

DOI: <https://doi.org/10.32838/2523-4803/71-3-5>

УДК 338

Чайкіна А.О.

кандидат економічних наук,
доцент кафедри менеджменту і логістики,
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Chaikina Alina

National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»

ІНДУСТРІЯ 4.0: ОСОБЛИВОСТІ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ УКРАЇНИ

У статті досліджено особливості впровадження Індустрії 4.0 в Україні, зокрема виявлено, що з'являються нові підходи до функціонування економік країн з урахуванням процесів глобалізації, розвитку науки та техніки. Визначено, що світова пандемія, спричинена COVID-19, а також зміни, що відбуваються у політичній, економічній, соціальній, екологічній та інших сферах, призводять до пришвидшення процесу цифровізації. Проаналізовано національну стратегію Індустрії 4.0, а також запропоновано ключові напрями реалізації концепції Індустрії 4.0 в Україні з використанням досвіду розвинутих країн. Виявлено чинники, які стримують процес цифровізації економіки нашої країни, а також найбільш поширені цифрові технології, що застосовуються у світі: 3D-друк, Інтернет 5G, штучний інтелект (Artificial Intelligence), доповнена реальність, автоматизовані керовані транспортні засоби (Automated Guided Vehicles – AGV), технології блокчейн (Blockchain), хмарні технології, роботи (Cobot), кібербезпека, Digital Twin, дрони, IoT та платформи IoT, квантові обчислення та віртуальна реальність.

Ключові слова: Індустрія 4.0, smart-спеціалізація, стратегія, цифровізація, промисловість, менеджмент, інновації, е-демократія.

Постановка проблеми. Кожна країна світу, формуючи вектор свого економічного, політичного, соціального, екологічного розвитку, приділяє значну увагу впровадженню сучасних технологій, особливо тих, що стосуються Індустрії 4.0, яка передбачає цифровізацію усіх сфер життя суспільства (не лише економіки, політики, а й медицини, освіти тощо), упровадження smart-спеціалізації регіонів країни, об'єднання у глобальну промислову мережу речей і послуг. При цьому в основі процесу цифровізації має бути покладене забезпечення стратегічного планування майбутнього розвитку як у цілому кожної з економік світу, так і регіону, підприємства, особи.

Із розвитком науки і техніки полегшуються умови діяльності підприємств, змінюються підходи до вве-

дення бізнесу, техніка і люди починають взаємодіяти на якісно новому рівні. Цифрові технології проникають не тільки у повсякденне життя, адже більшість робочих процесів можна здійснювати з використанням смартфона та підключенням до мережі Інтернет, а й у сферу управління, коли відбувається делегування бізнес-процесів не лише працівникам, а й роботизованій техніці.

Кожна країна вибирає для себе власний вектор переходу до Індустрії 4.0, одним це вдається швидше і на більш якісному рівні, інші ж країни знаходяться на початку свого шляху. Темпи переходу від одного стану розвитку до іншого залежать від рівня політичної стабільності, економічного та соціального розвитку, готовності впроваджувати ці зміни на різних рівнях,

починаючи від рівня особистості і закінчуючи державним рівнем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед науковців, які досліджують проблеми розвитку Індустрії 4.0, цифрову економіку, цифрове виробництво, слід віднести: В. Скіцько [1], яким досліджено новітні тренди розвитку Індустрії 4.0, а також запропоновано концептуальну схему взаємодії «держава – освіта – наука – бізнес»; Н. Брюховецьку [2], яка у своїх працях розглядає поточну ситуацію становища Індустрії 4.0 в Україні, а також аналізує ступінь готовності вітчизняних промислових підприємств до реалізації цифрових виробничих технологій; Н. Краус [3], яка у своїх працях приділила значну увагу інновацізації діяльності підприємств на засадах Індустрії 4.0 та «глибоких» цифрових трансформацій; В. Вишневську, О. Вієцьку, О. Гаркушенку [4], котрі досліджували особливості смарт-промисловості, визначили перспективні сфери, потенційну ефективність, а також бар'єри у використанні технологій смарт-промисловості в Україні.

Серед закордонних авторів слід виділити Л. Даленгаре, Г. Брітес Бенітес, Н. Фабіан Айяла, А. Герман Франк [5], які у своїх працях визначили очікувані результати від упровадження Індустрії 4.0 у промисловій сфері, розглядаючи їх у двох векторах: продуктовому та операційному ефектах, визначаючи національні особливості, позитивні та негативні потенційні переваги Індустрії 4.0; М. Гобахлоу [6], яким описано принципи, технології та архітектурний дизайн Індустрії 4.0, визначено та описано критичні функції стійкості в промисловій галузі 4.0 та ін.

Звичайно, що всі теоретичні та практичні дослідження свідчать про необхідність упроваджувати Індустрію 4.0, визначають її вплив на політичне, економічне, соціальне життя, неминучість переходу до новітніх форм ведення бізнесу, але ключовою проблемою залишається розроблення ефективних механізмів її впровадження, оцінка реального стану в межах окремо взятої країни. Наша держава взяла курс на цифровізацію економіки, поліпшення соціального життя населення; Президентом було визначено стратегічну ціль створити «державу у смартфоні». Відповідно, важливо визначити на якому рівні зараз знаходиться Україна, які існують бар'єри переходу до Індустрії 4.0. Для пришвидшення процесу цифровізації варто вивчати європейський досвід у цій сфері та імплементувати найкращі світові практики.

Формулювання цілей статті. У зв'язку із цим актуальним є визначення особливостей цифрової трансформації України в умовах Індустрії 4.0, її місця серед розвинутих країн світу, виявлення бар'єрів упровадження Індустрії 4.0, а також вивчення передового досвіду розвинутих країн, які є лідерами у процесі цифрової трансформації.

Виклад основного матеріалу. Зміни, що відбуваються у світі, та поява нових підходів до функціонування економік країн з урахуванням процесів глобалізації, розвитку науки та техніки вимагають від урядів

країн світу формування якісно нових стратегій розвитку, які мають базуватися на впровадженні Індустрії 4.0. Світова пандемія, спричинена COVID-19, а також зміни, що зараз відбуваються у політичній, економічній, соціальній, екологічній та інших сферах, призводять до пришвидшення процесу цифровізації економік, побудови смарт-міст (smart-city), запровадження концепції smart-спеціалізації на всіх рівнях починаючи від державного рівня і закінчуючи рівнем окремого підприємства.

В Україні урядом був визначений курс на цифровізацію терміном на п'ять років у «Національній стратегії Індустрії 4.0», згідно з якою ключовими чинниками розвитку було вибрано:

- консолідацію головних стейкхолдерів 4.0 та урядових структур;
- активне залучення ІТ-сектору до питань передавання досвіду глобалізації та кращих бізнес-практик підприємствам;
- створення інноваційної екосистеми промислових хайтек-сегментів;
- інтеграція в європейські та світові ланцюжки цінності;
- прискорений розвиток промислових сегментів в Україні [7].

При цьому варто зазначити, що Україна тільки починає свій шлях до становлення як високоіндустріальної країни із цифровою економікою, вже реалізовані певні програми стратегії, але цей процес відбувається під впливом різних чинників, які його, на жаль, стримують. До чинників, які стримують процес цифровізації економіки України, слід віднести:

- відсутність побудованої інфраструктури забезпечення реалізації концепції Індустрії 4.0;
- величезний рівень бюрократизації;
- відсутність чіткого розуміння виконавцями на місцях шляхів реалізації концепції Індустрії 4.0;
- недостатнє фінансування, що не дає змоги виконати інноваційні smart-проекти;
- світову пандемію, спричинену COVID-19;
- відсутність державного стимулювання підприємців змінювати бізнес-процеси, переходити до побудови «розумних» заводів (smart-factory);
- відтік інтелектуальної еліти за кордон (зокрема, фахівців ІТ-сфери);
- слабку взаємодію між державою, ЗВО, підприємствами, громадою; низьку інноваційну активність малих та середніх підприємств;
- наявність застарілого обладнання на підприємствах та відсутність вільних коштів на переоснащення;
- складність ухвалення рішень про впровадження змін тощо.

Відповідно, щоб пришвидшити процес цифровізації, варто визначити ключові напрями реалізації концепції Індустрії 4.0 на основі досвіду розвинутих країн світу. До них пропонується віднести:

1. Кіберфізичну систему (Cyber-Physical System – CPS), що являє собою комп'ютерну систему, в якій

управління або контроль здійснюється за допомогою комп'ютерних алгоритмів. У кіберфізичних системах фізичні та програмні компоненти глибоко поєднані, здатні функціонувати в різних просторових і часових масштабах, демонструють безліч поведінкових модальностей і взаємодіють один з одним [8].

У нашому повсякденному житті ми стикаємося з багатьма складними об'єктами та системами, які контролюються комп'ютерами, взаємодіють зі світом не лише за допомогою сенсорного екрану, а й за допомогою прямих дій, що виконуються у фізичному світі. Найпоширеніші кіберфізичні системи – це сучасні автомобілі, в яких комп'ютери контролюють не тільки двигун, а й гальмування, стійкість автомобіля і часто підтримують водія у виконанні різного виду завдань (наприклад, машина має функцію самостійного паркування тощо).

Кіберфізичні системи дуже складні та багатофункціональні, особливо коли потрібно поєднати кілька CPS. Для прикладу, в аеропорту чи на великому заводі поєднуються кілька CPS, оскільки багатьом машинам доводиться працювати разом для досягнення спільної мети [9].

2. Інтернет речей (Internet of Things (IoT)), що являє собою систему взаємопов'язаних об'єктів, пов'язаних з Інтернетом, які здатні збирати та передавати дані через бездротову мережу без втручання людини. Інтернет речей складається з пристроїв – від простих датчиків до смартфонів та носіїв, пов'язаних між собою. Поєднуючи ці підключені пристрої з автоматизованими системами, можна зібрати інформацію, проаналізувати її та перетворити на дію, яка допоможе виконати конкретне завдання [10].

Прикладами найбільш застосованих систем IoT є розумні системи безпеки будинку (Smart home security systems), обладнання для автономного землеробства (Autonomous farming equipment), переносні системи моніторингу здоров'я (Wearable health monitors), розумне заводське обладнання (Smart factory equipment), бездротові інвентаризатори (Wireless inventory trackers), надшвидкісний бездротовий Інтернет (Ultra-high speed wireless internet), біометричні сканери для кібербезпеки (Biometric cybersecurity scanners), відстеження контейнерів та логістики (Shipping container and logistics tracking) [11].

3. Інтернет-послуги через надання послуг із використанням мережі інтернет, зокрема створення перехресних зв'язків, спеціального доступу до Інтернету (DIA), змішаного Інтернету, приватної лінії (від точки до точки) та бездротового 5G-Інтернету [12]. Сьогодні мобільні оператори Lifecell, «Vodafone Україна» і «Київстар» працюють над удосконаленням бездротового 4G-Інтернету, а що стосується впровадження 5G-Інтернету, то його слід очікувати не раніше 2022 р.

4. Створення «розумних» продуктів (Smart-products), що являють собою інтелектуальні продукти та компоненти, які здатні створювати мережі, збирати та передавати дані на етапах їх виробництва

та використання. На ринку найбільш представленими є: розумні мобільні телефони (Smartphones), розумні холодильники (Smart Refrigerator), розумні годинники (Smartwatches), розумна пожежна сигналізація, розумний велосипед, медичні датчики, фітнес-трекери, розумна система безпеки тощо. При цьому для якісної реалізації цих розумних продуктів має бути створена спеціальна інфраструктура.

Для прикладу, якщо придбати та встановити розумні холодильники (Smart Refrigerator) в нашій країні, вони не будуть виконувати свої функції повною мірою. Звичайно, що дивитися фільми, шукати рецепти, відвідувати власні соціальні мережі буде можливо, а ось функція оцінки наявності продуктів та їх замовлення холодильником самостійно без втручання людини працювати не буде, оскільки не створена інфраструктура із забезпечення обміну даними між оптовими базами продуктів, а також програмне забезпечення з підтримки замовлення роботизованою технікою.

5. Побудову «розумних» заводів (Smart-Factory), тобто створення високоцифрованого виробництва, в якому по кожному цеху відбувається постійне збирання та передача даних через підключені машини, пристрої та виробничі системи. Далі дані можна використовувати самооптимізуючими пристроями або в організації для активного вирішення проблем, удосконалення виробничих процесів та реагування на нові вимоги [13].

Уважається, що це так звана фабрика майбутнього, яка все ще перебуває у зародковому стані, концепція розумної фабрики вважається важливим результатом Індустрії 4.0. Побудова «розумних» заводів (Smart-Factory) передбачає впровадження виробничими компаніями таких технологій, як штучний інтелект, робототехніка, аналітика, великі дані та Інтернет речей (IoT), і може працювати переважно автономно з можливістю самокорекції [14].

За даними IDC, глобальні витрати на Інтернет речей становитимуть 840 млрд дол., якщо вони збережуть 12,6% річних темпів приросту за рік. Немає сумнівів, що величезна частина цих витрат буде спрямована на впровадження IoT у всі види промисловості, особливо у виробництво [15].

6. Поширення хмарних обчислень (Cloudcomputing), тобто моделі для забезпечення зручного мережевого доступу за запитом до спільного пулу конфігурованих обчислювальних ресурсів (наприклад, мереж, серверів, сховищ, додатків та послуг), які можна швидко забезпечити та випустити з мінімальними зусиллями з боку управління або з мінімальною взаємодією з постачальником послуг [16].

7. Використання штучного інтелекту (Artificial Intelligence – AI), тобто здатність цифрового комп'ютера або керованого комп'ютером робота виконувати завдання, зазвичай пов'язані з діяльністю людей. Цей термін часто застосовується до проекту розроблення систем, наділених характерними для людини інтелек-

туальними процесами, такими як здатність міркувати, виявляти значення, узагальнювати або вчитися на минулому досвіді [17].

Прикладами такого штучного інтелекту є виробництво роботів, розумні помічники, проактивне управління охороною здоров'я, автоматизоване фінансове інвестування, віртуальний агент бронювання подорожей, моніторинг соціальних мереж, інструмент чату між командами, розмовний маркетинг-бот та інструменти обробки природних мов (NLP).

Аналізуючи місце України у світових показниках, можна відзначити, що, за даними The Global Competitiveness Report 2019 [18], наша країна втратила два пункти у показнику. Експерти Всесвітнього економічного форуму у цьому звіті надають оцінку ефективності 141 світової економіки на підставі індексу глобальної конкурентоспроможності 4.0 (GCI 4.0), який відображає конкурентоздатність між країнами в умовах Четвертої промислової революції. Так, у 2018 р. Україна займала 83-є місце, покращивши попередній результат на шість пунктів, але динаміка сьогодні невітніша й у 2019 р. маємо 85-є місце (рис. 1).

Зниження відбулося по таким ключовим показникам (табл. 1).

Відповідно до дослідження Глобального індексу цифрової готовності (Global Digital Readiness Index 2019) [19], Україна отримала загальний бал 11,47 (табл. 2). Для аналізу цифрової готовності було вибрано сім показників.

Першим показником виступає «Базові потреби» – він включає визначення здатності населення скористатися перевагами технологій, а також оцінюються дані щодо тривалості життя населення, рівня смертності дітей віком до п'яти років та доступу до основних послуг, таких як електрика та безпечна питна вода.

Другий показник – «Людський капітал», що передбачає оцінку здатності використовувати та створювати вдосконалені цифрові послуги робітниками. Тобто оцінюється рівень цифрових навичок працівників, їх доступ до цифрових інновацій.

Наступний показник – «Легкість ведення бізнесу», який визначається на основі Індексу легкості ведення бізнесу по країнами світу.

Четвертий показник – «Бізнесові та державні інвестиції», цей показник оцінюється за різними джерелами приватних та державних інвестицій, включаючи прямі іноземні інвестиції, витрати на дослідження та розробки, свободу інвестиційної діяльності.

П'ятий показник – «Середовище для стартапів». Уже доведено, що стартапи створюють нові інновації, які можуть принести користь цілим ринкам та громадам. Вони також демонструють високий рівень здатності адаптуватися до нових ринкових умов і часто є провідними творцями цифрових технологій, а також створюють робочі місця. Для оцінки середовища в країні вивчаються такі фактори, як доступність до венчурного капіталу та інвестицій, реєстрація патентів та торгових марок тощо.

Таблиця 1

Деталізоване порівняння за показником конкурентоспроможності України у 2018–2019 рр.

Показник	2018	2019
Темп зростання ВВП (%)	0.8	8.5
Річний темп приросту ВВП (%)	-0.5	-3.5
Рівень безробіття (%)	9.5	9.9
Рівень інфляції (%)	7.5	6.1
Процентна ставка (%)	6.5	6
Торговий баланс (млн дол. США)	25.5	-817
Поточний рахунок (млн дол. США)	797	80
Поточний рахунок до ВВП (%)	-2.7	-3.3
Державний борг перед ВВП (%)	50.3	60.9
Державний бюджет (% від ВВП)	-2.1	-1.9
Довіра споживачів (бали)	69.1	60.7
Роздрібні продажі (%)	1.3	-27.9
Ставка податку на прибуток підприємств (%)	18	18
Ставка податку на доходи фізичних осіб (%)	18	18
Випадки коронавірусу (особи)	1565732	1554256
Смерть від коронавірусу (особи)	30431	30098
Кількість одужавших від коронавірусу (особи)	1268886	1260842

Джерело: [18]

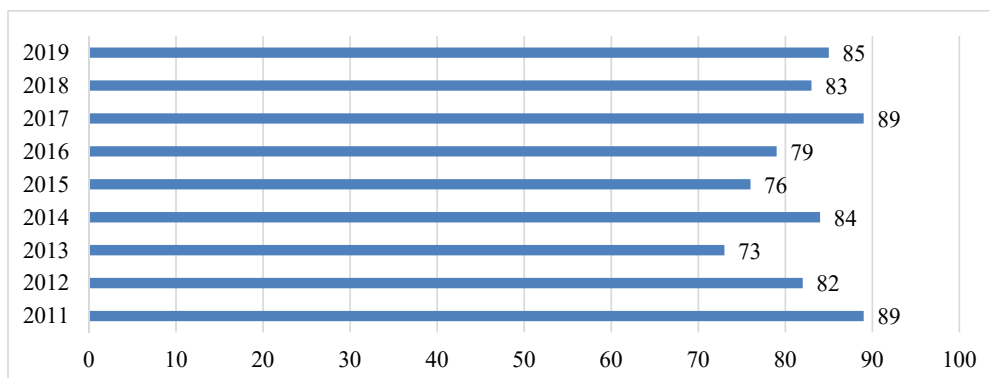


Рис. 1. Динаміка зміни показника конкурентоспроможності України за даними The Global Competitiveness Report

Джерело: [18]

Рейтинг країн за Глобальним індексом цифрової готовності

Країна	Загальний бал	Базові потреби	Бізнесові та державні інвестиції (3)	Легкість ведення бізнесу (4)	Людський капітал (4)	Середовище для стартапів (3)	Технологічні рішення (3)	Технічна інфраструктура (4)
Україна	11,47	3.54	0.92	1.85	2.79	0.26	1.09	1.02
Молдова	11,65	3.33	1.12	2.25	2.22	0.26	1.10	1.37
Польща	14,94	3.75	1.51	2.89	3.10	0.35	1.31	2.03
Франція	16,25	3.94	1.81	3.41	2.92	0.55	1.42	2.19
Німеччина	17,85	3.90	2.11	3.76	3.25	0.68	1.63	2.53
США	19,03	3.81	2.29	3.41	3.21	1.40	2.22	2.69
Сінгапур	20,26	3.97	2.71	3.69	3.43	1.66	1.96	2.84

Наступний показник – «Технічна інфраструктура». Під час визначення балу за даним показником досліджуються такі дані, як активні мобільні ширококосмугові підписки, домашній доступ до Інтернету, фіксовані ширококосмугові підписки та захищені Інтернет-сервери.

І останнім показником у дослідженні виступає «Технологічні рішення», який відображає поточний рівень готовності країни до цифрових технологій. Загальний попит на цифрові товари та послуги оцінюються шляхом вивчення даних, що стосуються поширення та якості мережі мобільного зв'язку, використання Інтернету та хмарних послуг.

Згідно з Рейтингом цифрової конкурентоспроможності країни у всьому світі (Country-level digital competitiveness rankings worldwide 2020) [20], Україна отримала 48,81 бали зі 100 можливих. Найкращий результат мають США, які визнано найбільш конкурентоспроможною у світі країною (100 балів), на другому місці Сінгапур – 98,05 бали. Цифровий рейтинг конкурентоспроможності спрямований на аналіз здатності країни застосовувати цифрові технології та впроваджувати ці технології на підприємствах, в урядових орга-

нізаціях. Рейтинг показав, що багато скандинавських країн посіли високі позиції в списку і входять до десятки лідерів: Данія – 96,01 бали, Швеція – 95,15 бали, Норвегія – 92,17 бали та Фінляндія – 91,13 бали.

За даними іншого дослідження, яке публікується компанією IoT Analytics Industry 4.0 & Smart Manufacturing, у 2020 р. найбільш поширеними цифровими технологіями, що застосовуються у світі, є: 3D-друк, Інтернет 5G, штучний інтелект (Artificial Intelligence), доповнена реальність, автоматизовані керовані транспортні засоби (Automated Guided Vehicles – AGV), технології блокчейн (Blockchain), хмарні технології, коботи (Cobot), кібербезпека, Digital Twin, дрони, IoT та платформи IoT, квантові обчислення та віртуальна реальність [21].

Аналіз країн світу дав змогу визначити лідерів з упровадження цих цифрових технологій та компаній, які забезпечують розвиток науки, техніки та подальшу цифровізацію процесів власної діяльності (табл. 3).

Провідними компаніями у світі, що впроваджують цифрові технології, визнано:

1) Siemens, яка має розроблену стратегію Індустрії 4.0, застосовує нові цифрові моделі бізнесу та

Таблиця 3

Світові лідери з упровадження цифрових технологій

Регіон	Напрямок	Компанії
Північна Америка	Північноамериканські виробники мають набагато більше шансів застосувати хмарні технології, технології та платформи IoT, а також інші цифрові технології.	Провідні компанії, які впроваджують цифрові технології: GE (General Electric), Boeing, Tesla. Провідні компанії, які розробляють цифрові технології: Microsoft, IBM, AWS.
Європа	Європейські виробники також продемонстрували прийняття хмарних технологій вище середнього, але вони відстали у впровадженні Індустрії 4.0, зокрема у технологіях спільних роботів (коботів) та обчислювальної техніки.	Провідні компанії, які впроваджують цифрові технології: Siemens, ABB, BMW. Провідні компанії, які розробляють цифрові технології: ABB, Siemens, SAP.
Азія	Азіатські виробники продемонстрували вищий рівень використання спільних роботів (коботів), але набагато нижчий за середній рівень використання хмарних технологій та технологій IoT. Хоча в азіатських компаніях загальний рівень використання технологій Індустрії 4.0 був найнижчим, вони мали найоптимістичніший прогноз щодо бюджету на 2021 р.	Провідні компанії, які впроваджують цифрові технології: Toyota, Huawei, Foxconn. Провідні компанії, які розробляють цифрові технології: Huawei, Alibaba Group, Fanuc.

Джерело: [21]

впроваджує Індустрію 4.0 на власних заводах по більшості цифрових технологій;

2) GE (General Electric), яка впроваджує Digital Twin, реалізує цифрові продукти, а також використовує новітні технології на власних заводах;

3) Boeing, яка реалізує Digital Twins, проводить новаторську роботу над різними технологіями (3D-друк, AR, моделювання).

Згідно з дослідженням «Індекс готовості цифрових мереж 2020» (Прискорення цифрової трансформації в глобальній економіці після COVID (The network readiness index 2020 / Accelerating Digital Transformation in a post-COVID Global Economy)) [22], Україна посіла 64-е місце зі 134, отримавши значення показника 49,43. Дане дослідження проводиться за такими індикаторами:

- технології (доступ, контент, технології);
- людські ресурси (громадяни, підприємці, уряд);
- держава (довіра, регулювання, визначення);
- вплив (економіка, рівень життя, внесок у цілі сталого розвитку).

Кожен індикатор визначається за різними показниками, що включаються до його загального розрахунку. Зокрема, під час дослідження індикатору технологій визначаються: мобільні тарифи, покриття мережею Інтернет 4G, пропускна здатність мережі Інтернет, доступ до Інтернету у школах, правки у Вікіпедії, реєстрація доменів в Інтернеті, розроблення мобільних додатків, упровадження нових технологій, інвестиції у нові технології, заявки на отримання патенту, витрати на програмне забезпечення тощо.

Індикатор людських ресурсів розраховується на основі даних про кількість користувачів Інтернетом, використання соціальних мереж, рівень грамотності дорослих, цифрові навички, легкість ведення бізнесу, наявність висококваліфікованого персоналу, витрати підприємств на НДДКР, державні онлайн-послуги, публікація та використання відкритих даних, сприяння державою інвестуванню у новітні технології, витрати на НДДКР урядом та вищою освітою тощо.

Наступний індикатор, що стосується держави, включає у себе безпечні Інтернет-сервери, кібербезпеку, Інтернет-покупки, Інтернет-доступ до фінансових рахунків, регулююче середовище, пристосованість законодавчої бази до нових технологій, законодавство про електронну комерцію, соціально-економічний роз-

рив у використанні цифрових платежів, доступність локального Інтернет-контенту, гендерний розрив у використанні Інтернету, розрив у використанні цифрових платежів у сільській місцевості.

І останній індикатор, що стосується впливу на цифрові технології передбачає дослідження таких показників, як експорт високих технологій, заявки на патент, продуктивність праці на одного працівника, рівень щастя у населення, свобода робити життєвий вибір, нерівність доходів, тривалість життя, здоров'я та добробут, якісна освіта, гендерна рівність, доступна та чиста енергія, сталі міста та громади.

До першої п'ятірки країн, що лідирують за прискоренням цифрової трансформації у глобальній економіці після COVID, відносяться: Швеція (1-е місце), Данія (2-е), Сінгапур (3-є), Нідерланди (4-е) та Швейцарія (5-е місце).

Висновки. Україна має розроблену національну стратегію Індустрії 4.0, в якій визначено ключові напрями цифровізації. Проте процес цифровізації відбувається повільними темпами, наразі реалізовано певну частку проєктів. Виявлено чинники, що стримують процес цифровізації економіки України, впливають негативно на процес цифрової трансформації, що підтверджується міжнародними рейтингами та дослідженнями.

Варто зазначити, що хоча процес переходу до Індустрії 4.0 відбувається повільно, але вже є позитивні зрушення. Зокрема, більшість операцій, що надаються у форматі G2C та G2B, переведено у цифровий формат (створено додаток «Дія»), підприємці мають можливість відкрити власний бізнес онлайн, відбувається фінансування інноваційних проєктів, закладаються основи побудови smart-city та smart-спеціалізації регіонів, напрацьовуються інструменти електронної демократії (e-democracy): е-бюджет, е-обговорення тощо.

Перспективою подальших досліджень є розроблення механізмів із підвищення ефективності впровадження Індустрії 4.0 на підприємствах України, оскільки саме вони забезпечують інноваційні зрушення в економіці, проводять НДДКР, створюють додану вартість, наповнюють бюджет регіону та країни. Цифрова трансформація підприємств дасть їм змогу отримувати нові конкурентні переваги, вийти на міжнародні ринки збуту продукції, а у кінцевому підсумку перетворить нашу державу на високоіндустріальну країну із цифровою економікою.

Список літератури:

1. Скіцько В.І. Індустрія 4.0 як промислове виробництво майбутнього. *Інвестиції: практика та досвід*. 2016. № 5. С. 33–40.
2. Брюховецька Н.Ю., Черних О.В. Індустрія 4.0 та цифровізація економіки: можливості використання зарубіжного досвіду на промислових підприємствах України. *Економіка промисловості*. 2020. С. 33–40.
3. Kraus N., Zerniuk O., Chaikina A. Construction Enterprises Innovating Activities on the Basis of Industry 4.0 and «Deep» Digital Transformations. In: Onyshchenko V., Mammadova G., Sivitska S., Gasimov A. (eds) *Proceedings of the 2nd International Conference on Building Innovations. ICBI 2019. Lecture Notes in Civil Engineering*. 2020. Vol 73. Springer, Cham. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-030-42939-3_61.
4. Смарт-промисловість в епоху цифрової економіки: перспективи, напрями і механізми розвитку / В.П. Вишневецький та ін. Київ : Ін-т економіки пром-сті НАН України, 2018. 192 с.

5. Dalenogare L.S., Benitez G.B., Ayala N.F., Frank A.G. The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics*. 2018. № 204. P. 383–394.
6. Ghobakhloo Morteza. Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. *Journal of Cleaner Production*. 2020. № 252. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619347390>.
7. Національна стратегія «Індустрії 4.0 в Україні»: проєкт. 2018. 78 с.
8. Cyber-physical system. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Cyber-physical_system (дата звернення: 18.03.2021).
9. Shaping Europe's digital future policy: Cyber-Physical Systems. URL: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/cyber-physical-systems> (дата звернення: 20.03.2021).
10. What is the Internet of Things? WIRED explains. URL: <https://www.wired.co.uk/article/internet-of-things-what-is-explained-iot> (дата звернення: 23.03.2021).
11. 24 Top internet-of-things (IoT) examples you should know. URL: <https://builtin.com/internet-things/iot-examples> (дата звернення: 25.03.2021).
12. Брюховецька Н.Ю., Чорна О.А. Інтелектуалізація як пріоритетний напрям розвитку промислових підприємств в умовах Індустрії 4.0. *Економіка промисловості*. 2019. С. 116–132.
13. What is a Smart Factory? URL: <https://tulip.co/blog/digital-transformation/what-is-a-smart-factory-and-what-it-means-for-you/> (дата звернення: 29.03.2021).
14. Smart factory. URL: <https://searcherp.techtarget.com/definition/smart-factory> (дата звернення: 29.03.2021).
15. What is the smart factory? The impact of factory 4.0 on manufacturing. URL: <https://www.avsystem.com/blog/smart-factory/> (дата звернення: 01.04.2021).
16. Understanding the basics of cloud computing. URL: <https://www.lucidchart.com/blog/cloud-computing-basics> (дата звернення: 02.04.2021).
17. Artificial intelligence. URL: <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence> (дата звернення: 02.04.2021).
18. The Global Competitiveness Report 2019. URL: http://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf (дата звернення: 05.04.2021).
19. The IMD World Digital Competitiveness Ranking 2019 results. URL: <https://www.imd.org/wcc/world-competitiveness-center-rankings/world-digital-competitiveness-rankings-2019/> (дата звернення: 07.04.2021).
20. Worldwide digital competitiveness. URL: <https://www.statista.com/statistics/1042743/worldwide-digital-competitiveness-rankingsbycountry/> (дата звернення: 10.04.2021).
21. Industry 4.0 adoption. URL: <https://iot-analytics.com/industry-4-0-adoption-2020-who-is-ahead/> (дата звернення: 12.04.2021).
22. The network readiness index 2020 Accelerating Digital Transformation in a post-COVID Global Economy. URL: <https://networkreadinessindex.org/wp-content/uploads/2020/10/NRI-2020-Final-Report-October2020.pdf> (дата звернення: 15.04.2021).

References:

1. Skitsko V.I. (2016) Industry 4.0 as the industrial production of the future [Індустрія 4.0 як промислове виробництво майбутнього]. *Investments: practice and experience*, no. 5, pp. 33–40. (in Ukrainian)
2. Bryukhovetska N.Yu., Chernykh O.V. (2020) Industry 4.0 and digitalization of the economy: opportunities to use foreign experience in industrial enterprises of Ukraine [Індустрія 4.0 та цифровізація економіки: можливості використання зарубіжного досвіду на промислових підприємствах України]. *Industrial economics*, pp. 33–40. (in Ukrainian)
3. Kraus N., Zerniuk O., Chaikina A. (2020) Construction Enterprises Innovating Activities on the Basis of Industry 4.0 and “Deep” Digital Transformations. In: Onyshchenko V., Mammadova G., Sivitska S., Gasimov A. (eds) *Proceedings of the 2nd International Conference on Building Innovations. ICBI 2019, Lecture Notes in Civil Engineering*, vol. 73, Springer, Cham. Available at: https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-030-42939-3_61.
4. Vyshnevsky V.P., Vietska O.V., Garkushenko O.M. and others (2018). Smart industry in the digital economy: prospects, directions and mechanisms of development. Kyiv: Institute of Industrial Economics of the National Academy of Sciences of Ukraine, 192 p. (in Ukrainian)
5. Dalenogare L.S., Benitez G.B., Ayala N.F., Frank A.G. (2018) The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics*, no. 204, pp. 383–394.
6. Ghobakhloo Morteza (2020) Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, no. 252. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619347390>.
7. National strategy of Industry 4.0 in Ukraine. Project [Національна стратегія «Індустрії 4.0 в Україні». Проєкт] (2018). 78 p. (in Ukrainian)
8. Cyber-physical system. Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Cyber-physical_system (accessed 18 March 2021).
9. Shaping Europe's digital future policy: Cyber-Physical Systems. Available at: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/cyber-physical-systems> (accessed 20 March 2021).
10. What is the Internet of Things? WIRED explains. Available at: <https://www.wired.co.uk/article/internet-of-things-what-is-explained-iot> (accessed 23 March 2021).
11. 24 Top internet-of-things (IoT) examples you should know. Available at: <https://builtin.com/internet-things/iot-examples> (accessed 25 March 2021).

12. Bryukhovetska N.Yu., Chorna, O.A. (2019) Intellectualization as a priority direction of industrial enterprises development in the conditions of industry 4.0 [Intelektualizatsiia yak priorytetnyi napriam rozvytku promyslovykh pidpriemstv v umovakh industrii 4.0]. *Industrial economics*, pp. 116–132. (in Ukrainian)
13. What is a Smart Factory? Available at: <https://tulip.co/blog/digital-transformation/what-is-a-smart-factory-and-what-it-means-for-you/> (accessed 29 March 2021).
14. Smart factory. Available at: <https://searcherp.techtarget.com/definition/smart-factory> (accessed 29 March 2021).
15. What is the smart factory? The impact of factory 4.0 on manufacturing. Available at: <https://www.avsystem.com/blog/smart-factory/> (accessed 01 April 2021).
16. Understanding the basics of cloud computing. Available at: <https://www.lucidchart.com/blog/cloud-computing-basics> (accessed 02 April 2021).
17. Artificial intelligence. Available at: <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence> (accessed 02 April 2021).
18. The Global Competitiveness Report 2019. Available at: http://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf (accessed 05 April 2021).
19. The IMD World Digital Competitiveness Ranking 2019 results. Available at: <https://www.imd.org/wcc/world-competitiveness-center-rankings/world-digital-competitiveness-rankings-2019/> (accessed 07 April 2021).
20. Worldwide digital competitiveness. Available at: <https://www.statista.com/statistics/1042743/worldwide-digital-competitiveness-rankingsbycountry/> (accessed 10 April 2021).
21. Industry 4.0 adoption. Available at: <https://iot-analytics.com/industry-4-0-adoption-2020-who-is-ahead/> (accessed 12 April 2021).
22. The network readiness index 2020 Accelerating Digital Transformation in a post-COVID Global Economy. Available at: <https://networkreadinessindex.org/wp-content/uploads/2020/10/NRI-2020-Final-Report-October2020.pdf> (accessed 15 April 2021).

ИНДУСТРИЯ 4.0: ОСОБЕННОСТИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ УКРАИНЫ

В статье исследованы особенности внедрения Индустрии 4.0 в Украине, в частности обнаружено, что появляются новые подходы к функционированию экономик стран с учетом процессов глобализации, развития науки и техники. Определено, что мировая пандемия, вызванная COVID-19, а также изменения, происходящие в политической, экономической, социальной, экологической и других сферах, приводят к ускорению процесса цифровизации. Проанализирована национальная стратегия Индустрии 4.0, а также предложены ключевые направления реализации концепции Индустрии 4.0 в Украине с использованием опыта развитых стран. Выявлены факторы, сдерживающие процесс цифровизации экономики страны. Обнаружены наиболее распространённые цифровые технологии, применяемые в мире: 3D-печать, Интернет 5G, искусственный интеллект (Artificial Intelligence), дополненная реальность, автоматизированные управляемые транспортные средства (Automated Guided Vehicles – AGV), технологии блокчейн (Blockchain), облачные технологии, коботы (Cobot), кибербезопасность, Digital Twin, дроны, IoT и платформы IoT, квантовые вычисления и виртуальная реальность.

Ключевые слова: Индустрия 4.0, smart-специализация, стратегия, цифровизация, промышленность, менеджмент, инновации, e-демократия.

INDUSTRY 4.0: FEATURES OF UKRAINE'S DIGITAL TRANSFORMATION

It was examined in the article peculiarities of the Industry 4.0 introduction in Ukraine, in particular, it was revealed that there are new approaches to the economies functioning, taking into account processes of globalization, development of science and technology. It was determined that the global pandemic caused by COVID-19 and changes in the political, economic, social, environmental, and other spheres are accelerating the process of digitalization. The author analyzed the National strategy of Industry 4.0 and proposed key areas for implementing the concept of Industry 4.0 in Ukraine using the experience of developed countries. Factors that hinder the process of our country's economic digitalization were identified in the article. A study of world rankings on digital transformation was conducted in order to identify the place of Ukraine in this process, in particular: "The Global Competitiveness Report 2019", which reflects the competitiveness between countries in the Fourth Industrial Revolution; "Global Digital Readiness Index 2019"; "The Digital Network Index 2020" (Accelerating Digital Transformation in a Post-COVID Global Economy). Research has shown that our country lags behind the developed countries of the world that actively implement Industry 4.0. Author identified the most common digital technologies used in the world: 3D printing, Internet 5G, Artificial Intelligence, augmented reality, automated Guided Vehicles, blockchain technology, cloud technology, Cobot, cybersecurity, Digital Twin, drones, IoT, and IoT platforms, quantum computing, and virtual reality. The regions – world leaders in the introduction of digital technologies and companies that ensure the development of science, technology, further digitalization of their own activities were analyzed. Accordingly, prospects for further research are developing mechanisms to improve implementation of Industry 4.0 at Ukrainian enterprises, as they provide innovative changes in the economy, conduct R&D, create added value, and fill the region's budget and country. Digital transformation of enterprises will allow them to gain new competitive advantages, enter international markets, and ultimately turn our country into a highly industrialized country with a digital economy.

Key words: Industry 4.0, SMART-specialization, strategy, digitalization, industry, management, innovation, e-democracy.