

Є. К. Корцеллі-Олейнічак, Л. П. Казьмір

Цифровізація промислових систем: концептуальна сутність та ключові чинники

Прогрес цифрових технологій відкриває нові можливості для економічного зростання загалом та активізації промислового виробництва зокрема. У межах багаторівневого структурно-функціонального підходу висвітлено сутність, основні переваги та проблемні аспекти цифровізації промислових систем локального, регіонального та національного рівнів, а також виділено ключові чинники успішної модернізації процесів проектування, виробництва та споживання промислової продукції під впливом залучення інформаційно-цифрових технологій. Розглянуто напрями модернізації системи управління промисловим розвитком в Україні. Запропоновано матричну структуру формування програмних завдань з підтримки цифровізації промислової системи регіону, що дозволить скоординувати діяльність органів державної влади, місцевого самоврядування, наукових та освітніх установ, бізнесу, громадських організацій для підтримки заходів, що сприяють цифровізації промислової системи регіону, генеруванню та адсорбції відповідних інновацій. Для успішної цифровізації промислових систем локального рівня запропоновано широке використання методів бенчмаркінгу.

Ключові слова: промислові системи, цифровізація, Індустрія 4.0, багаторівневий структурно-функціональний підхід, рівні управління, регіональні програми.

Постановка проблеми. Питання, безпосередньо пов'язані з цифровізацією промисловості, входять сьогодні до порядку денного авторитетних міжнародних організацій, національних урядів, окремих представників бізнесу, а також перебувають у центрі уваги наукової спільноти [1-6]).

Наприклад, у Звіті про готовність до майбутнього виробництва за 2018 р. зазначено, що в сучасних умовах країни повинні розвивати усвідомлення змін у специфіці виробництва й визначити, як найкраще підготуватися до отримання максимальної вигоди від цієї трансформації. У ньому також наголошується на необхідності *глибокого розуміння чинників* майбутньої трансформації виробничих систем і подальшої адаптації національних стратегій до нової виробничої парадигми [2]. У Звіті про індустріальний розвиток 2020 р. зазначено, що поява та поширення передових технологій цифрового виробництва відкривають нові можливості для наздоганяння країн-лідерів [3].

У доповіді «Цифрова Польща», яка була підготовлена у 2016 р. консалтинговою компанією «McKinsey & Company» у співпраці з редакцією журналу «Форбс», цифровізація трактується як діяльність з використанням цифрових технологій, яка спрямовується на прискорення економічного зростання [4]. Водночас зазначається, що цифровізація сприяє підвищенню економічної продуктивності завдяки [4, с. 8]:

- оптимізації економічних процесів;
- розширенню ринків збуту;
- інноваційним продуктам;
- ефективнішому використанню людського капіталу.

У Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018-2020 роки, схваленій розпорядженням Кабінету Міністрів України в січні 2018 р., реалізацію прискореного сценарію цифрового розвитку названо найбільш релевантним для України з точки зору сучасних викликів, потреб та можливостей [5].

Прогрес цифрових технологій (передусім таких як аналітика даних, інтернет речей, хмарні обчислення, машинне навчання, блокчейн тощо [6; 7]) суттєво впливає на процеси проектування, виробництва та споживання промислової продукції. Ефективне використання переваг та обмеження негативних наслідків

цифровізації промислових систем різних рівнів можливі лише за умов ретельного вивчення наявних закономірностей і домінантних тенденцій у цій сфері. Крім того, забезпечення конкурентоспроможності національної промисловості в довгостроковій перспективі вимагає врахування фундаментальних змін, що відбуваються в глобальній економічній системі та суспільстві [8; 9]. У цьому контексті глибоке переосмислення і певне теоретико-методологічне оновлення наявних моделей розвитку промисловості та управління відповідними бізнес-процесами набуває першорядного значення [10].

Потреба в активізації досліджень феномена цифровізації промисловості є особливо актуальною для України, промисловий сектор якої тривалий час перебуває у стані занепаду. Результати цих досліджень мають стати основою для розроблення науково обґрунтованих рекомендацій щодо модернізації національної промислової політики та системи управління розвитком промислового сектору української економіки, які враховуватимуть теперішні і потенційні виклики цифровізації економіки та суспільства.

Аналіз останніх досліджень. Серед численних публікацій на тему цифровізації промисловості варто виокремити роботи О. Амоші, Н. Брюховецької, В. Вишневецького, А. Грищенко, С. Давимуки, Л. Дейнеко, Л. Збаразької, Б. Кваснюка, Ю. Кіндзерського, С. Князева, О. Ляха, В. Ляшенка, В. Сіденка, В. Тарасевича, Л. Федулової та інших українських науковців. Варто зауважити, що в наукових та експертних публікаціях разом з терміном «цифровізація» часто вживаються терміни «дигіталізація» і «діджиталізація». Трактуючи ці три терміни як синоніми, надалі перевагу надаватимемо першому з них.

Теоретичні аспекти розвитку інформаційно-цифрових технологій і перспективи підвищення трансформаційного потенціалу цифровізації економіки України викладено в колективній монографії [1]. Специфіку й актуальні проблеми цифровізації промисловості України досить детально проаналізовано в колективній монографії [11].

Однак у роботах українських дослідників більше уваги зосереджується на питаннях, пов'язаних із цифровізацією на мікро – та макрорівнях, а от специфіці цифровізації промислових систем мезорівня приділяється значно менше уваги. Водночас у висвітленні перспектив впровадження цифрових технологій в українську економіку переважає аналіз їхніх позитивних аспектів впливу, значно менша увага приділена пов'язаним із цим ризикам і можливим негативним побічним наслідкам [12, с. 42]. На недоліки економіко-теоретичного інструментарію сучасних досліджень процесів і феноменів цифровізації економіки загалом вказує В. Тарасевич [13].

Метою статті є висвітлення сутнісних ознак, основних переваг і проблемних аспектів цифровізації промислових систем локального, регіонального та національного рівнів, а також ідентифікація ключових чинників успішної модернізації процесів проектування, виробництва та споживання промислової продукції під впливом розвитку інформаційно-цифрових технологій.

Основні результати дослідження. Теоретико-методологічні засади дослідження процесів формування і трансформації промислових систем різного рівня досить повно висвітлено у фундаментальній монографії В. Захарченка [14]. Тому тут лише зазначимо, що для з'ясування сутнісних ознак і специфіки процесу цифровізації промисловості будемо послугуватись багаторівневим структурно-функціональним підходом, у межах якого особливо увагу прийнято звертати на структуру систем і функціональні зв'язки між їхніми елементами. Виділимо національний, регіональний і локальний рівні дослідження.

У широкому розумінні цифровізації – це процес насичення фізичного простору електронно-цифровими пристроями, засобами, системами та налагодження електронно-комунікаційного обміну між ними, що фактично уможливорює інтегральну взаємодію віртуального та фізичного, тобто створює кіберфізичний простір. Цифровізація вважається визнаним механізмом економічного

зростання завдяки здатності технологій позитивно впливати на ефективність, результативність, вартість та якість економічної, громадської та особистої діяльності [5].

Тригерами цифровізації загалом (і цифровізації промислових систем зокрема) можна вважати широкомасштабне переведення аналогових даних у цифровий формат, комп'ютеризацію та бурхливий розвиток засобів зв'язку.

Оскільки цифрові технології і потоки даних стають «сполучною тканиною» сучасної економіки [15, с. 13], саме інформаційні ресурси та зв'язки відіграють роль ключових детермінантів успішної цифровізації промислових систем.

Останнім часом дослідження процесів цифровізації промислових систем все тісніше пов'язують із феноменом четвертої промислової революції і становленням «нової (розумної) промисловості» (старт-промисловість, Індустрія 4.0), що характеризується злиттям фізичного та віртуального світу в «розумні» кіберфізичні системи [16].

Зокрема, Н. Брюховецька та О. Черних зазначають, що Індустрія 4.0 базується на технологіях, здатних забезпечити формування єдиного простору для обміну даних і віртуальної візуалізації процесів та об'єктів, а практична імплементація цієї концепції передбачає створення роботизованих систем у форматі «розумних підприємств» з перспективою об'єднання їх у глобальну промислову мережу речей і послуг [6, с. 117].

Сьогодні прийнято виділяти три ключові характеристики цифровізації промисловості [17]:

- інтеграцію промислових агентів по вертикалі та горизонталі;
- орієнтацію на випуск «все більш розумних продуктів і сервісів»;
- перехід на нові бізнес-моделі.

Як відомо, до аналізу структури промислових систем різні автори підходять по-різному. Наприклад, на думку В. Захарченка [14, с. 32], ключовими елементами промислової системи будь-якого рівня є:

- джерела ресурсів виробництва;
- виробництво проміжних і кінцевих продуктів;
- споживачі продукції;
- об'єкти утилізації відходів.

Вважаємо, що в дослідженнях специфіки та можливостей цифровізації промисловості доцільно орієнтуватись на такі ключові виміри, які детермінують конфігурацію промислових систем будь-якого рівня [18, с. 73]:

- мета функціонування (призначення) системи;
- актори (організації), що виконують різні функції та ролі;
- середовище діяльності організацій;
- взаємозв'язки між акторами всередині системи та із зовнішнім середовищем (національним і глобальним).

Аналізуючи основні переваги та проблемні питання цифровізації промислових систем у межах багаторівневого структурно-функціонального підходу, зазначимо, що на макrorівні на першочергову увагу заслуговують питання, пов'язані з розробленням механізмів адаптації національної промислової системи до викликів четвертої промислової революції, які поширюються на весь комплекс відносин у сферах виробництва, розподілу, обміну та споживання матеріальних і нематеріальних благ [12]. Водночас слід неодмінно враховувати посилення напруженості між провідними країнами за світове технологічне домінування [19].

Саме на макrorівні слід розробити методи ідентифікації проблем і мінімізації ризиків і загроз, пов'язаних з незбалансованістю процесів цифровізації промисловості.

На мезорівні особливої уваги потребують питання структурної трансформації промислових систем, розвитку ринків товарів і послуг, а також посилення взаємовигідних зв'язків між промисловими підприємствами та науково-освітньою системою регіону.

Наше бачення основних переваг і проблемних питань цифровізації на рівні окремих промислових підприємств подано в табл. 1.

Таблиця 1

Основні переваги та проблемні аспекти цифровізації промислових систем локального рівня

Переваги цифровізації	Проблемні аспекти
Налагодження гнучкого виробництва, що здатне принести вищий прибуток Автоматизація виробничо-господарських процесів і підвищення їхньої ефективності Підвищення прозорості економічних операцій і забезпечення кращих можливостей для їхнього моніторингу Підвищення ефективності системи управління Прискорення всіх бізнес-процесів Персоніфікація контактів з клієнтами Можливість доступу до оперативної інформації, що стосується усіх етапів життєвого циклу продукції Підвищення корпоративної культури	Проблеми кібербезпеки Потреба суттєвого вдосконалення інформаційно-цифрової інфраструктури Вразливість систем управління віртуальним комерційним середовищем Швидка трансформація ринків товарів і послуг Підвищені вимоги до цифрової компетентності персоналу Скорочення чисельності окремих категорій працівників Ризики інформаційного забруднення через зростання «інформаційних шумів» Швидкі темпи технологічних змін

Джерело: складено на основі [12;19-22].

Для забезпечення ефективного використання переваг і мінімізації можливих ризиків практичної імплементації інформаційно-цифрових технологій у процеси проєктування, виробництва та організації споживання промислової продукції важливо орієнтуватися на ключові чинники цифровізації промислових систем усіх рівнів (рис. 1).

Науковці стверджують, що для успішної цифрової модернізації промислових систем потрібні поглиблення їхньої інтелектуалізації [23] та зміна управлінської парадигми [24]. Тому для модернізації національної промислової політики та



Рис. 1. Ключові чинники цифровізації промислових систем національного, регіонального та локального рівнів (НПС, РПС і ЛПС відповідно)

Джерело: складено на основі [23].

імплементації нової моделі управління промисловим розвитком у [10] було запропоновано формувати своєрідну «науково-інформаційну оболонку» відповідної управлінської системи на основі координації діяльності органів влади, бізнесу, освітніх і наукових установ, громадських організацій.

Модернізуючи систему управління промислових систем усіх рівнів, важливо враховувати такі їхні характеристики як економічних систем [25]:

- 1) право власності, система контролю та спосіб розподілу доходів;
- 2) механізми інформаційного забезпечення та координації;
- 3) спосіб прийняття управлінських рішень;
- 4) механізми досягнення цілей і спонукування до дії.

Тому на національному рівні актуальним є розроблення національної програми цифрової модернізації промисловості України. Ключовим елементом такої програми має стати модель формування повномасштабної національної промислової системи, яка була б не лише конкурентозначущою, а й здатною до самопідтримки подальшого розвитку [26, с. 62] і відповідала б стратегічним орієнтирам інтегрального виробничо-технологічного розвитку [26, с. 60]. Така модель має поєднати в єдине ціле процеси відтворення промислового виробництва й технологій (рис. 2).

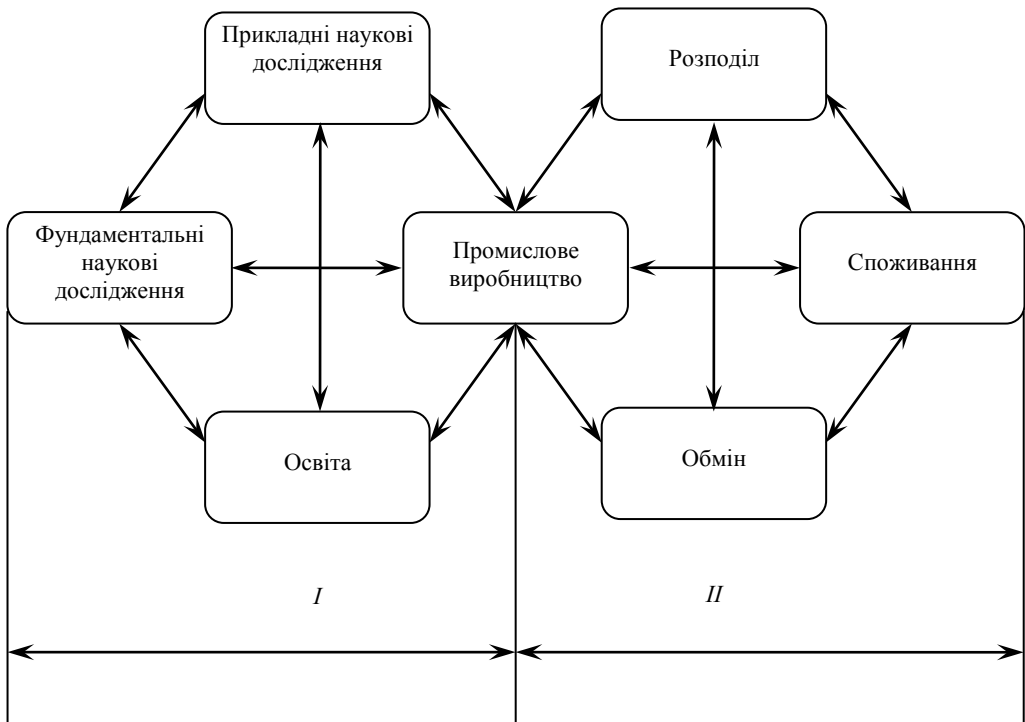


Рис. 2. Детермінанти цифровізації національної промислової системи

I – стадія відтворення технологій; II – стадія суспільного відтворення

Джерело: складено на основі [26].

Крім того, на національному рівні важливим є створення галузевих «дорожніх карт» цифрових трансформацій, а це передбачає пошук, розроблення та реалізацію ініціатив щодо цифровізації конкретних галузей промисловості [5].

На мезорівні актуальним є розроблення програм підтримки (сприяння) цифровізації промислової системи регіону. Вважаємо, що такі програми могли б стати важливими структурними елементами програм розвитку цифрової економіки регіонів України, розроблення яких запропоновано в [21].

Важливо додати, що програми підтримки (сприяння) цифровізації промислової системи регіону мають містити не лише окремі аналітичні розділи, які б характеризували стан конкретних регіональних промислових систем і визначали їхні «сильні» і «слабкі» сторони, ризики та переваги, стратегічні напрями розвитку в регіональному та загальнонаціональному контекстах, а й передбачати імплементацію спеціальних управлінських інновацій на конкретних етапах реалізації цих програм.

Важливим блоком відповідних програм, на нашу думку, має стати матриця програмних завдань щодо підтримки цифровізації промислової системи регіону (табл. 2), яка б візуалізувала зв'язки між «функціональним» блоком (що охоплює завдання, заходи та ресурсне забезпечення програми) та її «виконавчим» блоком. Це дозволить скоординувати діяльність органів державної влади, місцевого самоврядування, наукових та освітніх установ, бізнесу, громадських організацій для підтримки заходів, що сприяють цифровізації промислової системи регіону, генеруванню та адсорбції відповідних інновацій.

Таблиця 2

Матриця програмних завдань щодо підтримки цифровізації промислової системи регіону

Виконавчий блок		Функціональний блок (завдання і заходи)								
		А. Регулювання інституційного середовища			В. Заходи щодо підтримки цифровізації			С. Ресурсне забезпечення		
		A 1	A 2	...	B 1	B 2	...	C 1	C 2	...
1. Органи державного управління	1.1									
	1.2									
	...									
2. Органи місцевого самоврядування	2.1									
	2.2									
	...									
3. Наукові та освітні заклади	3.1									
	3.2									
	...									
4. Неурядові (громадські) організації	4.1									
	4.2									
	...									
5. Фінансові органи	5.1									
	5.2									
	...									
6. Інші організації та установи	6.1									
	6.2									
	...									

Джерело: складено на основі [27].

Щодо цифровізації промислових систем на локальному рівні, то аналіз відповідного зарубіжного досвіду показав, що швидкість та успішність «цифрового переходу» окремих підприємств залежить не лише від наявних умов для прискореного розвитку технологічних інновацій чи формування «дорожніх карт» цифровізації окремих галузей промисловості чи певних регіонів, а й від поведінки самих компаній, їхніх конкурентів і споживачів їхньої продукції.

За словами С. Гупти, саме компанії, їхні можливості й організаційна структура є «найвужчим місцем» у будь-якому «цифровому переході». Водночас згаданий автор виділяє такі ключові компоненти створення успішної стратегії цифровізації конкретного бізнесу [28]:

- 1) переосмислення бізнесу;

- 2) переоцінка ланцюжка створення і додавання вартості;
- 3) зв'язок бізнесу з клієнтами;
- 4) організаційна перебудова компанії.

Як справедливо наголошують Н. Брюховецька й О. Черних, в Україні потрібно активно підтримувати проекти великого, малого та середнього бізнесу, орієнтовані на розвиток стратегічних ініціатив, популяризувати ідеї та тенденції четвертої промислової революції, досягти домовленості серед промислових підприємств, освітніх, наукових установ і державного апарату щодо напрямів розвитку, цілей і завдань Індустрії 4.0 [6]. Для успішного виконання цих завдань корисним буде широке використання методів бенчмаркінгу, який сьогодні трактується не просто як стиль ведення бізнесу, що зорієнтований на поглиблене вивчення ключових факторів успіху та використання їх, а як «безупинний систематичний пошук і впровадження найкращих практик, що здатні привести організацію до досконалішої форми» [29]. Ефективність застосування бенчмаркінгу доведена багатьма роками його успішного використання в різних сферах діяльності як одного з найпоширеніших методів управління бізнесом.

У контексті формування потрібних передумов успішної цифрової модернізації промислових систем усіх рівнів особливої уваги варті також питання, безпосередньо пов'язані з організацією раціонального використання та нагромадження інтелектуального капіталу як одного з найважливіших стратегічних активів не лише окремих компаній (підприємств), а й цілих регіонів і країн [30].

Висновки. Цифровізація промислових систем усіх рівнів – один із характерних проявів сучасного етапу розвитку економіки та суспільства. Нагромадження, оброблення та передання інформації в цифровому форматі стали важливими атрибутами процесів виробництва, розподілу, обміну та споживання промислової продукції. Головними умовами успішної цифрової модернізації промислових систем можна вважати ефективне використання основних переваг і мінімізацію ризиків та ймовірних негативних побічних наслідків імплементації інформаційно-цифрових технологій у процеси виробництва та реалізації промислової продукції, а також налагодження чіткої взаємодії між національним, регіональним і локальним рівнями управління. Усе це вимагає формування такого інституційного середовища, яке було б максимально адаптованим до сучасних викликів цифровізації. Тому для модернізації системи управління розвитком промисловості в Україні в найкоротші терміни потрібно:

- на національному рівні – розробити національну програму цифрової модернізації промисловості та сформулювати пакети «дорожніх карт» цифровізації ключових галузей;
- на регіональному рівні – розробити програми підтримки (сприяння) цифровізації регіональних промислових систем, в яких сформулювати напрями співпраці влади, бізнесу, ІТ-сектору, закладів науки та освіти;
- на локальному рівні – всебічно сприяти розробленню «цифрових стратегій» окремих компаній (підприємств).

Список використаних джерел

1. *Цифровізація економіки України: трансформаційний потенціал* / ред. В. П. Вишневський, С. І. Князев. К.: Академперіодика, 2020. 188 с.
2. The Readiness for the Future of Production Report 2018. 266 p. *World Economic Forum*: Website. 2018. URL: http://www3.weforum.org/docs/FOP_Readiness_Report_2018.pdf
3. Industrial Development Report 2020. Industrializing in the digital age. 228 p. *UNIDO*: Website. 2020. URL: <https://www.unido.org/sites/default/files/files/2019-12/UNIDO%20IDR20%20main%20report.pdf>
4. Boniecki D., Namysł W., Krok W., Iszkowska J., Borowik M., Broniatowski M., Rabij M. *Cyfrowa Polska. Szansa na technologiczny skok do globalnej pierwszej ligi gospodarczej*. *McKinsey & Company*: Website. 2016. URL: <https://www.mckinsey.com/pl/our-insights/cyfrowa-polska>
5. Концепція розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018-2020 роки. Схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 17.01.2018 р. № 67-р. *Законодавство України*: сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/67-2018-p>

6. Брюховецька Н. Ю., Черних О. В. Індустрія 4.0 та цифровізація економіки: можливості використання зарубіжного досвіду на промислових підприємствах України. *Економіка промисловості*. 2020. № 2 (90). С. 116-132. DOI: <http://doi.org/10.15407/econindustry2020.02.116>
7. Лях А. В., Свэйн А. Модернізація промисленности на основе ключевых перспективных технологий: обзор зарубежного опыта. *Економіка промисленности*. 2019. № 3(87). С. 34-58. DOI: <http://doi.org/10.15407/econindustry2019.03.034>
8. Заниздра М. Ю. Перспективи розвитку smart-промисленности в Україні на базі рециркуляційної економіки. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2017. Вип. 20. С. 134-140.
9. Mergela I., Edelman N., Nauga N. Defining digital transformation: Results from expert interviews. *Government Information Quarterly*. 2019. Vol. 36(4). DOI: <http://doi.org/10.1016/j.giq.2019.06.002>
10. Казьмір Л. П. Концептуальні аспекти модернізації системи управління розвитком промисловості в Україні. *Регіональна економіка*. 2020. № 4. С. 115-124. DOI: <https://doi.org/10.36818/1562-0905-2020-4-14>
11. *Смарт-промисловість в епоху цифрової економіки: перспективи, напрями і механізми розвитку*: монографія / ред. В. П. Вишневський; НАН України, Ін-т економіки пром-сті. Київ, 2018. 192 с.
12. Сіденко В. Р. Виклики і ризики цифрової трансформації: світовий та український контексти. *Економіка України*. 2021. № 5. С. 40-58. DOI: <https://doi.org/10.15407/economyukr.2021.05.040> Сіденко
13. Тарасович В. М. Теоретичний вимір інформаційно-цифрової економіки: основи та система первинних інформаційних феноменів. *Економіка України*. 2021. № 1. С. 3-23. DOI: <https://doi.org/10.15407/economyukr.2021.01.003>
14. Захарченко В. І. *Трансформаційні процеси у промислових територіальних системах України*: монографія. Вінниця: Гіпаніс, 2004. 548 с.
15. Lund S., Manyika J., Woetzel J., Bughin J., Krishnan M., Seong J., Muir M. Globalization in transition: the future of trade and value chains. Executive Summary. 24 p. *McKinsey & Company*: Website. 2019. URL: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/innovation-and-growth/globalization-in-transition-the-future-of-trade-and-value-chains>
16. Солдак М. О. Промислові екосистеми і технологічний розвиток. *Економіка промисловості*. 2019. № 4 (88). С. 75-91. DOI: <http://doi.org/10.15407/econindustry2019.04.075>
17. *Landscape Industry 4.0 in Ukraine. Аналітичний огляд інноваторів та стану інновацій в Україні в сфері Індустрії 4.0*. Київ, 2019. 76 с. URL: <https://mautic.appau.org.ua/asset/83:landscape-industry-4-0-in-ukraine>
18. Підоричева І. Ю. Інноваційна екосистема в сучасних економічних дослідженнях. *Економіка промисловості*. 2020. № 2 (90). С. 54-92. DOI: <http://doi.org/10.15407/econindustry2020.02.054>
19. *Цифрова економіка: тренди, ризики та соціальні детермінанти* / ред. О. Пищуліна. К.: Заповіт, 2020. 274 с.
20. Войнаренко М. П. Тенденції і перспективи розвитку потенціалу регіональних кластерів за умов цифровізації суспільства. *Регіональна економіка*. 2019. № 4. С. 28-35. DOI: <https://doi.org/10.36818/1562-0905-2019-4-2>
21. Давимука С. А., Федулова Л. І. Цифрова трансформація регіонів України. *Регіональна економіка*. 2018. № 4. С. 110-121.
22. The Global Risks Report 2020. *World Economic Forum*: Website. 2020. URL: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risk_Report_2020.pdf
23. Брюховецька Н. Ю., Чорна О. А. Інтелектуалізація як пріоритетний напрям розвитку промислових підприємств в умовах Індустрії 4.0. *Економіка промисловості*. 2019. № 4 (88). С. 28-57. DOI: <http://doi.org/10.15407/econindustry2019.04.028>
24. Lozic J. Core concept of business transformation: from business digitization to business digital transformation. *Economic and Social Development: Book of Proceedings*. 2019. Pp. 159-167.
25. Gregory P. R., Stuart R. C. *Comparative economic systems*. Boston: Houghton Mifflin, 1998. 502 p.
26. Данилишин Б. М., Корецький М. Х., Дацій О. І. *Макроекономічне регулювання інвестиційних процесів*: монографія. Ніжин: Аспект-Поліграф, 2007. 204 с.
27. Миронова Т. Л., Добровольська О. П., Процай А. Ф., Колодій С. Ю. *Управління розвитком регіону*: навч. посіб. К.: Центр навч. літератури, 2006. 328 с.
28. Gupta S. *Driving Digital Strategy. A Guide to Reimagining Your Business*. Cambridge, MA: Harvard Business Review Press, 2018.
29. Козак Н. Бенчмаркінг як інструмент підвищення конкурентоспособності компанії. *Рынок капитала*. 2000. № 1-2. С. 17-21.
30. Казьмір Л. П. Інтелектуальний капітал як чинник структурної трансформації економіки регіону. *Актуальні проблеми, пріоритетні напрями та стратегії розвитку України*: тези доповідей II Міжнародної науково-практичної онлайн-конференції. К.: ІГТА, 2021. С. 116-118.

References

1. Vyshnevskyy, V. P., & Knyazyev, S. I. (Eds.) (2020). Tsyfrovizatsiya ekonomiky Ukrainy: transformatsiynyy potencial [Digitalization of the economy of Ukraine: transformational potential]. Kyiv: Akademperiodyka. [in Ukrainian].

2. The Readiness for the Future of Production Report 2018 (2018). World Economic Forum: Website. Retrieved from http://www3.weforum.org/docs/FOP_Readiness_Report_2018.pdf
3. Industrial Development Report 2020 (2020). Industrializing in the digital age. UNIDO: Website. Retrieved from <https://www.unido.org/sites/default/files/files/2019-12/UNIDO%20IDR20%20main%20report.pdf>
4. Boniecki, D., Namysł, W., Krok, W., Iszkowska, J., Borowik, M., Broniatowski, M., & Rabij, M. (2016). Cyfrowa Polska. Szansa na technologiczny skok do globalnej pierwszej ligi gospodarczej [Digital Poland. A chance for a technological leap into the global economic premier league]. McKinsey & Company: Website. Retrieved from <https://www.mckinsey.com/pl/our-insights/cyfrowa-polska> [in Polish].
5. Kontseptsiya rozvytku tsyfrovoyi ekonomiky ta suspil'stva Ukrainy na 2018-2020 roky [The concept of development of the digital economy and society of Ukraine for 2018-2020] (2018). Approved by the Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated January 17, 2018, 67-r. Legislation of Ukraine: Website. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/67-2018-r> [in Ukrainian].
6. Bryukhovetska, N. Yu., & Chernykh, O. V. (2020). Industriya 4.0 ta tsyfrovizatsiya ekonomiky: mozhlyvosti vykorystannya zarubizhnogo dosvidu na promyslovykh pidpryyemstvakh Ukrainy [Industry 4.0 and digitalization of the economy: opportunities to use foreign experience in industrial enterprises of Ukraine]. *Ekonomika promyslovosti – Industrial economics*, 2(90), 116-132. DOI: <http://doi.org/10.15407/econindustry2020.02.116> [in Ukrainian].
7. Lyakh, A. V., & Svein, A. (2019). Modernizatsiya promyshlennosti na osnove klyuchevykh perspektivnykh tekhnologiy: obzor zarubezhnogo opyta [Industrial modernization based on key promising technologies: a review of foreign experience]. *Ekonomika promyslovosti – Industrial economics*, 3(87), 34-58. DOI: <http://doi.org/10.15407/econindustry2019.03.034> [in Russian].
8. Zanzhira, M. Yu. (2017). Perspektivy razvitiya smart-promyshlennosti v Ukraine na baze retsirkulyatsionnoy ekonomiki [Prospects for the development of smart-industry in Ukraine on the basis of a recycling economy]. *Hlobal'ni ta natsional'ni problemy ekonomiky – Global and national economic problems*, 20, 134-140. [in Russian].
9. Mergela, I., Edelman, N., & Hauga, N. (2019). Defining digital transformation: Results from expert interviews. *Government Information Quarterly*, 36(4). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.giq.2019.06.002>
10. Kazmir, L. P. (2020). Kontseptual'ni aspekty modernizatsiyi systemy upravlinnya rozvytkom promyslovosti v Ukraini [Conceptual aspects of modernization of industrial development management system in Ukraine]. *Rehional'na ekonomika – Regional economy*, 4, 115-124. DOI: <https://doi.org/10.36818/1562-0905-2020-4-14> [in Ukrainian].
11. Vyshnevskyy, V. P. (Ed.) (2018). Smart-promyslovist' v epokhu tsyfrovoyi ekonomiky: perspektivy, napryamy i mekhanizmy rozvytku [Smart industry in the era of digital economy: prospects, directions and mechanisms of development]. Kyiv: Institute of Industrial Economics NAS of Ukraine. [in Ukrainian].
12. Sidenko, V. R. (2021). Vyklyky i ryzyky tsyfrovoyi transformatsiyi: svitovyy ta ukrayins'ky konteksty [Challenges and risks of digital transformation: global and Ukrainian contexts]. *Ekonomika Ukrainy – Economy of Ukraine*, 5, 40-58. DOI: <https://doi.org/10.15407/economyukr.2021.05.040Sidenko> [in Ukrainian].
13. Tarasovych, V. M. (2021). Teoretychnyy vymir informatsiyno-tyfrovoyi ekonomiky: osnovy ta systema pervynykh informatsiynykh fenomeniv [Theoretical dimension of information-digital economy: bases and system of primary information phenomena]. *Ekonomika Ukrainy – Economy of Ukraine*, 1, 3-23. DOI: <https://doi.org/10.15407/economyukr.2021.01.003> [in Ukrainian].
14. Zakharchenko, V. I. (2004). Transformatsiyni protsesy u promyslovykh terytorial'nykh systemakh Ukrainy [Transformation processes in industrial territorial systems of Ukraine]. Vinnytsya: Hipanis. [in Ukrainian].
15. Lund S., Manyika J., Woetzel J., Bughin J., Krishnan M., Seong J., Muir M. Globalization in transition: the future of trade and value chains. Executive Summary (2019). *McKinsey & Company*: Website. Retrieved from <https://www.mckinsey.com/featured-insights/innovation-and-growth/globalization-in-transition-the-future-of-trade-and-value-chains>
16. Soldak, M. O. (2019). Promyslovi ekosystemy i tekhnolohichnyy rozvytok [Industrial ecosystems and technological development]. *Ekonomika promyslovosti – Industrial economics*, 4(88), 75-91. DOI: <http://doi.org/10.15407/econindustry2019.04.075> [in Ukrainian].
17. Landscape Industry 4.0 in Ukraine. Analytical review of innovators and the state of innovation in Ukraine in the field of Industry 4.0 (2019). Kyiv. Retrieved from <https://mautic.appau.org.ua/asset/83/landscape-industry-4-0-in-ukraine> [in Ukrainian].
18. Pidorycheva, I. Yu. (2020). Innovatsiyna ekosistema v suchasnykh ekonomichnykh doslidzhennyakh [Innovative ecosystem in modern economic research]. *Ekonomika promyslovosti – Industrial economics*, 2(90), 54-92. DOI: <http://doi.org/10.15407/econindustry2020.02.054> [in Ukrainian].
19. Pyschulina, O. (Ed.) (2020). Tsyfrova ekonomika: trendy, ryzyky ta sotsial'ni determinanty [Digital economy: trends, risks and social determinants]. Kyiv: Testament. [in Ukrainian].
20. Voynarenko, M. P. (2019). Tendentsiyi i perspektivy rozvytku potentsialu rehional'nykh klasteriv za umov tsyfrovizatsiyi suspil'stva [Trends and prospects for the development of the potential of regional clusters in terms of digitalization of society]. *Rehional'na ekonomika – Regional economy*, 4, 28-35. DOI: <https://doi.org/10.36818/1562-0905-2019-4-2> [in Ukrainian].

21. Davymuka, S. A., & Fedulova, L. I. (2018). Tsyfrova transformatsiya rehioniv Ukrayiny [Digital transformation of the regions of Ukraine]. *Rehional'na ekonomika – Regional economy*, 4, 110-121. [in Ukrainian].
22. The Global Risks Report 2020 (in partnership with Marsh & McLennan and Zurich Insurance Group) (2020). World Economic Forum: Website. Retrieved from http://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risk_Report_2020.pdf
23. Bryukhovetska, N. Yu., & Chorna, O. A. (2019). Intelktualizatsiya yak priorytetnyy napryam rozvytku promyslovykh pidpryyemstv v umovakh Industriyi 4.0 [Intellectualization as a priority direction of industrial enterprises development in the conditions of Industry 4.0]. *Ekonomika promyslovosti – Industrial economics*, 4(88), 28-57. DOI: <http://doi.org/10.15407/econindustry2019.04.028> [in Ukrainian].
24. Lozic, J. (2019). Core concept of business transformation: from business digitization to business digital transformation. In *Economic and Social Development: Book of proceedings*: (pp. 159-167).
25. Gregory, P. R., & Stuart, R. C. (1998). *Comparative economic systems*. Boston: Houghton Mifflin.
26. Danylyshyn, B. M., Koretsky, M. Kh., & Datsiy, O. I. (2007). Makroekonomichne rehulyuvannya investytsiynykh protsesiv [Macroeconomic regulation of investment processes]. Nizhyn: Aspect-Polygraph. [in Ukrainian].
27. Myronova, T. L., Dobrovolska, O. P., Protsay, A. F., & Kolodiy, S. Yu. (2006). *Upravlinnya rozvytkom rehionu [Management of regional development]: Textbook*. Kyiv: Center for Education Literature. [in Ukrainian].
28. Gupta, S. (2018). *Driving Digital Strategy. A Guide to Reimagining Your Business*. Cambridge, MA: Harvard Business Review Press.
29. Kozak, N. (2000). Benchmarking kak instrument povsheniya konkurentosposobnosti kompanii [Benchmarking as a tool to increase the competitiveness of the company]. *Rynok kapytala – Capital market*, 1-2. [in Russian].
30. Kazmir, L. P. (2021). Intelktual'nyy kapital yak chynnyk strukturnoyi transformatsiyi ekonomiky rehionu [Intellectual capital as a factor in the structural transformation of the region's economy]. In *Aktual'ni problemy, priorytetni napryamky ta stratehiyi rozvytku Ukrayiny [Current issues, priority areas and strategies of Ukraine's development]: Abstracts of the II International scientific-practical online conference* (pp. 116-118). Kyiv: ITTA. [in Ukrainian].

Korcelli-Olejniczak E. K., Kazmir L. P. Digitalization of industrial systems: conceptual essence and key factors.

The progress of digital technologies opens new opportunities for economic growth in general and the intensification of industrial production in particular. Issues directly related to the digitalization of industry are now on the agenda of reputable international organizations, national governments, and business representatives, and are at the center of attention of the scientific community. Studies of the phenomenon of industry digitalization are especially important for Ukraine, whose industrial sector has been in decline for a long time. The paper within the framework of a multilevel structural-functional approach highlights the essence, main advantages and problematic aspects of digitalization of industrial systems at local, regional and national levels, as well as highlights the key factors of successful modernization of the processes of design, production and consumption of industrial products under the influence of the involvement of information and digital technologies. The paper argues that the speed and success of the “digital transition” of industrial enterprises depend not only on the existing conditions for accelerated development of technological innovations or the formation of “road maps” of digitalization of certain industries or regions but also on the behavior of companies, their competitors and consumers of their products. The directions of modernization of the management system of industrial development in the conditions of the Ukrainian realities are considered. A matrix structure of program tasks to support the digitalization of the region's industrial system is proposed. It will allow coordination of the activities of public authorities, local governments, research and educational institutions, businesses and NGOs to support measures for the digitalization of the region's industrial system, and generate and adsorb relevant innovations. Widespread use of benchmarking methods is proposed for the successful digitalization of industrial systems at the local level.

Keywords: industrial systems, digitalization, Industry 4.0, multilevel structural-functional approach, management levels, regional programs.

Корцеллі-Олейнічак Єва-Кароліна – доктор географічних наук, професор відділу географії міст та населення Інституту географії та просторової організації Польської академії наук (e-mail: eko@twarda.pan.pl, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9247-6182>).

Korcelli-Olejniczak Eva-Karolina – Dr.Sci. (Geog.), Professor of the Department of geography for cities and population of the Institute of Geography and Spatial Organization of the Polish Academy of Sciences.

Казьмір Любомир Павлович – кандидат економічних наук, науковий співробітник відділу проблем реального сектору економіки регіонів ДУ «Інститут регіональних досліджень імені М. І. Долишнього НАН України» (e-mail: box5@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0696-4930>).

Kazmir Lyubomyr Pavlovych – Ph.D. (Econ.), Researcher of the Department of problems of real sector of economy of regions of the Dolishniy Institute of Regional Research of NAS of Ukraine.

Надійшло 10.12.2021 р.