

<https://doi.org/10.36818/2071-4653-2023-2-7>

УДК 338.45:339.92

JEL L16, L52

Н. О. Рывак

кандидат економічних наук, науковий співробітник
відділу проблем реального сектору економіки регіонів

ДУ «Інститут регіональних досліджень імені

М. І. Долішнього НАН України», м. Львів

e-mail: ryvakn@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6717-5265>

СВІТОВИЙ ДОСВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ІНДУСТРІЇ 4.0 ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇЇ ІМПЛЕМЕНТАЦІЇ В УКРАЇНІ

Проаналізовано основні моделі та тенденції розвитку Індустрії 4.0 серед світових лідерів з експорту продукції. На основі досвіду Німеччини, Китаю та США розроблено рекомендації для впровадження Індустрії 4.0 в Україні, зокрема прийняття національної стратегії Індустрії 4.0, впровадження інноваційної політики розвитку науки та техніки, підготовки людей і виробників, побудови міцної диверсифікованої промислової бази із всебічним упровадженням новітніх технологій Індустрії 4.0 у виробництво. Доцільно визначати, які інвестиції у фізичну інфраструктуру та людський потенціал, включно з навчанням новим цифровим навичкам, необхідні; ключові галузі, які потребують підтримки розвитку; нормативно-правову базу, яку варто змінити для створення механізмів ефективного впровадження новітніх технологій виробниками. В Україні слід активно розвивати мережу центрів експертизи Індустрії 4.0, гармонізувати технічні стандарти, розробляти та приймати програмні документи щодо цифрової трансформації окремих галузей тощо. Накопичений досвід належить детально зафіксувати у відповідних документах для успішного планування національної стратегії, а також забезпечення спадковості під час її реалізації.

Ключові слова: промислова революція, Індустрія 4.0, розумне виробництво, автоматизована виробнича лінія, цифрова трансформація, інформаційні технології (IT), цифрова промисловість.

Ryvak N. O. GLOBAL EXPERIENCE IN INDUSTRY 4.0 AND THE PROSPECTS OF ITS IMPLEMENTATION IN UKRAINE

The article analyzes the main models and trends in the development of Industry 4.0 of the top three global exporters, namely China, Germany, and the USA. It examines the German High-Tech Strategy, which became the first national concept to unite the main stakeholders in the field of innovation and technology around the common goal of development and expansion of the latest technologies, as well as the strategic initiative for the development of Germany's digital transformation, Industry 4.0. The author reveals that rethinking the linear assembly line of traditional industrial manufacturing is the fundamental goal for German manufacturers on their way to transition to the so-called "smart manufacturing". Peculiarities of mass education and implementation of Industry 4.0 practices and technologies in various branches of industry in China are studied. The article discusses the strategic initiative China Manufacturing 2025 aimed at strengthening the manufacturing capacity of the Chinese economy and other initiatives such as Internet+, Made in China 2025, and China Standards 2035 aimed at promoting China's digital economy and standardizing advanced technologies, including artificial intelligence (AI), cloud computing, Internet of Things (IoT), big data, etc. The implementation of Industry 4.0 in the USA, based on the prioritization of the strategic importance of industrial digitalization and a change in the paradigm of work of organizations, is outlined. At the same time, Industry 4.0 in the USA offers many new opportunities and advantages for enterprises that actively implement the achievements of Industry 4.0. Industry 4.0 technology is crucial for overcoming supply chain disruptions caused by pandemics and geopolitical crises. Based on the experience of Germany, China, and the USA, recommendations for the implementation of Industry 4.0 in Ukraine are developed, in particular, the adoption of a national strategy for Industry 4.0, the implementation of an innovative policy for the development of science and technology and training of people and manufacturers, the creation of a strong diversified industrial base with comprehensive implementation of the latest Industry 4.0 technologies in production. It is expedient to determine what investments in physical infrastructure and human capacity are necessary, including training in new digital skills; key industries that need development support; the legal framework that needs to be changed to create mechanisms for effective implementation of the latest technologies by manufacturers. A network of Industry 4.0 expertise centers in Ukraine should be developed, technical standards should be harmonized, program documents regarding the digital transformation of certain industries should be developed and adopted, etc. The accumulated experience should be recorded in detail in relevant documents for the successful planning of the national strategy, as well as ensuring heredity in its implementation.

Keywords: industrial revolution, Industry 4.0, smart manufacturing, automated production line, digital transformation, information technology (IT), digital industry.

Постановка проблеми. Четверта промислова революція останніми роками є предметом багатьох наукових досліджень, які, однак, часто фрагментарні та сфокусовані на певних країнах чи аспектах. Отже,

актуальним є систематичний аналіз новітніх трендів і моделей Індустрії 4.0 провідних країн світу та перспектив упровадження їх в Україні. Стрімке впровадження новітніх технологій та інтенсифікація

глобальної конкуренції на світових ринках змушують уряди розвинених країн і країн, які розвиваються, активізувати розвиток промисловості в межах Індустрії 4.0, запроваджувати нові моделі розвитку промисловості та відповідні урядові програми, які вже сьогодні кардинально змінюють структуру основних галузей промисловості у світі. Тому аналіз світових ініціатив і політики промислових інновацій у межах Індустрії 4.0 є важливим з огляду на розроблення рекомендацій із впровадження Індустрії 4.0 в Україні для забезпечення ефективного післявоєнного відновлення держави, сприяння сталому розвитку й покращенню задоволення сучасних потреб без створення перешкод для здатності задовольняти потреби майбутніх поколінь.

Аналіз останніх досліджень. Тенденції розвитку світової промисловості є предметом досліджень науковців. Довгострокове національне планування та розроблення антикризових заходів для реалізації смартстратегії розвитку промисловості на основі зарубіжного досвіду та типу національної інноваційної системи є однією з тематик досліджень Інституту регіональних досліджень імені М. І. Долишнього НАН України. Зокрема, у [1] системно проаналізовано ключові тренди промислового розвитку та визначено основні напрями структурної модернізації промисловості. У [2] виявлено та узагальнено найкращі практики смарттрансформації, які найбільш придатні для імплементації в інституційних умовах країн, що розвиваються, зокрема України. Кіберфізичні системи (CPS), які забезпечують тісну взаємодію між кібернетичними та фізичними компонентами та проєктують Індустрію 4.0, досліджено в [3]. Системний аналіз різних типів інструментів інноваційної політики, набору критеріїв для відбору та розроблення інструментів щодо формування інноваційної політики держави, а також дослідження того, як уряди та державні установи в різних країнах і в різні часи по-різному використовували ці інструменти, здійснено в [4]. Аналіз урядових ініціатив Індустрії 4.0 і порівняння промислових інноваційних політик проведено в [5]. Особливості розвитку та впровадження Індустрії 4.0 у Китаї досліджено в [6]. Ключові характеристики Індустрії 4.0 у США проаналізовано та узагальнено в [7].

Метою статті є аналіз стану та світових тенденцій розвитку концепції Індустрії 4.0 та формування рекомендацій для досягнення своєчасного планування і впровадження світових інноваційних підходів ведення підприємницької діяльності в Україні для швидкого відновлення і розвитку вітчизняної промисловості в післявоєнний період.

Основні результати дослідження. З еволюцією в галузі виробництва, науки, техніки та інтернету впровадження так званого «розумного» виробництва стало вагомим відповіддю на зростання вартості робочої сили та зміну споживчих звичок, підтримуючи розвиток індустріалізації у всьому світі. Індустрія 4.0 передбачає трансформацію традиційних бізнес-моделей і виробництв, охоплює кілька інтерактивних та інтегрованих підсистем та є результатом нової промислової революції.

Серед науковців і практиків досі точаться дискусії щодо універсального визначення нової промислової революції, а саму технологічну революцію розглядають крізь призму чотирьох загально визначених етапів. Перша революція характеризується впровадженням механічних засобів для виготовлення води та пари, друга охоплює застосування електричних технологій масового виробництва. Використання електроніки та інформаційних технологій (IT), які підтримують додаткову автоматизацію виробництва, характеризує третю революцію. Використання Інтернету речей (IoT) і кіберфізичних систем (CPS) проєктують нову промислову революцію [3]. Термін «Індустрія 4.0» виник у контексті інноваційної політики, яка визначається поєднанням передових технологій, в яких інтернет широко використовується для підтримки інших технологій, таких як інтеграція інтелектуальних машин, людей і фізичних об'єктів, протягом усього організаційного ланцюга створення вартості [4]. Індустрія 4.0 трансформує виробничі системи за допомогою оцифрування процесів і бізнес-моделей, а також шляхом автоматизації і розширення використання новітніх технологій. Часто шляхи вдосконалення Індустрії 4.0 оцінюють з точки зору продуктивності, гнучкості та ефективності. З огляду на те, як швидко новітні технології змінюють економіку та суспільство загалом, урядам країн важливо володіти об'єктивними механізмами оцінювання своєчасності та темпів упровадження технологічних досягнень для інклюзивного економічного зростання.

Інновації потрібні для ефективного розвитку в епоху Четвертої промислової революції, тому багато країн розробили плани стимулювання промислових інновацій, які часто відрізняються залежно від регіону та рівня економічного розвитку. Інновації є основним драйвером розвитку вітчизняної науки й техніки, але ризики, пов'язані із фінансуванням інновацій, є високими через невизначеність ставки рентабельності інвестицій, переважно пов'язаної з високотехнологічною продукцією. Політика стимулювання прогресу науки та техніки впливає не тільки на науково-технічний і промисловий розвиток, але й прискорює формування національної конкурентоспроможної промисловості. Державна політика щодо промислових інновацій може зменшити труднощі бізнесу, а відтак корпоративні лідери можуть ефективніше впроваджувати інновації та приймати ризики.

Розглянемо моделі Індустрії 4.0 трійки лідерів серед світових експортерів продукції – Китаю, Німеччини та США. Китай посідає перше місце, але витрати на заробітну плату та на електроенергію там значно зростають. Німеччина посідає друге місце, навіть з набагато вищою вартістю виробництва, ніж в інших країнах. США мають перевагу в менших витратах на електроенергію, вищій продуктивності та лише незначно вищому рівні оплати праці. Отже, загальні витрати виробництва порівняно з Китаєм майже однакові, що поступово загрожує його провідним позиціям.

У 2006 р. Німеччина запустила план дій, відомий як «Стратегія високих технологій». Він став першою національною концепцією об'єднання основних зацікавлених сторін у сфері інновацій та технологій навколо спільної мети – розвитку й розширення впровадження новітніх технологій. Цей проект, затверджений у 2012 р., щороку надає мільярди євро на розвиток новітніх технологій у промисловості Німеччини. З 2013 р. ФРН активно впроваджує Індустрію 4.0 у виробництво, розвиваючи нове покоління інтегрованої у промислове виробництво технології віртуальної реальності з одночасним збереженням наявних переваг країни у світовому промисловому секторі [5].

Фундаментальною метою для німецьких виробників, які перебувають на етапі переходу до так званих «розумних виробництв», є переосмислення лінійної складальної лінії традиційних промислових виробництв. На зміну конвеєру приходить модульна конструкція з численними перевагами. Якщо технічні характеристики продукції змінюються або машина виходить з ладу, таку виробничу лінію можна швидко перенести на інше місце. Складальний процес на розумній фабриці є децентралізованим і самоорганізованим, це значний крок уперед і вдосконалення процесів із централізованим керуванням. Наступним кроком є інноваційний підхід із залученням концепції IoT для управління конвеєром – складові частини та продукти, що підлягають обробленню, переміщуються на виробничому майданчику від машини до машини. У деяких галузях система виробництва одного предмета базується на розумному виборі, особливо для одиниць із обмеженим простором для зберігання. Цей тип виробництва дає змогу точно оцінити виробничі характеристики продукту перш ніж перейти до наступного, скорочуючи відходи виробництва, запобігаючи перевиробництву та зберігаючи сировину.

Виробництво розумних продуктів є гнучким процесом; розумні продукти переміщуються по виробничому майданчику, навіть якщо їхні характеристики відрізняються. Розумні продукти керують машинами, а автоматизоване виробництво може ефективно працювати навіть без центрального керування. Як тільки розумні фабрики досягнуть високого стандарту якості продукції за допомогою нелінійного виробничого процесу, не буде потрібно, щоб усі продукти були однаковими. Успішні нелінійні виробничі процеси можуть реалізувати кардинальні зміни в масовому виробництві. Продукти із специфічними характеристиками стануть набагато простіше вироблятися і продаватися за цінами масового виробництва. Наприклад, у липні 2017 р. Товариство сприяння прикладним дослідженням імені Фраунгофера представило автоматизовану виробничу лінію для виробництва індивідуальних окулярів, вироблених відповідно до побажань клієнтів. На цьому новому типі виробничої лінії роздрібний продавець безпосередньо надає інформацію про специфікації товару виробничій ділянці. Уже сьогодні нові технології автоматизованого виробництва

роблять можливим отримувати взуття для тренувань, зроблене відповідно до параметрів стопи замовника.

Прикладом стратегічної ініціативи розвитку цифрової трансформації Німеччини є «Індустрія 4.0» (Industrie 4.0 (I40)) – національна стратегічна ініціатива від німецького уряду під егідою Міністерства освіти і науки (BMBWF) та Міністерства економіки та енергетики (BMWi). Ця ініціатива спрямована на розвиток цифрових технологій у виробництві шляхом активізації процесу цифровізації та взаємозв'язку продуктів, ланцюгів створення вартості та бізнес-моделей. Вона також має на меті підтримку досліджень, мережі співпраці галузевих партнерів і стандартизації. I40 розрахована на 10-15 років і базується на німецькій урядовій Стратегії високих технологій-2020. Ініціативу започаткували у 2011 р. зусиллями Об'єднання дослідження і науки промисловості (Industry Science Research Alliance (FU)) за сприяння Міністерства освіти й науки. Її результатом стало затвердження плану дій «Стратегія високих технологій-2020». Представники німецької промисловості та інші зацікавлені сторони вважають I40 стратегічною ініціативою та механізмом для консолідації німецького технологічного лідерства в машинобудуванні та промисловості загалом. I40 вдалося обмежити сегрегацію серед секторів промисловості, швидко перевести наукові дослідження в загальноприйнятну практику та масштабуватися на загальнонаціональному рівні в найбільшу промислову спільноту, об'єднану навколо цієї ініціативи. Водночас залишаються актуальними виклики, пов'язані із залученням до ініціативи представників малого та середнього бізнесу (МСП) та адаптацією менеджменту та окремих виробництв до імплементації досягнень I40.

Цікавим досвідом упровадження Індустрії 4.0 є досвід Китаю. З моменту зародження у 2011 р. Індустрія 4.0 зіштовхнулася там з багатьма викликами. Китайські виробничі підприємства на шляху реалізації та адаптації Індустрії 4.0 у виробництві відкрили нові можливості та ризики, які варто враховувати, реалізуючи цю політику. Відповідні ідеї та висновки можуть слугувати вхідними даними для науковців і політиків, щоб структурувати та краще розвивати Індустрію 4.0 нового покоління. Зародження Індустрії 4.0 викликало дуже багато дискусій у Китаї, частково зумовлених особливостями самої китайської культури, однієї з найстарших і по-справжньому грандіозної. Постало запитання, як упроваджувати «відкритість» та «інтеграцію» як засадничі принципи Індустрії 4.0 у Китаї – одній з найважливіших виробничих потужностей світу. Розвиток Індустрії 4.0 у світі спонукав Китай також розмірковувати на тему майбутнього виробництва в контексті цифровізації, нових бізнес-моделей і цінностей. З 2013 р. Індустрія 4.0 стає провідним поняттям у контексті розвитку китайської промисловості. У всій країні розпочалось масове навчання, упровадження практики та технологій Індустрії 4.0 у різних галузях промисловості. Терпіння, досвід, накопичення технологічних основ і знань, а також достатні грошові

вкладення стали складовими успіху китайської Індустрії 4.0.

У Китаї, де економіка, технічний прогрес і культурне середовище дуже відрізняються від Німеччини, упровадження Індустрії 4.0 у промисловості вимагає постійної модифікації, моделювання та адаптації до місцевих потреб. Щоб задовольнити різні потреби ринку на різних етапах, під час упровадження Індустрії 4.0 паралельно з'явилися її кілька варіантів. На рис. 1 зображено

хронологію появи різних варіантів Індустрії 4.0 у Китаї. Ці варіанти домінували в концепції розумного виробництва на китайському ринку на різних етапах.

«Китайське виробництво-2025» стало стратегічною ініціативою, представленою прем'єр-міністром країни Лі Кецяном. Офіційний документ був виданий Державною радою Китаю в травні 2015 р. – для зміцнення виробничого потенціалу китайської економіки, він відомий у світі як китайська версія Індустрії 4.0.

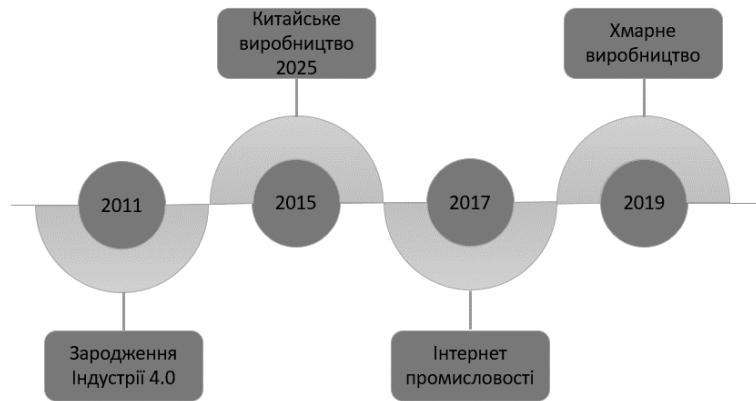


Рис. 1. Варіанти Індустрії 4.0 і час впровадження їх у Китаї

Джерело: побудовано за даними [6].

Для досягнення кінцевої мети Індустрії 4.0 Китаю ще слід пройти довгий шлях. Держава з 1,4 млрд населення, надійною інфраструктурою та великим ринком промислового виробництва є відмінним плацдармом для подальшої верифікації та розвитку Індустрії 4.0. Сьогодні країна активно інвестує, щоб стати лідером Четвертої промислової революції. За оцінками ринкових спостерігачів, до 2025 р. на Китай припадатиме третина (4,1 млрд) глобальних промислових підключень IoT. Китайські цифрові промислові платформи починають конкурувати на глобальному рівні. Однією з найважливіших є INDICS, заснована China Aerospace Science & Industry Corporation Limited (CASIC – Китайська аерокосмічна науково-промислова корпорація), державним виробником ракет під прямим контролем центрального уряду. Два інші корпоративні гіганти створили впливові світові платформи: Haier (виробник побутової техніки та електроніки) та Alibaba (гігант роздрібною торгівлі в інтернеті). Просування Китаєм економіки цифрової промисловості визначається основними політичними ініціативами, такими як «Інтернет+», «Зроблено в Китаї 2025» і «Китайські стандарти 2035», що мають на меті стандартизувати передові технології, наприклад штучний інтелект (ШІ), хмарні обчислення, IoT та великі дані [6].

Незважаючи на неймовірний прогрес у технології IoT, значна частка промислового комплексу США все ще затримується в Індустрії 3.0, тоді як багато західних розвинених країн більш активно переймають технології та практики Індустрії 4.0 і досліджують тренди наступних промислових революцій. Сьогодні США відстають від Європи та Китаю в стратегічній готовності до Індустрії 4.0 і впровадженні технологій,

що сприяють розвитку Індустрії 4.0. США є провідною країною-виробником, і багато американських компаній промислового комплексу США вже активно використовують сучасні програмні системи для автоматизації виробничих процесів на своїх підприємствах. Водночас цим системам часто бракує взаємозв'язку, можливості ефективного використання даних у реальному часі, інтелекту й здатності до навчання, які можливі за допомогою ШІ і машинного навчання (ML). Багато вчених вважають, що німецькі компанії виявилися краще підготовленими до впровадження Індустрії 4.0 і створили краще підґрунтя для впровадження та застосування таких технологій, як автономні роботи, ніж компанії США. Хоча більшість американських компаній планують упровадження Індустрії 4.0 як важливої частини їхньої стратегії цифрової трансформації та активно інвестують у цифрові технології (на рис. 2 зображено обсяг інвестицій американських компаній в IoT), ця реалізація може бути складною, а нові технології створюють нові вимоги до працівників. Факторами, які перешкоджають ширшому впровадженню Індустрії 4.0 у промисловому комплексі США, є потреба в значних інвестиціях у технологію штрих-кодів, що ускладнює перехід на автоматичну ідентифікацію, поганий ранній досвід використання ультраширококусового зв'язку (UWB) або подібних технологій, а також затримка інтеграції даних у системі планування ресурсів підприємства (ERP) та інших системах для досягнення високого рівня автоматизації. Одним з головних факторів, які сприяли відставанню США, стала відсутність інвестицій на ранніх етапах впровадження технологій IoT. Сьогодні, незважаючи на збільшення рівня грошових надходжень унаслідок податкової реформи

СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОГО ПЕРІОДУ УКРАЇНИ

та високого споживчого попиту на американську продукцію, американські виробники навряд чи зможуть скоротити прогалину інвестицій в Індустрію 4.0. Невизначеність навколо торговельної політики, пандемія COVID-19, геополітичні виклики та загальний страх змін на ринку продовжують гальмувати процес упровадження Індустрії 4.0. Наприклад, більш ніж третина (36%) американських організацій скоротили свої інвестиційні плани в IoT, а 33% взагалі скасували свою ініціативу IoT через COVID-19 і геополітичні ризики [7].

Ширше впровадження Індустрії 4.0 у США вимагає пріоритетизації стратегічної важливості промислової цифровізації та зміни парадигми роботи організацій. Водночас Індустрія 4.0 пропонує багато нових можливостей і переваг для підприємств, які активно впроваджують її здобутки. Технологія Індустрії 4.0 має вирішальне значення для подолання збоїв у ланцюжку поставок, спричинених пандемією, які продовжують тривати й коштують великим компаніям США щорічно в середньому 184 млн дол. США [7].

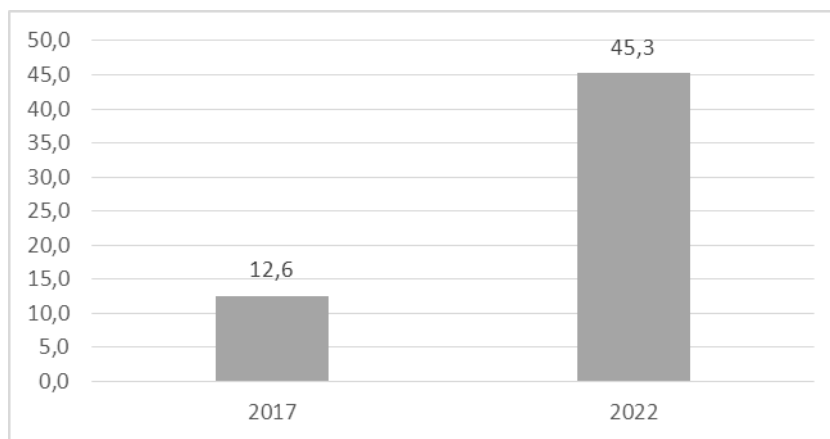


Рис.2. Інвестиції промислового комплексу США в IoT, млрд дол. США

Джерело: побудовано за даними [7].

Щоб продовжувати ефективно впроваджувати Індустрію 4.0 у США, лідери виробництва та ланцюгів постачання повинні продовжувати інвестувати в передові технології та людський капітал. Хоча США входять до першої п'ятірки країн, які впроваджують Індустрію 4.0, є потреба в покращенні в таких сферах, як інституційна база (у багатьох сферах все ще спостерігається нормативна невизначеність і невизначеність правових механізмів) і стійкість (зменшення негативного впливу виробництва на навколишнє середовище). Перевагами Індустрії 4.0 для американських компаній є підвищення продуктивності та ефективності, що забезпечує більш гнучкі та ефективні процеси для виробництва товарів вищої якості за менших витрат. Важливим кроком має стати продовження корпоративних інвестицій у дев'ять технологій, які трансформують промислове виробництво – складові Індустрії 4.0: великі дані та аналітика, роботи, симуляція, горизонтальна та вертикальна системна інтеграція, промисловий IoT, кібербезпека, хмарні технології та адитивне виробництво, доповнена реальність. Важливими є також заходи уряду, спрямовані на підвищення конкурентоспроможності промисловості США: підвищення кваліфікації працівників, нижча номінальна ставка корпоративного податку та припинення офшорних валютних маніпуляцій.

Наслідуючи досвід провідних економік світу, зокрема розглянутий досвід Німеччини, Китаю і США, Україні доцільно активно впроваджувати здобутки Четвертої промислової революції та імплементувати передові технології, такі як ШІ, IoT, нанотехнології, передова аналітика даних,

автоматизація роботизованих процесів, блокчейн, робототехніка, хмарні обчислення, віртуальна та доповнена реальність, 3D-друк, безпілотники, 5G тощо. Відставання вітчизняних виробників на шляху до впровадження цих технологій зумовлене високою вартістю переоснащення, перекваліфікації, оцифрування процесів і підсилюється стрімким розвитком все нових технологій. Українським виробникам варто зосередитись на впровадженні нових технологій і цифрових можливостей, переймаючи досвід і кращі практики у сфері програмного забезпечення. Варто пробувати керувати пілотними проектами, інкрементно додаючи окремі впровадження для покращення якості продукції, зниження витрат і забезпечення кращої безпеки.

Важливою передумовою для координації зусиль на шляху впровадження інноваційних технологій у межах Індустрії 4.0 є прийняття національної стратегії. Така стратегія має визначати, які інвестиції у фізичну інфраструктуру та людський потенціал потрібні, включно з навчанням новим цифровим навичкам; ключові галузі, які вимагають підтримки розвитку; нормативно-правову базу, яку слід змінити для створення механізмів ефективного впровадження новітніх технологій виробниками. В Україні належить активно розвивати мережу центрів експертизи Індустрії 4.0, гармонізувати технічні стандарти, розробляти й приймати програмні документи щодо цифрової трансформації окремих галузей тощо. Накопичений досвід необхідно детально зафіксувати у відповідних документах для успішного планування національної стратегії, а також забезпечення спадковості під час її реалізації.

Висновки. Індустрія 4.0 передбачає трансформацію традиційних бізнес-моделей і виробництв, охоплює кілька інтерактивних та інтегрованих підсистем та є результатом нової промислової революції. З еволюцією в галузі виробництва, науки, техніки та інтернету впровадження так званого «розумного» виробництва є вагомим відповіддю на зростання вартості робочої сили та зміну споживчих звичок і підтримує розвиток індустріалізації таких лідерів світової промисловості, як Китай, Німеччина та США.

Індустрія 4.0 передбачає широке використання передових технологічних інновацій, які дають змогу робити ефективний і точний інженерний вибір у реальному часі шляхом поєднання в процесах низки інформаційно-комунікаційних технологій з наявними виробничими системами. Інновації потрібні для ефективного розвитку в епоху Четвертої промислової революції, тому лідери серед світових експортерів продукції, зокрема Китай, Німеччина та США, розробили плани стимулювання промислових інновацій, закріплені в національних стратегіях, моделях і численних програмних документах Індустрії 4.0. Політика стимулювання прогресу науки та техніки впливає не тільки на науково-технічний і промисловий розвиток цих країн, але й підвищує конкурентоспроможність їхньої промисловості.

На основі досвіду Німеччини, Китаю та США в Україні під час відбудови економіки в післявоєнний період доцільно буде зосередити зусилля на розвитку науки, техніки, підготовці людей і виробників, прийнятті національної стратегії Індустрії 4.0 і впровадженні інноваційної політики. Це створить підґрунтя для ширшого впровадження технологій Індустрії 4.0 і сприятиме економічному відновленню та зростанню. Для цього треба виробити зважений підхід з побудови міцної диверсифікованої промислової бази із всебічним упровадженням технологій Індустрії 4.0 у виробництво. У цьому процесі важливо налагодити та зміцнювати партнерства, розширювати міжнародне співробітництво з іноземними партнерами та продовжувати впроваджувати новітні передові технології у виробництво.

Список використаних джерел

1. Ishchuk S. O. Core Trends in the Development of the Industrial Sector in the Ukrainian Regions. *Статистика України*. 2019. № 1. С. 78-90. DOI: [https://doi.org/10.31767/su.1\(84\)2019.01.09](https://doi.org/10.31767/su.1(84)2019.01.09)
2. Князев С. И. Европейский опыт развития смарт-промышленности. *Економіка промисловості*. 2020. № 2(90). С. 27-53. DOI: <https://doi.org/10.15407/econindustry2020.02.027>
3. Khaitan S. K., Mccalley J. D. Design techniques and applications of cyberphysical systems: A survey. *IEEE Systems Journal*. 2014. Vol. 9(2). Pp. 350-365. URL: https://www.academia.edu/23178627/Design_Techniques_and_Applications_of_Cyber_Physical_Systems_A_Survey

4. Borrás S., Edquist C. The choice of innovation policy instruments. *Technological Forecasting and Social Change*. 2013. Vol. 80(8). Pp. 1513-1522. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.03.002>

5. Rodrigues T. V., Santos Filho V. H. dos, Pontes J., Resende L. M. M. de, Yoshino R. T. Government initiatives 4.0: a comparison between industrial innovation policies for Industry 4.0. *Revista Gestão E Desenvolvimento*. 2021. Vol. 18(1). Pp. 119-147. DOI: <https://doi.org/10.25112/rgd.v18i1.2411>

6. Lee K., Roesinger A., Hommel U. Development and Practice of Industrie 4.0 in China – Practical Experience of a German Industrial Software Company in China. *Sci*. 2022. Vol. 4(28). DOI: <https://doi.org/10.3390/sci4030028>

7. Guenes E. The U. S. still trails Europe on Industry 4.0. *VentureBeat*: Website. 9.06.2022. URL: <https://venturebeat.com/datadecisionmakers/the-u-s-still-trails-europe-on-industry-4-0>

References

1. Ishchuk, S. O. (2019). Core Trends in the Development of the Industrial Sector in the Ukrainian Regions. *Statystyka Ukrainy – Statistics of Ukraine*, 1(84), 78-90. Retrieved from DOI: <https://194.44.12.92:8080/jspui/handle/123456789/4023>
2. Knyazev, S. I. (2020). Yevropeyskiy opyt razvitiya smart-promyshlennosti [European Experience of Smart Industry Development]. *Ekonomika promyslovosti – Economics of Industry*, 2(90), 27-53. DOI: <https://doi.org/10.15407/econindustry2020.02.027> [in Russian].
3. Khaitan, S. K., & Mccalley, J. D. (2014). Design techniques and applications of cyberphysical systems: A survey. *IEEE Systems Journal*, 9(2), 350-365. Retrieved from https://www.academia.edu/23178627/Design_Techniques_and_Applications_of_Cyber_Physical_Systems_A_Survey
4. Borrás, S., & Edquist, C. (2013). The choice of innovation policy instruments. *Technological Forecasting and Social Change*, 80(8), 1513-1522. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.03.002>
5. Rodrigues, T. V., Santos Filho, V. H. dos, Pontes, J., Resende, L. M. M. de, & Yoshino, R. T. (2021). Government initiatives 4.0: a comparison between industrial innovation policies for Industry 4.0. *Revista Gestão E Desenvolvimento*, 18(1), 119-147. DOI: <https://doi.org/10.25112/rgd.v18i1.2411>
6. Lee, K., Roesinger, A., & Hommel, U. (2022). Development and Practice of Industrie 4.0 in China – Practical Experience of a German Industrial Software Company in China. *Sci*, 4(28). DOI: <https://doi.org/10.3390/sci4030028>
7. Guenes, E. (2022, Jun 9). The U. S. still trails Europe on Industry 4.0. *Venturebeat*: Website. Retrieved from <https://venturebeat.com/datadecisionmakers/the-u-s-still-trails-europe-on-industry-4-0>

Надійшло 11.03.2023 р.