

Г. Й. Островська,

кандидат економічних наук, доцент,
ORCID 0000-0002-9318-2258,
e-mail: h.ostrovska@gmail.com,

О. Т. Островський,

здобувач вищої освіти,
стипендіат Верховної Ради України,
ORCID 0000-0003-0109-3758,
e-mail: homesasha1@gmail.com,

*Тернопільський національний технічний
університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль*

ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ ПРОМИСЛОВОСТІ: СУЧАСНІ РЕАЛІЇ ТА ПРІОРИТЕТИ РОЗВИТКУ

Постановка проблеми. Сукупність явищ, відомих як цифрова трансформація, є центральним елементом так званої четвертої промислової революції. Широкий спектр галузей економіки та соціальної сфери, які залишалися по суті незмінними протягом десятиліть, переживають період глибокої трансформації, стаючи високотехнологічними. Однак було б принциповою помилкою розглядати цей процес лише з точки зору технологічного розвитку. Виникають нові моделі економічної діяльності і, як наслідок, глибоких змін зазнають економічні та соціальні інститути. Цифрова трансформація – це складний, аж ніяк не рутинний і багато в чому непередбачуваний процес, що охоплює багато сфер життя і вимагає виконання багатьох базових умов, включаючи технічну та управлінську готовність організацій і ринків.

У розвинених країнах цифрова трансформація розглядається як авангард ширшої тенденції діджиталізації, пов'язаної з галузями з високим ступенем цифрової зрілості. Поширення нових бізнес-моделей, заснованих на цифрових технологіях та онлайн-платформах, – це лише верхівка айсберга. Цьому передуватиме тривалий етап розбудови інформаційно-комунікаційної інфраструктури, накопичення людських ресурсів та адаптації нормативно-правових актів. Впровадження електронного документообігу, створення цифрових двійників та формування ринків даних мають вирішальне значення.

Під цифровою трансформацією розуміємо якісні зміни в бізнес-процесах або способах здійснення економічної діяльності (бізнес-моделях) в результаті впровадження цифрових технологій, що призводить до значущих соціально-економічних ефектів.

Інтенсивний розвиток і поширення цифрових технологій в останні роки трансформували ключові сектори економіки та соціальної сфери. Все більше організацій переносять свої бізнес-процеси в цифрове середовище, значно зменшуючи транзакційні витрати та збільшуючи обсяги економічної діяльності. Інтернет створив гігантський ринок практично без бар'єрів, з глобальною конкуренцією і дуже високою динамікою всіх елементів (компаній, продуктів, послуг і споживачів). У цьому контексті здатність зберігати, аналізувати та обробляти великі дані є ключовою конкурентною перевагою. Стійкість і майбутній потенціал розвитку бізнесу залежить від здатності в разі швидше реагувати на потреби клієнтів і швидко впроваджувати нові продукти та послуги через електронні канали продажів. Сьогодні ринкова вартість багатьох компаній значною мірою визначається їхніми цифровими активами. Про важливість цього свідчить той факт, що ринкова капіталізація цифрових гігантів («Facebook», «Google», «Microsoft», «Apple», «Amazon») за останні роки досягла рекордних показників, а їхня сукупна вартість становить значну частку загального фондового індексу S&P 500. Такий зсув на ринку пов'язаний з поширенням бізнес-моделей, заснованих на цифрових технологіях. До таких моделей належать:

– цифрові платформи та екосистеми, що дають змогу прискорити та здешевити доступ споживачів до товарів та послуг, і варто зазначити, що до 2025 року на цифрові екосистеми припадатиме приблизно 60 трлн дол. США світового обсягу продажів, тобто 30 % глобальної частки ринку [1];

– нові системи фінансування, включаючи краудфандінг;



– монетизація персональних даних і профілів з таргетованою пропозицією, включаючи ціноутворення та створення індивідуалізованих пакетів продуктів та послуг;

– сервісні моделі надання ресурсів, наприклад, Bank-as-a-Service (BaaS), Infrastructure-as-a-Service (IaaS).

Незважаючи на доволі схожі передумови, бар'єри та очікувані ефекти, цифрова трансформація галузей здійснюється нерівномірно. Так званий розрив в цифрових потенціалах, інакше кажучи, цифровий розрив, за рівнем освоєння цифрових технологій присутній як між галузями, так і всередині кожної з них – між лідерами цього процесу та організаціями-аутсайдерами [2]. Серед основних чинників диференціації темпів та моделей цифрової трансформації в кожній галузі зазначимо такі: бізнес-моделі та позиція в ланцюжку створення вартості; рівень технологічної та цифрової зрілості; особливості генерування та використання даних; структура галузі та економічна ситуація; регуляторні зміни.

Цифрова трансформація відіграє все більш важливу роль у відновленні економіки України та реформуванні всіх секторів. У 2022 році, незважаючи на повномасштабне вторгнення Росії, ІТ-індустрія згенерувала 7,3 млрд доларів США експортної виручки для української економіки [3]. Сьогодні Україна є однією з найрозвиненіших цифрових держав світу, а її ІТ-сектор – одним з найбільших експортерів ІТ-послуг у Європі та другим за величиною експорту в Україні, залишаючись єдиною експортною галуззю, яка повноцінно функціонує навіть у воєнний час.

Цифровізація охоплює багато галузей промисловості, однак деякі з них ще не готові до цифрової трансформації. В структурі інвестицій підприємств різних видів діяльності, на які припадає дві третини внутрішніх витрат на цифрову економіку, переважає обладнання. При цьому, новим драйвером цифровізації останніми роками в розвинених країнах стають нематеріальні (цифрові) активи компаній, такі як розмір і лояльність інтернет-аудиторії, впізнаваність і репутація бренду в кіберпросторі, цифрові платформи, програмні продукти та пов'язана з ними інтелектуальна власність.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У практиці розвинених країн цифрова трансформація передбачає галузевий принцип підтримки впровадження новітніх технологій. У цьому випадку програми та проекти будуються або за принципом впровадження перспективного набору технологій у кількох особливо актуальних секторах, або, навпаки, шляхом прискорення впровадження низки технологічно різномірних рішень, затребуваних у конкретних секторах економіки та соціальної сфери, тобто за галузевим принципом [4]. Перший підхід характерний для сингапурської Програми в контексті розвитку штучного інтелекту, яка пропонує реалізацію п'яти галузевих проєктів: інтелектуальне

планування вантажоперевезень, безперебійне надання державних послуг, рання діагностика та прогнозування хронічних захворювань, персоналізовані освітні програми та автоматизація міграційних процедур [5]. Другий підхід яскраво ілюструється низкою програм, пов'язаних зі сферою охорони здоров'я в 2020 р. у зв'язку з необхідністю боротьби з пандемією коронавірусу [6; 7].

Питання цифровізації регіональних економічних систем та національних економік визнано одним із найактуальніших викликів на європейському рівні. В цьому контексті важливого значення набули проєкти ЄС «Цифрова трансформація для України (DT4UA)», програма «U-LEAD з Європою», «Підтримка ЄС у зміцненні кібербезпеки України», «EU4DigitalUA», «Цифрова Європа», «Акселератор цифрової стійкості Громада 4.0», програма ЄС «Механізм «Сполучення Європи», Угода про участь України в програмі «Цифрова Європа» тощо [8].

Український інститут майбутнього [3] зазначає, що Україна стикається проблемами у розвитку цифрової економіки через низький рівень покриття цифровими інфраструктурами, слабку державну політику стосовно інновацій та недостатню підготовку високкокваліфікованих кадрів. Низький рівень автоматизації державних послуг та низька мотивація в державних установах також перешкоджають цифровій трансформації в Україні.

Аспекти цифрової трансформації в окремих галузях та вплив цифрової трансформації на бізнес-процеси та бізнес-моделі суб'єктів господарювання розглядаються когортою таких українських учених, як: В. Ляшенко та О. Вишневський, І. Струтинська, В. Воронкова та В. Нікітенко, Г. Разумей та М. Разумей, Ю. Бочарова, Л. Мельник, О. Карінцева та О. Кубатко, Л. Федуллова та ін. [9–15].

Заслугує на увагу монографія В. Ляшенка та О. Вишневського [9], автори якої досліджують сучасні процеси цифрової трансформації вітчизняної економіки в контексті розвитку бізнес-моделей на підґрунті цифрових платформ. Науковцями піднімається ключова проблема використання в Україні цифрового капіталу, втіленого у відповідних технологіях, людських навичках, базах даних, обчислювальних потужностях та обчислювальних алгоритмах, що й потребує відповідно осмислення з боку вчених-економістів у тісній співпраці з експертним середовищем «цифрової сфери», обізнаними з сучасними технологічними трендами, а також соціологами, політологами та філософами, які орієнтуються у сучасних суспільних трансформаціях. Водночас науковий доробок І. Струтинської [10] полягає у дослідженні процесів цифрової трансформації вітчизняних бізнес-структур, орієнтованих на зміну бізнес-моделей та підвищення ефективності їх реалізації.

Філософію взаємовідносин між цифровою людиною та цифровим суспільством, методологію аналізу шляхів цифровізації для використання всіх

можливостей, які пропонує сучасний світ, висвітлюють В. Воронкова та В. Нікітенко [11]. У результаті автори розробили цифрову модель освіти, яка розглядає стратегію розвитку як складний процес формування та реалізації цілей. Водночас у роботі [12] дослідники розробили стратегію формування цифрової грамотності у професійній сфері на основі онлайн-серіалів, курсів підвищення кваліфікації та безперервного навчання.

Детальний аналіз поточного стану та особливостей процесу цифрових трансформацій у ЄС проведено в роботі [13], де основна увага відводиться конкретним аспектам асиметрії та дисбалансу в процесі оцифрування. Низкою авторів [14] процес цифровізації описується в наступному контексті: перехід від аналогових до цифрових методів запису інформації в технологічних та економічних системах і поступовий перехід до нової моделі економічної системи, яку умовно можна назвати «цифровою економікою». Аналізуючи інноваційний процес в Україні Л. Федулова [15] визначає наявні передумови для формування національної інноваційної системи з сучасним технологічним укладом, акцентуючи увагу на цифровізації та посиленні ролі ІТ-сектору. Таким чином, вищезазначені та інші автори досліджують системи та процеси інвестування, інновацій, освіти, адміністрування та управління кризь призму цифровізації й розвитку інформаційного суспільства.

Незважаючи на наявність ґрунтового наукового доробку з питань цифровізації національної економіки та регіональних економічних систем, окремої уваги потребує порядок денний досліджень щодо пріоритетів розвитку цифрової трансформації в промисловому секторі та впливу її процесів на забезпечення прогресу досягнення цілей інноваційного розвитку. Відсутність зрозумілих та доступних інформаційних джерел, сервісів, платформ, застосунків та порталів щодо цифрової трансформації в промисловості уповільнює темпи впровадження інновацій у вітчизняному бізнесі. Це, своєю чергою, заважає бізнесу інтегруватися у світові тренди та ускладнює вихід на міжнародну економічну арену.

Постановка завдання. Метою дослідження є обґрунтування теоретичного базису та розробка практичних рекомендацій щодо пріоритетів розвитку цифрової трансформації промисловості в сучасних умовах.

Виклад основного матеріалу дослідження. Панорама наукових досліджень розвитку цифрової трансформації дає змогу обґрунтовано стверджувати, що більшість галузей за останні кілька десятиліть пройшли через низку схожих періодів. У цьому контексті варто виокремити такі етапи: поширення застосування ЕОМ на вирішення прикладних індустріальних завдань (1950–1960 рр.), перша хвиля автоматизації виробництва (1970–1980 рр.), поява персональних комп'ютерів (1980–1990 рр.), розвиток Інтернету (2000–2010 рр.). Всі вони мали значний вплив на економіку та соціальну сферу і

навіть відіграли каталітичну роль у виникненні низки нових галузей, у тому числі й галузі інформаційно-телекомунікаційних технологій. Водночас, на поточному етапі існують певні особливості.

1. Новий виток технологічного розвитку. Найважливішим каталізатором нової стадії цифрової трансформації вважаються здобутки у розвитку передових технологічних напрямів, включаючи штучний інтелект, робототехніку, блокчейн, технології віртуальної та доповненої реальності та низку інших. Ці технології надають споживачам унікальні можливості, у тому числі високу точність прогнозування та прийняття управлінських рішень, заснованих на даних, кратне зниження витрат, забезпечення найкращої якості «споживчого досвіду». Водночас, доцільно відзначити такі перспективні технологічні напрями, які активно розвиваються: геоінформаційні і навігаційні технології (просторові дані); технології фотоніки; технології хмарних, туманних, граничних, росистих обчислень; кібербіологічні системи (у тому числі нейротехнології); технології аутентифікації та ідентифікації (зокрема біометричні технології); суперкомп'ютерні та ґрид-технології. Загалом необхідна регулярна актуалізація пріоритетів, у тому числі на основі професійних форсайт-досліджень та аналізу великих даних.

2. Зростання попиту на цифрові технології. Більше половини топ-менеджменту великих світових компаній планують збільшити використання цифрових технологій [16]. Це відображається й динамікою витрат. Прогнозується, що світові витрати на цифрові технології досягнуть майже 3,9 трлн дол. США у 2027 році зі середньорічним темпом зростання на рівні 16,1% [17].

У цьому контексті розглянемо ключові напрями та показники залучення конкретних цифрових послуг у бізнес-практики компаній ЄС з точки зору великих і малих та середніх підприємств: використання високошвидкісного інтернет-з'єднання більш ніж 30 Mb/s (95% великих підприємств та 80% МСП), соціальної мережі (83%, 58%); компанії, де більше 50% співробітників використовують комп'ютери для робочих цілей (58%, 49%); використання хмарних сервісів (72%, 40%); використання ERP-систем (81%, 37%); використання технологій Інтернету речей (48%, 28%); використання штучного інтелекту (28%, 7%). Таким чином, більшість компаній ЄС зосереджуються на використанні базових цифрових послуг, тоді як використання більш просунутих інструментів (ІоТ, штучний інтелект) залишається обмеженим. Найважливішою сферою цифрових послуг в ЄС є кібербезпека: роздрібний товарооборот у 4,1 млрд євро у 2022 році за прогнозами, збільшиться до 5,2 млрд євро у 2025 році [18].

3. Скорочення життєвого циклу технологій [19]. Різке зростання попиту призвело до скорочення термінів «виходу передових технологій з лабораторій». Характерний приклад – швидкий прогрес квантових технологій. Як очікується, у перспективі (3–5 років) їх розвиток забезпечить новий

рівень швидкості та надійності обчислень та передачі даних.

Подальші технологічні досягнення будуть визначатися здатністю формувати та застосовувати унікальні знання на перетині фундаментальних досліджень та прикладних розробок, у тому числі в руслі розвитку глибинних технологій враховуючи ранні стадії життєвого циклу (DeerTech). Перспектива комерціалізації підвищує привабливість цієї сфери для венчурних інвестицій: сьогодні кожна п'ята компанія-єдиноріг є представником DeerTech [20]

Новий імпульс прискореного створення та виходу на ринок продуктів та послуг, як очікується, пов'язується з комбінуванням у одному рішенні розробок різних технологічних напрямів. Наочна ілюстрація – динамічний розвиток систем на основі «цифрових двійників», що включають елементи штучного інтелекту, Інтернету речей, технологій бездротового зв'язку, сенсорики та інших технологій. Щорічний приріст цього ринку протягом 2020–2026 рр. становитиме близько 58% [16].

Технології, що зароджуються, призведуть до нового прориву на основі вже більш зрілих. Прикладами є поява перспективних рішень на перетині технологій, таких як квантовий інтернет речей і квантовий штучний інтелект. Побудова квантових нейронних мереж дасть змогу значно скоротити час опрацювання моделей, який наразі займає декілька років. В результаті можна вирішувати нетривіальні проблеми, такі як оптимізація молекулярної структури речовин для розробки нових видів матеріалів і палива [21].

У найближчі 5–10 років бездротові мережі п'ятого (5G) і шостого (6G) покоління кардинально змінять можливості зв'язку (від тактильного інтернету, телеприсутності до передачі 3D-голограм) і створять «точки зростання» в різних секторах завдяки своїй високій швидкості й низькій затримці. Широкого розповсюдження набудуть нові сфери застосування, такі як моніторинг і управління процесами виробництва в реальному часі за допомогою імерсивних аудіовізуальних каналів, виконання рутинних операцій дистанційно керованими роботами в режимі реального часу тощо.

4. Нові імпульси для цифровізації через пандемію. Поширення COVID-19 спричинило кількісні та якісні зміни у світових технологічних трендах. Одним із ключових драйверів подальшої цифровізації тепер стануть потреби галузей і населення. «Пандемічні» реалії 2020 року, такі як соціальне дистанціювання, робота та навчання на відстані, змінили уявлення про комфортне та безпечне середовище проживання та каталізували тенденції до зближення цифрової та фізичної реальності (концепція *phygital*). Цифрові канали та сервіси дали змогу споживачам отримати доступ до широкого спектру послуг, навіть на піку локдауну. Це не лише дистанційні послуги, які продемонстрували значне зростання (електронна комерція зросла на 25%, доставка їжі онлайн – на 27%, дистанційні заняття

спортом – на 30%), а й передові цифрові рішення (моніторинг контактів та прогнозування пандемій на основі штучного інтелекту, молекулярний дизайн ліків та вакцин, роботизована стерилізація приміщень, дистанційна доставка біоматеріалів дронами, прозорі ланцюги поставок ліків на основі блокчейну тощо) [22].

5. Актуалізація культури знань. Культура знань стає реальністю в міжнародному просторі, інфраструктура насичена різними інформаційними джерелами та каналами, а віртуальні та реальні взаємодії поєднуються на кожному етапі процесу управління знаннями. Під культурою знань розуміємо середовище, яке сприяє обміну знаннями, охоплює усвідомлення важливості ролі носія унікальних знань – людини, а також вибудовує систему мотивування до обміну знаннями задля створення колективного інтелектуального продукту чи послуги [23].

6. Технологічні та соціальні ризики. Цифрова трансформація позиціонується як така, що має позитивні ефекти, але водночас створює низку ризиків. Найсерйознішою проблемою є кібербезпека. Сьогодні багато процесів або повною мірою здійснюються в цифровому середовищі, або мають цифрових двійників. Перехід до віддаленої роботи виявив потребу в розширенні заходів кібербезпеки: кількість персональних пристроїв для обміну корпоративними даними з недостатнім рівнем кіберзахисту зросла на 40%. У період карантинних обмежень у квітні 2020 року рішення з кібербезпеки посіли перше місце серед цифрових технологій за темпами зростання витрат (84%). Для порівняння, показники за гібридними та хмарними сховищами даних і системами штучного інтелекту становили 74 і 59% відповідно [24].

Іншим ризиком, що викликає найбільше занепокоєння суспільства, є втрата робочих місць через діджиталізацію. Це, насамперед, стосується галузей, де рутинні процедури є звичними (наприклад, промисловість, будівництво тощо) [25]. Багато з існуючих ризиків мають бути значно пом'якшені шляхом запровадження нових норм регулювання. За даними Міжнародного союзу електрозв'язку, законодавство відіграє вирішальну роль у цифровій трансформації. Однак сьогодні лише 8 % країн мають комплексні регуляторні системи [26].

Зосередимо увагу на пріоритетах розвитку цифрової трансформації промислового сектору. Вона базується на схожих концепціях: Індустрії 4.0 та «фабрики майбутнього», включаючи цифрові (*digital*), розумні (*smart*) та віртуальні (*virtual*) фабрики. Вказані концепції передбачають оцифрування життєвого циклу виробів, використання цифрових моделей (двійників) для нових продуктів і виробничих процесів, а також широке використання цифрових платформ. Ці концепції в основному базуються на різних передових технологіях, таких як віртуальне моделювання, Інтернет речей, робототехніка, штучний інтелект, великі дані, хмарні обчислення, предиктивна аналітика та адитивне виробництво [27].

Найважливішим елементом цифрової трансформації промислового сектору на етапі розробки продукту є впровадження технологій комп'ютерного та суперкомп'ютерного моделювання та «розумних» цифрових моделей (цифрових двійників), що створюються з урахуванням цільових характеристик продуктів, з одного боку, та ресурсних обмежень, з іншого, з подальшим проведенням віртуальних випробувань, оптимізацією та навіть віртуальною сертифікацією. Базою для їх застосування є сімейство програмних продуктів для проектування та комп'ютерного інжинірингу на основі математичного та імітаційного моделювання (CAD, CAM, CAE тощо), керування життєвим циклом продукту (PLM).

Розумні фабрики характеризуються повністю автоматизованим (роботизованим) виробництвом, де управління всіма процесами здійснюється в режимі реального часу з урахуванням умов, що постійно змінюються. Це досягається насамперед завдяки поєднанню технологій Інтернету речей, аналітики великих даних та інформаційних систем управління виробництвом і бізнес-процесами (MES, SCM, ICS, ERP, EAS, ERP і CALS-технологій) [23]. Кіберфізичні системи створюють віртуальні копії реальних виробничих об'єктів, контролюють фізичні процеси та приймають децентралізовані рішення. Такі системи можуть бути самонавчальними, саморегульованими та мережевими. Ефективність концепції Індустрії 4.0 може бути досягнута лише за умов налагодження процесів збору, аналізу та обміну даними. Роботи (в тому числі колаборативні), адитивні технології (3D і 4D-друк), промислові аватари, керовані через нейронні інтерфейси, та інші рішення також широко використовуються на розумних фабриках.

У сфері післяпродажного обслуговування, яке дедалі частіше визнається самостійною ціннісною пропозицією і незалежним джерелом доходу, цифрові технології сприяють переходу до сервісної бізнес-моделі («продукт як послуга») і прогностичного обслуговування (від «планового обслуговування» до «обслуговування на основі стану»). Це стає можливим, зокрема, завдяки аналізу великих обсягів даних про досвід користувачів і даних з пристроїв Інтернету речей, приєднаних до продуктів.

Цифрова трансформація промисловості не лише зменшує витрати, підвищує продуктивність праці та якість продукції, але й скорочує час виходу продуктів на ринок, уможливорює масову кастомізацію та гнучке виробництво.

Порівняно з традиційними підходами, що передбачають виготовлення фізичного прототипу та польові випробування, розробка продукту на основі технологій цифрових двійників дає змогу зменшити кількість помилок при проектуванні та заощадити до 10 і більше разів час, гроші та інші ресурси. Впровадження цифрового двійника дає змогу прогнозувати реакцію обладнання на експлуатаційні навантаження з точністю до 95%, знижуючи при цьому операційні витрати складних промислових комплексів на 5–10% [28]. Цифрове моделювання та циф-

ровий двійник також дають змогу враховувати глобальну конкурентоспроможність та високі вимоги споживачів, підвищуючи рівень кастомізації.

Аналіз великих даних, у тому числі отриманих від обладнання Інтернету речей, використовується для прийняття (вдосконалення) рішень, підвищення ефективності промислового виробництва та логістики, моніторингу стану основних фондів та їх прогностичного обслуговування.

Використання промислових роботів дає змогу скоротити витрати на робочу силу, забезпечити стабільно високу якість продукції та підвищити технічну гнучкість виробництва. Наприклад, на заводі з виробництва бритв «Philips» у Нідерландах працює 128 роботів у неосвітленому приміщенні, а обслуговують їх лише дев'ять працівників.

Основними перевагами 3D-друку в промисловості є прискорення виробництва та створення прототипів, економія сировини та мінімізація відходів; основними майбутніми напрямками зростання 3D-друку є створення нових матеріалів та 3D-друк металами.

Аналіз інтенсивності впровадження цифрових технологій у різних регіонах світу довів, що більшість галузей промисловості характеризуються середнім та високим рівнями їх поширення [28]. Світовими лідерами цифрової трансформації промисловості є країни Азійсько-Тихоокеанського регіону (Китай, Японія та Південна Корея), Великобританія, США, Канада Європейський Союз (Франція та Німеччина).

Глобальна увага до цифрової трансформації відображається в географічному розподілі витрат. На США у 2023 році на цифрову трансформацію припадає 35,8% світових витрат. Ця цифра майже збігається з Азійсько-Тихоокеанським регіоном (включаючи Японію та Китай) з часткою витрат у 33,5%. А регіон Європи, Близького Сходу та Африки (ЕМЕА) у цьому році на цифрову трансформацію забезпечив 26,8% світових витрат [29].

Країни Азійсько-Тихоокеанського регіону та США лідирують у сфері роботизованого виробництва та 3D-друку. Для організації виробництва широко застосовуються промисловий Інтернет речей (часто використовується у виробництві електроніки, наприклад, на заводах «General Electric» у США) та технологія розподіленого реєстру (використовується у плануванні ресурсів для промислових підприємств, зокрема, в авіаційній галузі компанією «IFS» у Швеції) [30]. Технологія цифрових двійників поширена в машинобудуванні та приладобудуванні, а технологія цифрових двійників виробництва – у фармацевтичній та медичній галузях. Спектр застосування штучного інтелекту розширюється.

До передових цифрових технологій, які в майбутньому привертатимуть найбільшу увагу в промисловому секторі, належать нейротехнології, штучний інтелект, технології бездротового зв'язку, нові виробничі технології та технології віртуальної й доповненої реальності (табл. 1).

Таблиця 1

Передові цифрові технології для промислового сектору

Технології	Експертне обґрунтування
Група «Нейротехнології та штучний інтелект»	
Рекомендаційні системи та інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень	У сфері промислової автоматизації рекомендаційні системи та інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень мають максимально широкий спектр застосування. Такі системи можуть використовуватися на верхньому рівні прийняття рішень в контексті комплексної автоматизації підприємства і надавати стратегічні та оперативні рекомендації для керівництва компанії в усіх аспектах, від логістики і збуту готової продукції до управління проектами і процесами, управління персоналом і загального стратегічного управління. У той же час, існує кілька специфічних викликів у застосуванні цієї технології: <ul style="list-style-type: none"> – управління роботизованим виробництвом і гнучкими виробничими системами до побудови автоматизованих заводів; – управління промисловими відходами та захист навколишнього середовища; – управління промисловими відходами та захист навколишнього середовища; – прогнозування, запобігання та інтелектуальне управління процесами для усунення наслідків інцидентів та аварій на промислових підприємствах
Комп'ютерний зір	Комп'ютерний зір має здійснити революцію у виробництві у двох сферах: моніторинг вимог безпеки персоналу та адаптивний контроль роботів. Ці два напрями вже знаходяться на стадії розробки або практичного використання в промисловості. Людський зір є одним з найважливіших сенсорних органів для отримання інформації про навколишнє середовище і прийняття рішень, і стає основним штучним органом чуття у сферах забезпечення якості та контролю траєкторії руху мобільних роботів
Обробка природної мови	Останніми роками технології обробки природної мови стали широко використовуватися в промисловості. Такі програми включають «семантичні» корпоративні пошукові системи, класифікатори документів, розпізнавачі мови та віртуальні асистенти (чат-боти)
Перспективні методи та технології штучного інтелекту	Технологія штучного інтелекту продовжує використовуватися в усіх галузях промисловості для покращення якості продукції та послуг і зниження витрат. На промислових підприємствах штучний інтелект пройшов шлях від використання напівавтоматичних роботів-маніпуляторів на гнучких виробничих лініях до керування автономними транспортними засобами, які пересуваються між заводськими цехами та дільницями. Перспективні методи і технології штучного інтелекту перетворюють промислові підприємства на автоматизовані фабрики, побудовані як виробничо-економічні ланцюги, які оптимізують промисловість
Нейро-інтерфейси, нейростимуляція та нейросенсинг	Перспективними сферами застосування нейротехнологій у промисловості є оперативне управління складними промисловими об'єктами та створення інструментів підтримки розподілених груп. На небезпечних виробництвах і в місцях, недоступних для людини за фізичних причин, перспективним є використання у промислових застосунках віртуальних людиноподібних персонажів, так званих аватарів
Група «Нові виробничі технології»	
Технології «розумного» виробництва (Smart Manufacturing)	Поточне використання рішень на основі таких технологій залишається на середньому рівні через складність інтеграції наявних на підприємстві різнорідних систем (ERP, MES, MDM тощо), а також потребу у висококваліфікованому персоналі (ІТ-директорів, директорів з цифрового розвитку). З огляду на майбутні виклики у сфері формування цифрової економіки та реалізації пріоритетних національних проєктів, необхідна інтеграція систем на основі нових архітектур і стандартів для створення цифрового підприємства
Група «Компоненти робототехніки та сенсорика»	
Сенсори та цифрові компоненти робототехнічного комплексу для людино-машинної взаємодії	Використання роботів в єдиному робочому просторі збільшує швидкість виробничих процесів. Такі системи використовуються для складання і клепок. Підвищення автономності та інтелекту роботів може збільшити їхню частку на ринку
Група «Технології бездротового зв'язку»	
WAN (Wide Area Network)	Використання WAN-мереж на базі частотного діапазону 5G є єдиним можливим варіантом підтримки бездротового зв'язку для впровадження якісно нових сервісів в індустрії промислової автоматизації
RFID (Radio Frequency Identification)	Технологія RFID широко використовується в різних галузях, і масштаби її застосування постійно зростають. Все частіше такі технології використовуються в поєднанні з рішеннями WLAN та іншими рішеннями, що призводить до значного розширення сфер застосування
Група «Технології віртуальної та доповненої реальності»	
Платформні рішення для користувачів: редактори створення контенту та його дистрибуції	Для того, щоб збільшити використання технологій VR/AR на промислових підприємствах, важливо запровадити універсальні інструменти для створення, редагування та розповсюдження VR/AR контенту, такі як бібліотеки шаблонів і цифрових об'єктів, які спрощують і прискорюють створення VR/AR контенту та його дистрибуцію
Технології оптимізації передачі даних для VR/AR	Зі зростанням попиту на технологію VR/AR на промислових підприємствах існуючі засоби зв'язку та протоколи передачі даних не можуть забезпечити необхідну затримку (< 20 мс) для комфортного перебування у VR/AR-симуляціях, очікується, що попит на рішення для оптимізації передачі даних для VR/AR зростатиме

Основними пріоритетами реалізації цифрової трансформації на основі імплементації європейського досвіду є такі.

Цифрові навички. Цей пріоритет охоплює комплекс цілей, пов'язаних із необхідністю формування достатнього рівня знаннєвого потенціалу людського капіталу в контексті використання цифрових технологій. Можливість імплементації тих чи інших цифрових рішень вимагає, першою чергою, володіння потенційними споживачами цифрового продукту або послуги та її виконавцями базовими цифровими навичками, інакше ефективність відповідної цифрової модернізації буде мати інкапсульований характер, тобто обмежений лише певною ізольованою групою користувачів. До ключових завдань відносимо досягнення високого рівня базових цифрових навичок (понад 80 %) з метою скорочення цифро-

вого розриву, а також збільшення кількості компетентних кадрів у секторі інформаційних технологій шляхом розширення можливостей відповідних навчальних закладів із дотриманням гендерного балансу. Експертне анкетування 116 керівників з 18 країн світу, проведене фахівцями Технічного університету в Мюнхені спільно з SAP і IDT [31], дало змогу встановити, що для ефективного впровадження цифрових технологій для бізнес-інновацій недостатньо тільки технологічних навичок. 84% респондентів вважають, що навички управління змінами в бізнесі є важливими для цифрової трансформації. При цьому тільки 15% фахівців притримуються думки, що володіють навичками, необхідними для реалізації цифрових процесів, у той час як 64% – не володіють подібними компетенціями (табл. 2).

Таблиця 2

Навички, які доступні та необхідні для цифрової трансформації з метою підвищення ефективності бізнес-процесів [31]

Навички	Питома вага навичок, %	
	доступних на підприємствах для цифрової трансформації	необхідних для цифрової трансформації
Соціальні медіа	57	63
Хмарні обчислення	49	76
Мобільні технології	46	87
Управління змінами в бізнесі	46	84
Цифрова безпека	45	88
Бази даних і пам'яті	43	65
Бізнес-мережі	42	71
Інтеграція продукт / сервіс	36	66
Аналітика Big Data	34	84
Інтернет речей	32	75
Нові інтерфейси	29	50
Блокчейн	24	36
Штучний інтелект	21	56

Безпечна та стійка цифрова інфраструктура. Цей пріоритет охоплює комплекс цілей, які включають телекомунікаційну інфраструктуру, сприяння розвитку високотехнологічних напівпровідників та інших цифрових інновацій, активізуючи процес досягнення кліматичної нейтральності шляхом використання цифрових аналогів у здійсненні традиційних адміністративних та економічних процедур і процесів та забезпечуючи при цьому дотримання принципів сталості самих цифрових технологій.

Цифрова трансформація також включає цілі, пов'язані зі сприянням використанню підприємствами передових цифрових технологій, застосуванням стимулюючих фінансових інструментів проектного фінансування інноваційних розробок у сфері цифровізації та забезпеченням глибокого проникнення базових цифрових технологій у бізнес-процеси промислових підприємств.

Цифрова трансформація можлива лише в процесі досягнення повної цифрової зрілості підприємства або галузі загалом, послідовного проходження необхідних етапів впровадження цифрових технологій. Це завдання ускладнюється ще й тим, що більшість взаємопов'язаних цифрових технологій необ-

хідно впроваджувати одночасно. Так, впровадження PLM, MES та ERP-систем має вирішальне значення для організації ефективного виробництва з багатьма стадіями обробки та множинною інтеграцією кінцевих продуктів (наприклад, літакобудування, суднобудування, автомобілебудування). У той же час, ефективна ERP-система не може бути реалізована без широкомасштабного впровадження MES-системи. Водночас цифрова трансформація промисловості часто вимагає інтеграції низки нових технологій в умови інфраструктури, які не були адаптовані.

Отже, на швидкість цифрової трансформації промислових підприємств впливає, з одного боку, розріз результатів діяльності у сфері інформаційних технологій (розвинутість ІТ-сектору, зокрема здатність до генерації інноваційних цифрових рішень та їх функціональної адаптації, наявність кваліфікованих фахівців, економічний потенціал підприємства), а з іншого, загальна ефективність діяльності підприємства, спроможність їх господарського потенціалу (техніко-технологічного, фінансового, кадрового, інформаційного забезпечення) до імплементації сучасних цифрових рішень.

Кожна галузь відрізняється за бізнес-моделлю та місцем у ланцюжку створення вартості, технологічним рівнем та цифровою зрілістю, готовністю до змін, специфікою генерування та використання даних, економічними умовами та іншими параметрами. Тому, враховуючи специфіку кожної галузі, необхідний диференційований підхід до державної підтримки цифрової трансформації галузі.

Зробимо спробу визначити ключові проблеми розвитку процесів цифрової трансформації промисловості в контексті відповідних нормативно-правових актів в умовах воєнного стану. До них пропонується віднести наступні:

- невідповідність між темпами розвитку нормативно-правової бази та процесом цифрового розвитку. Поява низки нерегульованих сфер, пов'язаних з цифровими інноваціями, які активно використовуються гравцями ринку за відсутності регуляторної бази (наприклад, штучний інтелект, інтернет речей);

- недосконалість національної нормативно-правової бази у сферах захисту персональних даних та захисту інтелектуальної власності, які є основою для надання правової допомоги розробникам, споживачам та користувачам цифрових продуктів і послуг;

- низький рівень цифрової грамотності з точки зору базових навичок роботи з інформаційними технологіями та значний дисбаланс у відповідних показниках;

- недосконалість ринків інвестиційного капіталу (що є стримуючим чинником для реалізації інноваційних проєктів цифровізації та фінансування цифрової трансформації бізнесу);

- необхідність збільшення потужності цифрової інфраструктури з точки зору рівня оцифрування даних мобільного інтернету, фіксованого інтернету та національного реєстру, а також ступеня охоплення їхньої інтероперабельності;

- необхідність спрямування значних видатків на потреби національної оборони обмежує ресурси для інструментів стимулювання процесу цифровізації;

- пріоритизація напрямів цифрової трансформації державного управління під впливом соціально-економічної ситуації в умовах воєнного стану;

- посилення кіберзагроз та кібертероризму з боку ворожих держав як проти державних інституцій, так і проти бізнес-середовища.

Розвиток цифрової трансформації промисловості є актуальним і складним завданням, яке необхідно вирішувати, насамперед, на державному рівні. Пропонуємо перелік першочергових заходів з боку держави:

- забезпечення узгодження прийнятих стратегічних положень за відповідними пріоритетами та цільовими показниками, а також гармонізація основних принципів політики цифровізації та інструментів її практичної реалізації;

- інтегрування підходів щодо реалізації державними органами програм стимулювання процесів цифровізації, створення спільних механізмів організації виконання проєктів цифрової трансформації галузей, цільова пріоритизація напрямів розвитку цифровізації;

- розробка універсальних загальних положень, що визначають функції органів влади різних рівнів у сфері координації оцифрування, конкретизують їхню компетенцію, підтримують оперативну комунікацію та забезпечують гнучкість у прийнятті оперативних рішень.

- оновлення регуляторних норм відповідно до змін ринку діджитал-новацій захист інтелектуальних прав власності, міжвідомча координація;

- зняття проблем ациклічної цифровізації (проєктна допомога підприємствам в усуненні прогалин впровадження цифрових технологій у їх виробничих та збутових циклах);

- забезпечення доступу громадськості та бізнесу до процесів обговорення рішень у сфері цифровізації, створення освітніх платформ та установ з підтримки проєктів цифрових інновацій, консультування стейкхолдерів процесу цифрової трансформації;

- створення комунікаційної платформи для взаємодії, інформування та зворотного зв'язку підприємств та держави та можливостей щодо перспективи цифрової трансформації, а також застосування відповідного стимулюючого регулювання в контексті заохочення промислового сектору до імплементації сучасних цифрових рішень.

- побудова інфраструктури цифрової взаємодії всіх суб'єктів промислового виробництва на міжгалузевому рівні, що дасть змогу промисловим виробникам та споживачам інтегрувати технології та послуги;

- зниження рівня бюрократії в комунікації між центральними та місцевими органами влади та підприємствами, що досягається шляхом спрощення процесів або усунення деяких з них;

- розробка стратегії цифрової моделі освіти, створення національної програми розвитку інновацій та цифрової трансформації освіти, розбудова інфраструктури для підтримки цифрової моделі освіти, створення когорт цифрових лідерів у сфері освіти задля досягнення мети цифровізації освіти з урахуванням євроінтеграційних вимог;

- розробка стійких механізмів захисту віртуальної та фізичної інфраструктури цифрових послуг з метою запобігання крадіжці та незаконному розповсюдженню персональних даних користувачів, у тому числі кібертероризму.

- створення цифровізованого формату надання державних адміністративних послуг онлайн, застосування хмарних сервісів, використання технологій блокчейн у сфері державної реєстрації, розробка загальної бази універсальних цифрових рішень для підприємств, цифрові застосунки у сфері освіти;

– формування єдиної довгострокової стратегії модернізації промисловості з використанням технологій Індустрії 4.0;

– сприяння розвитку цифрових підприємств; законодавче закріплення норм і правил, необхідних для регулювання процесу цифрової трансформації; державна підтримка експортної діяльності промислових підприємств;

– усунення правових та фінансових обмежень для залучення інвестицій;

– залучення інструментарію податкового стимулювання з метою прискорення процесів цифрової трансформації промислових підприємств;

– вдосконалення нормативно-правового забезпечення у сфері інтелектуальної власності (завершення інституціоналізації профільних судових інстанцій, вирішення проблем цифрового піратства, поглиблення інтеграції у міжнародну правову систему захисту прав інтелектуальної власності);

– забезпечення повноти нормативно-правового регулювання сфери електронної комерції та надання цифрових послуг, їх гармонізація з європейськими нормами;

– ухвалення законопроекту про внесення змін до статті 115 Закону України «Про електронні комунікації», що сприятиме розгортанню та стабільній роботі високошвидкісних електронних комунікаційних мереж і доступу до цифрових систем, або систем, що виконують еквівалентні функції;

– розробка чітких механізмів практичної імплементації стратегічних та програмних положень стимулювання процесів цифрової трансформації промислового сектору в розрізі відповідних правових та організаційно-економічних положень;

– розвиток науково-дослідницької діяльності, розробка та реалізація програм підтримки створення інноваційних стартапів та підприємств, впровадження інноваційних методів навчання у вищій освіті, розробка та реалізація освітніх програм з цифрової грамотності, сприяння розвитку наукового потенціалу.

– розвиток цифрових платформ талантів.

Заходи, що створюють умови для прискореної цифровізації на рівні підприємства:

– розробка стратегій впровадження цифрових технологій;

– тісна співпраця з цифровими компаніями, дослідницькими центрами та місцевими органами влади;

– Сприяння повному розгортанню «локальної» цифровізації (впровадження та практична оптимізація цифрових технологій у всіх основних виробничих процесах на кожному підприємстві);

– еволюційна інтеграція з legacy-системами;

– забезпечення гнучкого моніторингу проблем та успіхів цифровізації та активна взаємодія з виробничими майданчиками;

– покращення взаємовідносин бізнес-партнерів на основі цифрової платформи, організація прикладних досліджень та пошук нових перспективних бізнес-рішень через співпрацю;

– створення мережі навчально-консультаційних центрів, у тому числі на базі профільних університетів;

– розвиток цифрових платформ талантів;

– підвищення цифрової зрілості працівників підприємства;

– організаційна трансформація; наявність центру компетенцій;

– створення широкодоступних платформ для навчання працівників базовим цифровим навичкам, поширення відповідних матеріалів через найпопулярніші інформаційні канали;

– формування нових моделей споживчої поведінки;

– оптимізація та реінжиніринг бізнес-процесів;

– формування базису актуальних технологічних рішень, на основі якого вибудовуватимуться процеси цифровізації;

– покращення цифрової культури;

– створення на підприємстві спеціального підрозділу та посади директора з цифрової трансформації, що відповідає за цифрову стратегію.

Висновки. Згідно з дослідженням, найважливішими рисами глобалізації сучасної економіки є перехід до цифрової економіки та цифрова трансформація бізнес-процесів і процесів управління. Остання включає розробку та реалізацію цифрових стратегій та бізнес-моделей розвитку суб'єктів господарювання. Ключовою ознакою цифрової трансформації є якісні зміни в бізнес-процесах і моделях діяльності, що виникають у межах цифрових платформ, і значні соціально-економічні ефекти від реалізації. Цифрова трансформація передбачає не лише впровадження цифрових технологій, а й трансформацію численних горизонтальних і вертикальних бізнес-процесів, оптимізацію операційних процедур та зміну усталених моделей і форм взаємодії між учасниками ланцюжка створення вартості. Нові технологічні рішення вимагають комплементарних інвестицій для вдосконалення організаційних практик та розвитку компетенцій працівників у контексті обробки даних і цифрових рішень.

Інноваційний розвиток промисловості на основі цифрової трансформації має відповідні переваги, які сприятимуть: підвищенню конкурентоспроможності товарів та послуг; зменшенню витрат на виробництво товарів та послуг; розширенню асортименту продукції; збільшенню покупної спроможності за рахунок Інтернет продажів; появі нових професій; розвитку інноваційних технологій в цьому сегменті; гнучкості системи освіти всіх рівнів; покращенню якості життя населення загалом. До визначних переваг цифрової трансформації можна віднести високу інвестиційну привабливість цих проєктів, що призводить до збільшення інвестицій у майбутньому, а також високий рівень інноваційної активності на підприємствах, що забезпечує покращення конкурентних позицій та бізнес-цінність. Наявні бар'єри щодо розвитку цифрової трансформації промислового сектору полягають у такому: гетерогенність інструментарію державної

політики цифрової трансформації, наявність відповідних структурних диспропорцій економічного потенціалу; значний цифровий розрив як окремих видів соціальної диференціації, обмеженість інструментального забезпечення податкового стимулювання процесів цифрової трансформації; наявність високих психологічних бар'єрів сприйняття інноваційних продуктів потенційними споживачами; недосконалість цифрової інфраструктури, яка проявляється у низькому рівні покриття; наявність високих психологічних бар'єрів сприйняття інноваційних про-

дуктів потенційними споживачами; низький рівень цифрової грамотності з точки зору базових навичок роботи з інформаційними технологіями; загрози економічній безпеці, насамперед, кібер- і військово-промислової безпеці.

Цифрова трансформація промислового сектору в кінцевому підсумку призведе до створення гнучкого, високоефективного, децентралізованого мережевого виробництва на основі цифрових платформ, які об'єднують всіх учасників ланцюжка створення вартості в єдину екосистему.

Література

1. Comparative Industry Service. S&P Global Market Intelligence. 2023. URL: <https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/mi/products/global-industry-forecasts-analysis.html>.
2. Островська Г. Й. Впровадження технологій передового цифрового виробництва в рамках концепції сталого розвитку: проблеми та перспективи. *Економічний вісник Донбасу*. 2022. № 1 (67). С. 59–68. DOI: [https://doi.org/10.12958/1817-3772-2022-1\(67\)-59-68](https://doi.org/10.12958/1817-3772-2022-1(67)-59-68).
3. Україна Український ІТ-експорт досяг у 2022 році рекордних \$7,3 млрд. URL: <https://forbes.ua/innovations/ukraini-ukrainskiy-it-eksport-dosyag-u-2022-rotsi...>
4. Ostrovska H., Ostrovskyy O. Digital management in the innovative development of industrial enterprises. *Вісник Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького. Серія «Економічні науки»*. 2023. Т. 27. № 1–2. С. 53–61. DOI: <https://doi.org/10.31651/2076-5843-2023-1-2-53-61>.
5. Smart Nations. Singapore. National Artificial Intelligence Strategy. 2023. URL: <https://www.smartnation.gov.sg/media-hub/press-releases/04122023/>.
6. Federal Communications Commission. FCC Fights COVID-19 with \$200M; Adopts Long-term Connected Care Study. 2020. URL: <https://www.fcc.gov/coronavirus>.
7. Gesetzentwurf der Fraktionen der CDU/CSU und SPD. Entwurf eines Gesetzes für ein Zukunftsprogramm Krankenhäuser (Krankenhauszukunftsgesetz – KHZG). 2020. URL: <https://dip.bundestag.de/drucksache/zu-dem-gesetzentwurf-der-fraktionen-der-cdu-csu-und-spd-drucksache/242984>.
8. Цифрова трансформація економіки України в умовах війни. 2023. URL: <https://niss.gov.ua/news/komentari-ekspertiv/tsyfrova-transformatsiya-ekonomiky-ukrayiny-v-umovakh-viyny-zhovten-2023>.
9. Ляшенко В. І., Вишневецький О. С. Цифрова модернізація економіки України як можливість проривного розвитку: моногр. Київ, 2018. 252 с.
10. Струтинська І. Організація та управління цифровою трансформацією бізнес-структур: теорія, методологія, практика: моногр. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2020. 475 с.
11. Воронкова В. Г., Нікітенко В. О. Філософія цифрової людини і цифрового суспільства: теорія і практика: моногр. Liha-Pres, 2022. 460 с. URL: <https://dspace.znu.edu.ua/jspui/handle/12345/6591>.
12. Разумей Г. Ю., Разумей М. М. Діджиталізація публічного управління як складник цифрової трансформації України. *Публічне управління та митне адміністрування*. 2020. № 2(25). С. 139–145. DOI: <https://doi.org/10.32836/2310-9653-2020-2.25>.
13. Бочарова Ю. Г., Чернега О. Б., Кожухова Т. В. Діджиталізація та цифрові трансформації в ЄС. *Економіка і організація управління*. 2021. 2 (42). С. 6–19. DOI: <https://doi.org/10.31558/2307-2318.2021.2.1>.
14. Мельник Л. Г., Карінцева О. І., Кубатко О. В., Сотник І. М., Завдов'єва Ю. М. Цифровізація економічних систем та людський капітал: підприємство, регіон, народне господарство. *Механізм регулювання економіки*. 2020. № 2. С. 9–28. DOI: <https://doi.org/10.21272/mej.2020.88.01>.
15. Федулова Л. І. Національна інноваційна система в умовах цифровізації. *Економічна теорія та право*. 2018. № 4. С. 44–64. DOI: <https://doi.org/10.31359/2411-5584-2018-35-4-44>.
16. Statista. Digital Economy Compass 2022. URL: <https://www.statista.com/study/128160/digital-economy-compass-2022/>.
17. IDC. Global ICT Spending. Forecast 2020–2023. URL: <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS50554323>.
18. State OF Digital Communications 2023. European Telecommunications Network Operators' Association. URL: <https://etno.eu/downloads/reports/etno-state%20of%20digital%20communications%202023.pdf>.
19. Островська Г. Й., Островський О. Т. Застосування інтелектуальних інформаційних систем в контексті управління промисловими підприємствами. *Маркетинг і цифрові технології*. 2023. Том 7, № 1. С. 69–81. DOI: <https://doi.org/10.15276/mdt.7.1.2023.5>.
20. SOSV. Deep Tech Trends. 2022. URL: <https://indiebio.co/why-sosv-and-indiebio-had-a-stunning-2021/>.
21. CB Insights. 12 Tech Trends to Watch Closely in 2021. 2021. URL: <https://www.cbinsights.com/research/report/top-tech-trends-2021/>.
22. Statista. Digital Economy Compass 2020. 2020. URL: <https://www.statista.com/study/83121/digital-economy-compass/>.
23. Ostrovska, H., Tsikh, H., Strutynska, I., Kinash, I., Pietukhova, O., Golovnya, O., Shehynska, N. Building an effective model of intelligent entrepreneurship development in digital economy. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 6 (13 (114)). P. 49–59. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.244916>.
24. Statista. Digital Economy Compass 2021. 2021. URL: <https://www.statista.com/study/105653/digital-economy-compass/>.
25. European Commission. Shaping the Digital Transformation in Europe. 2020. URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/shaping-digital-transformation-europe>.
26. ITU. Global ICT Regulatory Outlook 2020. 2020. URL: https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/pref/D-PREF-BB.REG_OUT01-2020-PDF-E.pdf.
27. Островська Г. Й., Островський О. Т. Штучний інтелект в умовах сучасних підприємств та маркетингових кампаній: ефективні інструменти та перспективи розвитку. *Маркетинг і цифрові технології*. 2023. Том 7, № 3. С. 66–82. DOI: <https://doi.org/10.15276/mdt.7.3.2023.5>.

28. OECD. Measuring the Digital Transformation: A Roadmap for the Future. 2019. URL: <https://www.oecd.org/publications/measuring-the-digital-transformation-9789264311992-en.htm>.
29. Worldwide Digital Transformation Spending Forecast to Continue Its Double-Digit Growth Trajectory, According to IDC Spending Guide. 2023. URL: <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS51352323>.
30. OECD. The Digitalisation of Science, Technology and Innovation. 2020. URL: https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/the-digitalisation-of-science-technology-and-innovation_b9e4a2c0-en.
31. Hoberg P., Krcmar H., Welz B. Skills for Digital Transformation. Research Report 2017. Garching: Technical University of Munich, 2017. 10 p.

References

1. Comparative Industry Service. (2023). S&P Global Market Intelligence. Retrieved from <https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/mi/products/global-industry-forecasts-analysis.html>.
2. Ostrovska, H. Y. (2022). Vprovadzhennia tekhnologii peredovoho tsyfrovoho vyrobnytstva v ramkakh kontseptsii staloho rozvytku: problemy ta perspektyvy [Implementation of advanced digital production technologies within the framework of sustainable development concept: problems and prospects]. *Ekonomichnyi visnyk Donbasu – Economic Herald of the Donbas*, 1(67), 59–68. DOI: [https://doi.org/10.12958/1817-3772-2022-1\(67\)-59-68](https://doi.org/10.12958/1817-3772-2022-1(67)-59-68) [in Ukrainian].
3. Ukraina Ukrainyskyi IT-eksport dosiah u 2022 rotsi rekordnykh \$7,3 mlrd [Ukrainian IT export reached a record \$7.3 billion in 2022]. Retrieved from <https://forbes.ua/innovations/ukrainskiy-it-eksport-dosyag-u-2022-rotsi...> [in Ukrainian].
4. Ostrovska, H., Ostrovskyy, O. (2023). Digital management in the innovative development of industrial enterprises. *Visnyk Cherkaskoho natsionalnoho universytetu imeni Bohdana Khmelnytskoho – Bulletin of the Cherkasy Bohdan Khmelnytsky national university*, Vol. 27, no. 1–2, pp. 53–61. DOI: <https://doi.org/10.31651/2076-5843-2023-1-2-53-61>.
5. Smart Nations. (2023). Singapore. National Artificial Intelligence Strategy. Retrieved from <https://www.smartnation.gov.sg/media-hub/press-releases/04122023/>.
6. Federal Communications Commission. (2020). FCC Fights COVID-19 with \$200M; Adopts Long-term Connected Care Study. Retrieved from <https://www.fcc.gov/coronavirus>.
7. Gesetzentwurf der Fraktionen der CDU/CSU und SPD. (2020). Entwurf eines Gesetzes für ein Zukunftsprogramm Krankenhäuser (Krankenhauszukunftsgesetz – KHZG). Retrieved from <https://dip.bundestag.de/drucksache/zu-dem-gesetzentwurf-der-fraktionen-der-cdu-csu-und-spd-drucksache/242984>.
8. Tsyfrova transformatsiia ekonomiky Ukrainy v umovakh viiny [Digital transformation of Ukraine's economy in war conditions]. (2023). Retrieved from <https://niss.gov.ua/news/komentari-ekspertiv/tsyfrova-transformatsiya-ekonomiky-ukrayiny-v-umovakh-viiny-zhovten-2023> [in Ukrainian].
9. Liashenko, V. I., Vyshnevskyy, O. S. (2018). Tsyfrova modernizatsiia ekonomiky Ukrainy yak mozhlyvist proryvnoho rozvytku [Digital modernization of Ukraine's economy as an opportunity for breakthrough development]. Kyiv, IIE of NAS of Ukraine [in Ukrainian].
10. Strutynska, I. (2020). Orhanizatsiia ta upravlinnia tsyfrovou transformatsiieu biznes-struktur: teoriia, metodolohiia, praktyka [Organization and management of business structures digital transformation: theory, methodology, practice]. Ternopil, FOP Palyanitsa V. A. [in Ukrainian].
11. Voronkova, V. H., Nikitenko, V. O. (2022). Filosofii tsyfrovoi liudyny i tsyfrovoho suspilstva: teoriia i praktyka [Philosophy of digital man and digital society: theory and practice]. Liha-Press. Retrieved from: <https://dspace.znu.edu.ua/jspui/handle/12345/6591> [in Ukrainian].
12. Razumei, H. Yu., Razumei, M. M. (2020). Didzhitalizatsiia publichnoho upravlinnia yak skladnyk tsyfrovoy transformatsii Ukrainy [Digitization of public administration as a component of digital transformation of Ukraine]. *Publichne upravlinnia ta mytne administruvannia – Public administration and customs administration*, 2 (25), pp. 139–145. DOI: <https://doi.org/10.32836/2310-9653-2020-2.25> [in Ukrainian].
13. Bocharova, Yu. H., Cherneha, O. B., Kozhukhova, T. V. (2021). Didzhitalizatsiia ta tsyfrovi transformatsii v YeS [Digitalization and digital transformations in the EU]. *Ekonomika i orhanizatsiia upravlinnia – Economics and Organization of Management*, 2 (42), pp. 6–19. DOI: <https://doi.org/10.31558/2307-2318.2021.2.1> [in Ukrainian].
14. Melnyk, L. H., Karintseva, O. I., Kubatko, O. V., Sotnyk, I. M., Zavidovieva, Yu. M. (2020). Tsyfrovizatsiia ekonomichnykh system ta liudskyi kapital: pidpriemstvo, rehion, narodne gospodarstvo [Digitization of Economic Systems and Human Capital: Enterprise, Region, National Economy]. *Mekhanizm rehulivannia ekonomiky – Mechanism of Economic Regulation*, 2, pp. 9–28. DOI: <https://doi.org/10.21272/mer.2020.88.01> [in Ukrainian].
15. Fedulova, L. I. (2018). Natsionalna innovatsiina sistema v umovakh tsyfrovizatsii [The national innovative system under conditions of digitalization]. *Ekonomichna teoriia ta pravo – Economic theory and law*, 4, pp. 44–64. DOI: <https://doi.org/10.31359/2411-5584-2018-35-4-44> [in Ukrainian].
16. Statista. Digital Economy Compass 2022. Retrieved from <https://www.statista.com/study/128160/digital-economy-compass-2022/>.
17. IDC. Global ICT Spending Forecast 2020–2023. Retrieved from <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS50554323>.
18. State OF Digital Communications 2023. European Telecommunications Network Operators' Association. Retrieved from <https://etno.eu/downloads/reports/etno-state%20of%20digital%20communications%202023.pdf>.
19. Ostrovska, H., Ostrovskyy, O. (2023). Zastosuvannia intelektualnykh informatsiinykh system v konteksti upravlinnia promyslovymy pidpriemstvamy [The application of intellectual information systems in the context of industrial enterprises management]. *Marketynh i tsyfrovi tekhnologii – Marketing and Digital Technologies*, Vol. 7, no. 1, pp. 69–81. DOI: <https://doi.org/10.15276/mdt.7.1.2023.5> [in Ukrainian].
20. SOSV. Deep Tech Trends. (2022). Retrieved from <https://indiebio.co/why-sosv-and-indiebio-had-a-stunning-2021/>.
21. CB Insights. 12 Tech Trends to Watch Closely in 2021. (2021). Retrieved from <https://www.cbinsights.com/research/report/top-tech-trends-2021/>.
22. Statista. Digital Economy Compass 2020. (2020). Retrieved from <https://www.statista.com/study/83121/digital-economy-compass/>.

23. Ostrovska, H., Tsikh, H., Strutynska, I., Kinash, I., Pietukhova, O., Golovnya, O., Shehynska, N. (2021). Building an effective model of intelligent entrepreneurship development in digital economy. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 6 (13 (114)), pp. 49–59. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.244916>.
24. Statista. Digital Economy Compass 2021. (2021). Retrieved from <https://www.statista.com/study/105653/digital-economy-compass/>.
25. European Commission. Shaping the Digital Transformation in Europe. (2020). Retrieved from <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/shaping-digital-transformation-europe>.
26. ITU. Global ICT Regulatory Outlook 2020. (2020). Retrieved from https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/pref/D-PREF-BB.REG_OUT01-2020-PDF-E.pdf.
27. Ostrovska, H., Ostrovskyy, O. (2023). Shtuchnyi intelekt v umovakh suchasnykh pidpriemstv ta marketynhovykh kampanii: efektyvni instrumenty ta perspektyvy rozvytku [Artificial intelligence in modern enterprises and marketing campaigns: effective tools and development prospects]. *Marketynh i tsyfrovi tekhnolohii – Marketing and Digital Technologies*, Vol. 7, no. 3, pp. 66–82. DOI: <https://doi.org/10.15276/mdt.7.3.2023.5> [in Ukrainian].
28. OECD. Measuring the Digital Transformation: A Roadmap for the Future. (2019). Retrieved from <https://www.oecd.org/publications/measuring-the-digital-transformation-9789264311992-en.htm>.
29. Worldwide Digital Transformation Spending Forecast to Continue Its Double-Digit Growth Trajectory, According to IDC Spending Guide. (2023). Retrieved from <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS51352323>.
30. OECD. The Digitalisation of Science, Technology and Innovation. (2020). Retrieved from https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/the-digitalisation-of-science-technology-and-innovation_b9e4a2c0-en.
31. Hoberg, P., Krcmar, H., Welz, B. (2017). Skills for Digital Transformation. Research Report 2017. Garching, Technical University of Munich.

Островська Г. Й., Островський О. Т. Цифрова трансформація промисловості: сучасні реалії та пріоритети розвитку

У статті досліджено ключові пріоритети цифрової трансформації промисловості та впливу її процесів на забезпечення прогресу досягнення цілей сталого розвитку. Доведено, що зміни в технологічній модальності призводять до змін у соціально-економічних системах, зокрема в інституційних, соціальних та економічних компонентах, а також у соціально-економічних відносинах між суб'єктами, що беруть участь у процесах цифрового середовища. Наголошується на необхідності та доцільності впровадження цифрової трансформації, яка зарекомендувала себе як рушій, що відкриває нові можливості розвитку промислових підприємств. Акцентується на сутності змін у бізнес-процесах, особливостях та галузевій специфіці цифрової трансформації. Дано авторське визначення категорії «цифрова трансформація». Охарактеризовано найбільш затребувані промисловим сектором передові цифрові технології. Досліджено європейський досвід надання цифрових послуг. Аргументовано, що цифрова трансформація дає змогу зменшити цифровий розрив за рівнем освоєння цифрових технологій. Виокремлено специфічні бар'єри та основні чинники гальмування цифрової трансформації вітчизняного промислового сектору. Розроблено рекомендації в контексті пріоритетів розвитку цифрової трансформації промисловості. Отримані результати поглиблюють теоретико-методичні засади управління процесами становлення і розвитку в Україні індустрії 4.0 в частині визначення пріоритетних напрямів впровадження цифрових технологій на вітчизняних промислових підприємствах.

Ключові слова: промисловість, цифровізація, цифрова трансформація, цифрове виробництво, цифрові технології, цифровий розрив, цифровий лідер.

Ostrovska H., Ostrovskyy O. Digital Transformation of Industry: Current Realities and Development Priorities

The article examines the digital transformation of industry key priorities and the impact of its processes on ensuring progress towards achieving sustainable development goals. It is proved that changes in the technological modality lead to changes in socio-economic systems, in particular in institutional, social and economic components, as well as in socio-economic relations between the actors involved in the processes of the digital environment. There is a strong accent for the need and importance of promoting digital transformation, which has proven to be a force that opens up new opportunities for the development of industrial enterprises. The focus is on the essence of changes in business processes, features and industry specifics of digital transformation. The author's definition of the category “digital transformation” is given. The greatest demands of the industrial sector are characterized by advanced digital technologies. The European experience of providing digital services is studied. It is reasoned that digital transformation makes it possible to reduce the digital divide in terms of the level of digital technology adoption. Specific barriers and the main factors inhibiting the digital transformation of the domestic industrial sector are identified. Recommendations are developed in the context of priorities for the development of industry digital transformation. The results obtained deepen the theoretical and methodological foundations for managing the processes of Industry 4.0 formation and development in Ukraine in terms of identifying priority areas for the introduction of digital technologies at domestic industrial enterprises.

Keywords: industry, digitalization, digital transformation, digital production, digital technologies, digital divide, digital leader.

Стаття надійшла до редакції 17.01.2024