0048-7333(99)00055-4 (дата звернення: 24.12.2020).
5. Carayannis E.G., Campbell D.F.J. Triple Helix, Quadruple Helix and Quintuple Helix and How Do Knowledge, Innovation and the Environment Relate to Each Other? *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development*. 2012. Vol. 1. № 2. P. 109–123. DOI: 10.4018/jsesd.2010010105 (дата звернення: 24.12.2020).
6. Gibbons M., Limoges C., Nowotny H., Schwartzman S., Scott P., Trow M. The new production of knowledge: the dynamics of science and research in contemporary societies. London, 1994. 191 p. DOI: 10.2307/2076669. Available at: <https://archive.org/details/mode1> (дата звернення: 25.12.2020).
7. Carayannis E.G., Campbell D.F.J. Mode 3 knowledge production in Quadruple Helix Innovation Systems. 21st century democracy, innovation, and entrepreneurship for development. *Springer Briefs in Business*. New York, 2012. Springer. URL: <http://www.springer.com/business+%26+management/book/978-1-4614-2061-3> (дата звернення: 24.12.2020).
8. Nauwelaers C., Kleibrink A., Stancova K. The Role of Science Parks in Smart Specialisation Strategies. Luxembourg, 2014. 25 p. URL: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC90719/90719_policy%20brief_final.pdf (дата звернення: 24.12.2020).
9. Carayannis E.G., Barth T.D., Campbell D.F.J. The Quintuple Helix innovation model: global warming as a challenge and driver for innovation. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*. 2012. Vol. 1. № 2. DOI: 10.1186/2192-5372-1-2 (дата звернення: 24.12.2020).

10. Chen X., Despeisse M., Johansson B. Environmental Sustainability of Digitalization in Manufacturing: A Review. *Sustainability*. 2020. Vol. 12. № 24. DOI: 10.3390/su122410298 (дата звернення: 24.12.2020).

11. de Sousa Jabbour A.B.L., Jabbour C.J.C., Foropon C., Godinho Filho M. (2018) When titans meet – Can industry 4.0 revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors. *Technological Forecasting and Social Change*. 2018. Vol. 132, pp. 18–25. DOI: 10.1016/j.techfore.2018.01.017 (дата звернення: 24.12.2020).

12. Oláh J., Aburumman N., Popp J., Khan M.A., Haddad H., Kitukutha N. (2020) Impact of Industry 4.0 on Environmental Sustainability. *Sustainability*. 2020. Vol. 12, no. 11. DOI: 10.3390/su12114674 (дата звернення: 24.12.2020).

13. Nascimento D.L.M., Alencastro V., Quelhas O.L.G., Caiado R.G.G., Garza-Reyes J.A., Rocha-Lona L., Tortorella G. (2019) Exploring Industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a manufacturing context: A business model proposal. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 2020. Vol. 30, no. 3, pp. 607–627. DOI: 10.1108/JMTM-03-2018-0071 (дата звернення: 24.12.2020).

14. Pouri M.J., Hilty L.M. The Relevance of Digital Sharing Business Models for Sustainability. In Proceedings of the 7th International Conference on ICT for Sustainability (ICT4S 2020) (United Kingdom, Bristol, June 21–26, 2020). ACM, New York, NY, USA, 11 pages. DOI: 10.1145/3401335.3401344 (дата звернення: 25.12.2020).

15. Nnorom I.C., Osibanjo O. Overview of electronic waste (e-waste) management practices and legislations, and their poor applications in the developing countries. *Resources, Conservation and Recycling*. 2008. Vol. 52. № 6. P. 843–858. DOI: 10.1016/j.resconrec.2008.01.004 (дата звернення: 24.12.2020).

16. Digital Economy and Society Index 2020. URL: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/digital-economy-and-society-index-desi> (дата звернення: 24.12.2020).

17. Workers' safety and health in green jobs. URL: <https://osha.europa.eu/en/emerging-risks/green-jobs> (дата звернення: 24.12.2020).

18. A new skills agenda for Europe. Working together to strengthen human capital, employability and competitiveness. Brussels, 2016. 18 p. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52016DC0381&from=EN> (дата звернення: 24.12.2020).

19. The Digital Skills and Jobs Coalition. URL: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/digital-skills-and-jobs-coalition> (дата звернення: 24.12.2020).

REFERENCES:

1. Moşteanu N.R., Faccia A., Cavaliere L.P.L. (2020) Digitalization and Green Economy – changes of business perspectives. ICCBDC '20: Proceedings of the 4th International Conference on Cloud and Big Data Computing. (August 2020). Pp. 108-112. DOI: 10.1145/3416921.3416929 (accessed 10 November 2020).

2. Green and digital transition: More resilience and sustainable jobs for the EU. Available at:

<https://www.openaccessgovernment.org/digital-transition-sustainable-jobs-eu/92904> (accessed 24 December 2020).

3. Report of the United Nations World Commission on Environment and Development, «Our Common Future». United Nations site. Available at: <http://www.un.org/ru/ga/pdf/brundtland.pdf> (accessed 24 December 2020).

4. Etzkowitz H., Leydesdorff L. (2000) The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations. *Research Policy*, vol. 29, no. 2, pp. 109–123. DOI: 10.1016/S0048-7333(99)00055-4 (accessed 24 December 2020).

5. Carayannis E.G., Campbell D.F.J. (2012) Triple Helix, Quadruple Helix and Quintuple Helix and How Do Knowledge, Innovation and the Environment Relate to Each Other? *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development*, vol. 1, no. 2, pp. 109–123. DOI: 10.4018/jesed.2010010105 (accessed 24 December 2020).

6. Gibbons M., Limoges C., Nowotny H., Schwartzman S., Scott P., Trow M. (1994) The new production of knowledge: the dynamics of science and research in contemporary societies. London. 191 p. DOI: 10.2307/2076669. Available at: https://archive.org/details/tails/mode1_2 (accessed 25 December 2020).

7. Carayannis E.G., Campbell D.F.J. (2012). Mode 3 knowledge production in Quadruple Helix Innovation Systems. 21st century democracy, innovation, and entrepreneurship for development. *SpringerBriefs in Business*. New York, NY: Springer. <http://www.springer.com/business+%26+management/book/978-1-4614-2061-3> (accessed 24 December 2020).

8. Nauwelaers C., Kleibrink A., Stancova K. (2014) The Role of Science Parks in Smart Specialisation Strategies. Luxembourg. 25 p. Available at: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC90719/jrc_90719_policy%20brief_final.pdf (accessed 24 December 2020).

9. Carayannis E. G., Barth T. D., Campbell D.F.J. (2012) The Quintuple Helix innovation model: global warming as a challenge and driver for innovation. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, vol. 1, no. 2. DOI: 10.1186/2192-5372-1-2 (accessed 24 December 2020).

10. Chen X., Despeisse M., Johansson B. (2020) Environmental Sustainability of Digitalization in Manufacturing: A Review. *Sustainability*, vol. 12, no. 24. DOI: 10.3390/su122410298 (accessed 24 December 2020).

11. de Sousa Jabbour A.B.L., Jabbour C.J.C., Foropon C., Godinho Filho M. (2018) When titans meet – Can industry 4.0 revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors. *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 132, pp. 18–25. DOI: 10.1016/j.techfore.2018.01.017 (accessed 24 December 2020).

12. Oláh J., Aburumman N., Popp J., Khan M.A., Haddad H., Kitukutha N. (2020) Impact of Industry 4.0 on Environmental Sustainability. *Sustainability*, vol. 12, no. 11. DOI: 10.3390/su12114674 (accessed 24 December 2020).

13. Nascimento D.L.M., Alencastro V., Quelhas O.L.G., Caiado R.G.G., Garza-Reyes J.A., Rocha-Lona L., Tortorella G. (2019) Exploring Industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a manu-

facturingcontext: A business model proposal. *Journal of Manufacturing Technology Management*, vol. 30, no. 3, pp. 607–627. DOI: 10.1108/JMTM-03-2018-0071 (accessed 24 December 2020).

14. Pouri M.J., Hilty L.M. (2020) The Relevance of Digital Sharing Business Models for Sustainability. In *Proceedings of the 7th International Conference on ICT for Sustainability (ICT4S 2020)* (United Kingdom, Bristol, June 21–26, 2020) ACM, New York, NY, USA, 11 pages. DOI: 10.1145/3401335.3401344 (accessed 25 December 2020).

15. Nnorom I.C., Osibanjo O. (2008) Overview of electronic waste (e-waste) management practices and legislations, and their poor applications in the developing countries. *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 52, no. 6, pp. 843–858. DOI: 10.1016/j.resconrec.2008.01.004 (accessed 24 December 2020).

16. Digital Economy and Society Index 2020. Available at: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/digital-economy-and-society-index-desi> (accessed 24 December 2020).

17. Workers' safety and health in green jobs. Available at: <https://osha.europa.eu/en/emerging-risks/green-jobs> (accessed 24 December 2020).

18. A new skills agenda for Europe. Working together to strengthen human capital, employability and competitiveness. Brussels, 2016. 18 p. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52016DC0381&from=EN> (accessed 24 December 2020).

19. The Digital Skills and Jobs Coalition. Available at: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/digital-skills-and-jobs-coalition> (accessed 24 December 2020).