

ISSN 1562-109X (Print)
ISSN 2306-532X (Online)



Е **І** **КОНОМІКА** **РОМИСЛОВОСТІ**

ECONOMY OF INDUSTRY

3 (111)
2025



Засновники:

Національна академія наук України
Інститут економіки промисловості НАН України

Редакційна колегія:

АМОША О. І., головний редактор, акад. НАН України,
Інститут економіки промисловості НАН України,
<https://orcid.org/0000-0003-0189-3819>

ЗАЛОЗНОВА Ю. С., заступник головного редактора,
чл.-кор. НАН України, Інститут економіки промисловості
НАН України, <http://orcid.org/0000-0003-3106-1490>

ВИШНЕВСЬКИЙ О. С., заступник головного редактора,
відповідальний редактор, д.е.н., ст. досл., Інститут
економіки промисловості НАН України,
<https://orcid.org/0000-0002-2375-6033>

АНТОНІУК В. П., д.е.н., проф., Інститут економіки
промисловості НАН України,
<https://orcid.org/0000-0003-2100-7343>

БРЮХОВЕЦЬКА Н. Ю., д.е.н., проф., Інститут економіки
промисловості НАН України,
<https://orcid.org/0000-0002-6652-4523>

БУЛЕЄВ І. П., д.е.н., проф., Інститут економіки
промисловості НАН України,
<https://orcid.org/0000-0002-7912-3649>

ВОЛЬЧИН І. А., д.т.н., проф., Інститут теплоенергетичних
технологій НАН України,
<http://orcid.org/0000-0002-5388-4984>

КВІЛІНСЬКІ А., д.е.н., Університет WSB, Польща,
<http://orcid.org/0000-0001-6318-4001>

КРАВЧЕНКО О. О., д.е.н., проф., Державний
університет інфраструктури і технологій,
<https://orcid.org/0000-0002-2258-2828>

МИХНЕНКО В., к.е.н., Оксфордський університет,
Великобританія,
<https://orcid.org/0000-0001-8944-0608>

НОВІКОВА О. Ф., д.е.н., проф., Інститут економіки
промисловості НАН України,
<https://orcid.org/0000-0002-8263-1054>

СЕРДІУК О. С., д.е.н., Інститут економіки
промисловості НАН України,
<https://orcid.org/0000-0003-3049-3144>

СМІРНОВ Р. Г., PhD, проф.,
Університет Далхаузі, Канада,
<https://orcid.org/0000-0001-5971-8541>

СОЛДАК М. О., к.е.н., Інститут економіки
промисловості НАН України,
<https://orcid.org/0000-0002-4762-3083>

ХАРАЗІШВІЛІ Ю. М., д.е.н., Інститут економіки
промисловості НАН України,
<https://orcid.org/0000-0002-3787-1323>

ЧЕРЕВАТСЬКИЙ Д. Ю., д.е.н., Інститут економіки
промисловості НАН України,
<https://orcid.org/0000-0003-4038-6393>

Founders:

National Academy of Sciences of Ukraine
Institute of economy of industry NAN of Ukraine

Editorial board:

AMOSHA O. I., Chief Editor, Member of the Editorial Council,
Academician of the NAS of Ukraine, Institute of Industrial
Economics of the NAS of Ukraine,
<https://orcid.org/0000-0003-0189-3819>

ZALOZNOVA Yu. S., Deputy Chief Editor, Corresponding
Member of the NAS of Ukraine, Institute
of Industrial Economics of the NAS of Ukraine,
<http://orcid.org/0000-0003-3106-1490>

VYSHNEVSKYI O. S., Deputy Chief Editor, Responsible Editor,
Doctor of Economics, Senior researcher, Institute of Industrial
Economics of the NAS of Ukraine,
<https://orcid.org/0000-0002-2375-6033>

ANTONIUK V. P., Doctor of Economics, Professor,
Institute of Industrial Economics of the NAS of Ukraine,
<https://orcid.org/0000-0003-2100-7343>

BRYUKHOVETSKAYA N. Yu., Doctor of Economics,
Professor, Institute of Industrial Economics of the NAS
of Ukraine, <https://orcid.org/0000-0002-6652-4523>

BULEEV I. P., Doctor of Economics, Professor, Institute
of Industrial Economics of the NAS of Ukraine,
<https://orcid.org/0000-0002-7912-3649>

VOLCHYN I. A., Doctor of Technics, Professor, Institute
of Thermal Energy Technologies of the NAS of Ukraine,
<http://orcid.org/0000-0002-5388-4984>

KWILINSKI A., Doctor of Economics, WSB University, Poland,
<http://orcid.org/0000-0001-6318-4001>

KRAVCHENKO O. O., Doctor of Economics, State University
of Infrastructure and Technology,
<https://orcid.org/0000-0002-2258-2828>

MYKHNENKO V., PhD in Political Economy, University
of Oxford, United Kingdom,
<https://orcid.org/0000-0001-8944-0608>

NOVIKOVA O. F., Doctor of Economics, Professor, Institute
of Industrial Economics of the NAS of Ukraine,
<https://orcid.org/0000-0002-8263-1054>

SERDIUK O. S., Doctor of Economics, Institute
of Industrial Economics of the NAS of Ukraine,
<https://orcid.org/0000-0003-3049-3144>

SMIRNOV R. G., PhD, Professor,
Dalhousie University, Canada,
<https://orcid.org/0000-0001-5971-8541>

SOLDAK M. O., PhD in Economics, Institute
of Industrial Economics of the NAS of Ukraine,
<https://orcid.org/0000-0002-4762-3083>

KHARAZISHVILI Yu. M., Doctor of Economics,
Institute of Industrial Economics of the NAS of Ukraine,
<https://orcid.org/0000-0002-3787-1323>

CHEREVATSKYI D. Yu., Doctor of Economics,
Institute of Industrial Economics of the NAS of Ukraine,
<https://orcid.org/0000-0003-4038-6393>



ЗМІСТ

Економіко-теоретичні проблеми виробництва

- Підоричева І. Ю., Баш А. С.* Теоретичне осмислення реконструкції в контексті повоєнного розвитку територій України 3
- Омельяненко В. А.* Цифрова конвергенція сільського господарства та Індустрії 4.0: можливості та організаційні інтерфейси 23
- Сердюк О. С.* Трансформація економічної системи під впливом технологій Індустрії 4.0 40

Соціально-трудова питання виробничої сфери

- Логвіненко Б. І.* Економічна поляризація та цифрова трансформація ринку праці: роль штучного інтелекту 59

Міжнародні, макроекономічні та регіональні проблеми промисловості

- Утюж М. В.* Напівпровідникова галузь: досвід країн ЄС та перспективи України 76

Економічні проблеми розвитку промислових підприємств

- Каспрук О. В.* Методичні засади оцінювання операційної конкурентоспроможності на прикладі підприємства з виробництва цементу 88

CONTENTS

Economic and theoretical problems of production

- Pidorycheva I. Yu., Bash A. S.* Theoretical conceptualization of reconstruction in the context of Ukraine's post-war territorial development 3
- Omelyanenko V. A.* Digital convergence of agriculture and Industry 4.0: opportunities and organisation interfaces 23
- Serdiuk O. S.* Transformation of the economic system under the influence of Industry 4.0 technologies ... 40

Social and labor issues of the production sphere

- Lohvinenko B. I.* Economic polarization and the digital transformation of the labor market: the role of artificial intelligence 59

International, macroeconomic and regional problems of industry

- Utiuzh M. V.* Semiconductor industry: EU countries' experience and prospects for Ukraine 76

Economic problems of the development of industrial enterprises

- Kaspruk O. V.* Methodical principles of assessing operational competitiveness on the example of an enterprise for cement production 88

Ідентифікатор медіа R30-02851

Журнал внесено до Переліку наукових фахових видань України (категорія Б) (відповідно до наказу Міністерства освіти і науки України від 15.10.2019 р. № 1301)

Рекомендовано до друку вченою радою Інституту економіки промисловості НАН України (протокол № 4 від 31.07.2025 р.)

Статті для публікації в науково-практичному журналі відбираються за результатами внутрішнього та/або зовнішнього рецензування та публікуються мовою оригіналу на умовах відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND license. Відповідальність за достовірність фактів, дат, назв, власних імен, даних, цитат несуть безпосередньо автори статей. Редакційна колегія може не поділяти висловлені у статтях думки та висновки, що не покладає на неї ніяких зобов'язань. У разі передрукування посилання на журнал є обов'язковим.

Електронна версія журналу розміщена на сайті Національної бібліотеки України імені В. І. Вернадського та сайті журналу <http://ojs.econindustry.org/>

Адреса редакції:

вул. М. Капніст, 2, Київ, Україна, 03057

Тел.: (044) 200-55-71, (050) 715-17-16

E-mail: econindustry.iie@gmail.com

Media identifier R30-02851

The journal is included in the List of specialized scientific editions of Ukraine (in accordance with the Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine of October 15, 2019 No. 1301)

The issue is approved for publication by the Academic Council of the Institute of Industrial Economics of the NAS of Ukraine (protocol No. 4 dated 31.07.2025)

Articles for publication in a scientific and practical journal are selected based on the results of internal and/or external peer review, and are published in the original language under the conditions of open access under the CC BY-NC-ND license. The responsibility for the authenticity of facts, dates, names, proper names, data, quotes is borne directly by the authors of the articles. The editorial board may not share the opinions and conclusions expressed in the articles, which does not impose any obligations on it. In the case of reprints, reference to the journal is mandatory.

The electronic version of the journal is available on the website of the National Library of Ukraine named after V. I. Vernadskyi and the journal website <http://ojs.econindustry.org/>

Відповідальний редактор *О.С. Вишневецький*

Технічний секретар *М.С. Божик*

Літературний редактор *О.А. Кокорева*

Комп'ютерна верстка *О.Ю. Кисельова*

Підп. до друку 30.09.2025. Формат 60 × 84/8. Гарн. Minion Pro. Ум. друк. арк. 11,39. Обл.-вид. арк. 10,91. Тираж 50 прим. Зам. № 7807.

Видавець і виготовлювач Видавничий дім «Академперіодика» НАН України
01024, Київ, вул. Терещенківська, 4

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 544 від 27.07.2001 р.



<http://doi.org/10.15407/econindustry2025.03.003>

УДК 005.934.4:330.1:332.1(477)

JEL: B41, O18, O20, R58

Ірина Юрїївна ПІДОРИЧЕВА, д-р екон. наук, старший дослідник

E-mail: pidoricheva@nas.gov.ua; <https://orcid.org/0000-0002-4622-8997>;

Антоніна Сергїївна БАШ, аспірантка

E-mail: antonina.bash@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0006-8086-0626>

Інститут економіки промисловості НАН України

вул. Марії Капніст, 2, м. Київ, 03057, Україна

ТЕОРЕТИЧНЕ ОСМИСЛЕННЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ В КОНТЕКСТІ ПОВОЄННОГО РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ

На основі аналізу динаміки частоти використання терміна «реконструкція» у друкованій англомовній літературі за 1860—2022 рр. виявлено його зв'язок із шоками, кризами та діями щодо подолання їх наслідків, а також із позитивними суспільними трансформаціями. Поглиблено розуміння сутності реконструкції шляхом визначення базових і комбінованих типів змін, які їй притаманні, розкрито контекстуальну багатозначність цього терміна. Дана типологія містить структурований набір варіантів реконструкції для практичного застосування при стратегічному плануванні відновлення територій. У результаті порівняльного аналізу реконструкції з низкою дотичних понять визначено їх спільну рису та змістовні розбіжності.

Ключові слова: реконструкція, трансформація, відновлення, теорія, регіон, громада, Україна.

Україна наразі переживає вирішальний етап своєї історії, який визначить її майбутнє в умовах численних викликів і кардинальної трансформації системи світового порядку. Масштабні бойові дії завдали колосальних руйнувань і втрат, які більшою чи меншою мірою торкнулися всіх регіонів і секторів економіки України, суттєво послабивши її потенціал та оголивши системні проблеми, що накопичувалися протягом багатьох років. Тривала тенденція до скорочення обсягів промислового виробництва разом із збільшенням аграрно-сировинного експорту, яка спостерігалася ще до 2022 р., обумовила структурну слабкість української економіки, закріпила за країною невідгідну роль постачальника сировини на глобальному ринку

(Вишневецький, 2023, с. 17—18; Кіндзерський, 2023, с. 13—17). В умовах стагнації промислового виробництва та політики «дорогих грошей» Національного банку України це посилює макроекономічні ризики, формує хронічну залежність національної економіки від міжнародної допомоги. Якщо така економічна траєкторія буде зберігатися, Україна ризикує остаточно закріпити за собою сировинну спеціалізацію, що, як доводить Е. Райнерт (Райнерт, 2019), призведе до зростання бідності й фактично унеможливить швидке та якісне економічне відновлення країни.

Оскільки багато промислових підприємств, інфраструктурних і логістичних об'єктів потрібно будувати заново, а не перебудовувати, звичної модернізації, яка в останні десятиліття

Цитування: Підоричева І. Ю., Баш А. С. Теоретичне осмислення реконструкції в контексті повоєнного розвитку територій України. *Економіка промисловості*. 2025. № 3 (111). С. 3—22. <https://doi.org/10.15407/econindustry2025.03.003>

© Видавець ВД «Академперіодика» НАН України, 2025. Стаття опублікована на умовах відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

набула широкої популярності та на яку деякі науковці й експерти¹ (Антонюк, Ляшенко, 2025; Крехівський, Саліхова, 2022; Череп, Лещенко, 2024) покладають великі надії при відновленні країни, буде недостатньо. Модернізація, під якою розуміється «удосконалення, поліпшення об'єкта, приведення його у відповідність до нових вимог ринку та нормативів» (Завадський, Осовська, Юшкевич, 2006, с. 191), може відігравати в цих процесах допоміжну, але не провідну роль. При значних потрясіннях (шоках²), спричинених воєнними діями, процеси відновлення країни повинні мати системний, фундаментальний характер, передбачати інвестиційний розвиток і кардинальні трансформації для мінімізації їх наслідків, не обмежуючись поверхневими змінами чи точковими вдосконаленнями. Найбільш точно сутність необхідних змін відображає поняття реконструкції.

У сучасній науковій та експертно-аналітичній літературі, особливо перекладеній з англійської на українську мову, спостерігається неузгодженість понятійного апарату, що застосовується для опису процесів відновлення країн і регіонів, постраждалих унаслідок дії шоків і криз. Поняття «відновлення», «відбудова», «перебудова», «реконструкція», «модернізація» часто використовуються як взаємозамінні або компліментарні й такі, що не потребують роз'яснення, а вважаються цілком очевидними. Так, у доповіді Київської школи економіки «Стійкість, відбудова, відновлення: шлях вперед для України» (*Resilience, Reconstruction, Recovery: The Path Ahead for Ukraine*)³ наведені в назві терміни в тексті не розкриваються. Перший розділ доповіді «Розуміння реконструкції та відновлення України» (*Understanding Ukrainian Reconstruction & Recovery*) містить історичні відсилки, моральні та стратегічні аргументи на ко-

ристь надання міжнародної підтримки Україні для глобального миру та безпеки, майбутнього Європи та світової економіки. Тобто цей розділ відображає ідеологічно-ціннісні настанови, залишаючи поза увагою сутність і багатовимірність процесів реконструкції. Окрім термінів, зазначених у назві, у тексті також зустрічаються поняття *rebuilding*, *restoration*, *renovation*, інтерпретація яких у кожному конкретному випадку залишається на рівні інтуїтивної здогадки.

Звіт міжнародної консалтингової корпорації KPMG⁴ уже в своїй назві акцентує увагу на реконструкції. Проте в тексті цей термін не визначається, більше того, він часто вживається у зв'язі з *recovery* без уточнення їх сутнісних відмінностей. Як своєрідні маркери, що лише позначають спрямованість країни та регіонів на повоєнне відновлення, поняття *reconstruction* та *recovery* використовується, зокрема в аналітичному звіті про фінансову ситуацію в Україні Віденського інституту міжнародних економічних досліджень⁵; доповіді ОЕСР⁶, присвяченій регіональному розвитку та децентралізації в Україні, а також їх ролі у повоєнній реконструкції країни; аналітичному звіті Міжнародної організації праці⁷, у якому йдеться про три сектори національної економіки — будівництво, догляд за дітьми та електронну комерцію — з точки зору їх потенціалу у створенні

¹ Інститут економічних досліджень та політичних консультацій (2024). Основні пріоритети розвитку територіальних громад в контексті перспектив повоєнної модернізації української економіки https://amer.org.ua/wp-content/uploads/2024/10/MAIN-PRIORITIES_ua.pdf

² «Шок — це подія із переважно негативними наслідками упродовж відносно короткого періоду (на відміну від кризи з її довготривалою дією), в екстремумі — зі зломом попереднього стану соціо-економічної системи» (див.: Лібанова, 2024, с. 7).

³ CEPA, KSE (2024). Resilience, Reconstruction, Recovery: The Path Ahead for Ukraine. <https://cepa.org/comprehensive-reports/resilience-reconstruction-recovery-the-path-ahead-for-ukraine/>

⁴ KPMG (2022). Post-war Reconstruction of Economy: Case Studies. <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/ua/pdf/2023/01/post-war-reconstruction-of-economy-en.pdf>

⁵ Bogdan, T. (2024). Ukraine's fiscal developments and needs for economic recovery, reconstruction and European integration. Vienna Institute for International Economic Studies. Policy Notes and Reports 88. <https://wiiw.ac.at/ukraine-s-fiscal-developments-and-needs-for-economic-recovery-reconstruction-and-european-integration-dlp-7090.pdf>

⁶ OECD (2022). Rebuilding Ukraine by Reinforcing Regional and Municipal Governance. OECD Multi-level Governance Studies. OECD Publishing, Paris. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2022/12/rebuilding-ukraine-by-reinforcing-regional-and-municipal-governance_63099658/63a6b479-en.pdf

⁷ ILO (2022). Building a pathway for economic reconstruction: A rapid market assessment of construction, childcare and e-commerce in Ukraine. ILO Decent Work Technical Support Team and Country Office for Central and Eastern Europe (DWT/CO-Budapest). https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/%40europe/%40ro-geneva/%40sro-budapest/documents/briefingnote/wcms_863011.pdf

робочих місць і підтримки економічної реконструкції країни. Сутність і зміст *reconstruction* та інших дотичних понять у подібних матеріалах не розкриваються, а використовуються для умовного позначення процесів відновлення країни (в широкому розумінні).

У деяких дослідженнях розкрито зміст реконструкції через етапність її реалізації. Так, у дорожній карті⁸ реконструкція України представлена у вигляді трьох фаз, кожна з яких має різні цілі:

I. Екстреної допомоги (схожа на ту, що надається країнам у разі природної катастрофи);

II. Швидкого відновлення (*restoration*) критичної інфраструктури та послуг (економічних, урядових);

III. Закладання фундаменту для майбутнього зростання та модернізації.

Разом з тим у низці інших робіт реконструкція не розглядається як об'єднувальний базис, а позиціонується лише як одна з фаз процесу відновлення (*recovery process*). Наприклад, у доповіді⁹, присвяченій Україні, цей процес включає чотири етапи: екстреної допомоги (*relief*), реконструкції (*reconstruction*), модернізації (*modernization*) та вступу до ЄС (*accession to the EU*). Автори доповіді трактують реконструкцію як «швидке реагування на руйнування, спричинені війною, після досягнення перемир'я або врегулювання з акцентом на відновлення інфраструктури та мобілізацію ринкових механізмів»¹⁰. Таке бачення реконструкції має короткостроковий горизонт планування і зосереджується на швидкому усуненні наслідків воєнних дій — зменшенні руйнувань, відновленні інфраструктури, запуску ринкових механізмів. Водночас воно не відповідає концепції реконструкції, закріпленій Генеральною Асамблеєю ООН, під якою розуміється системне і тривале віднов-

лення, а саме: «середньо- та довгострокова перебудова (*rebuilding*) та стале відновлення (*sustainable restoration*) критично важливої інфраструктури, послуг, житла, об'єктів і засобів існування, необхідних для повноцінного функціонування громади або суспільства, що постраждали внаслідок катастрофи, відповідно до принципів сталого розвитку та підходу «відбудувати краще, ніж було», для уникнення або зменшення ризиків майбутніх лих»¹¹. Така перебудова покликана не лише усунути наслідки руйнувань у короткостроковому періоді, але й забезпечити відновлення функціонування регіонів і країн у довгостроковій перспективі на якісно новому рівні — на засадах сталого розвитку та підходу «відбудувати краще, ніж було». Тож у цих двох визначеннях очевидними є різна глибина та часовий фокус процесу реконструкції.

Аналіз академічної літератури дає змогу ґрунтовніше осмислити сутність реконструкції. Так, у монографічному збірнику (Реконструктивний економічний розвиток, 2016) розкривається зміст реконструктивного типу економічного розвитку України, який, на думку авторів, полягає в кардинальній перебудові основ соціально-економічної системи відповідно до власної ідентичності, географічної, геополітичної, історичної, ментальної та господарської суб'єктності України. Проте ця робота була опублікована ще до 2022 р., тому не враховує повною мірою специфіку реконструкції країни, яка постраждала внаслідок широкомасштабних воєнних дій. Воєнний конфлікт на сході України згадується у збірнику лише побіжно та не справляє істотного впливу на обґрунтування висновків авторів.

Отже, різноманітність підходів до інтерпретації реконструкції, її часте некритичне ототожнення з іншими, близькими за змістом, поняттями створює термінологічну невизначеність, призводить до вільного, а подекуди некоректного, використання понятійного апарату та множить суперечливі теоретичні й практичні висновки. Наприклад, якщо реконструкцію ототожнювати з модернізацією, то вона може звестися,

⁸ Becker, T. (2022). A Blueprint for the Reconstruction of Ukraine. *CEPR Press*. https://cepr.org/system/files/publication-files/147614-a_blueprint_for_the_reconstruction_of_ukraine.pdf, p. 7.

⁹ Ganster, R., Kirkegaard, J., Kleine-Brockhoff, T., & Stokes, B. (2022). Designing Ukraine's Recovery in the Spirit of the Marshall Plan: Principles, Architecture, Financing, Accountability: Recommendations for Donor Countries. *Issue Lab*. <https://search.issuelab.org/resource/designing-ukraine-s-recovery-in-the-spirit-of-the-marshall-plan-principles-architecture-financing-accountability-recommendations-for-donor-countries.html>, p. 4.

¹⁰ Там само, p. 4.

¹¹ Report of the Open-ended Intergovernmental Expert Working Group on Indicators and Terminology relating to Disaster Risk Reduction: Note by the Secretary-General/General Assembly United Nations. New York: UN, 1 Dec. 2016. https://www.preventionweb.net/files/50683_oiewgreportenglish.pdf, p. 21.

скажімо у вугільних регіонах, до простого оновлення обладнання шахт, ремонту доріг і комунікацій, упровадження екологічних заходів щодо ліквідації забруднень і не передбачати змін їх виробничої структури та моделі економіки. За такого підходу вугільні регіони й надалі потерпатимуть від депопуляції, геолого-екологічних проблем, економічної нестабільності та їх гуманітарних наслідків. Усе вищезазначене потребує поглибленого вивчення сутності реконструкції та її порівняння з іншими дотичними поняттями.

Метою статті є теоретичне осмислення поняття «реконструкція», систематизація та структурування знань щодо його еволюції, сутнісних характеристик, контексту застосування, спільних і відмінних рис з іншими дотичними поняттями. У процесі дослідження використано загальні методи наукового пізнання: історичної періодизації, порівняння, аналізу та синтезу, індукції та дедукції, а також діалектичний і логічний підходи.

Структурно стаття складається з трьох взаємопов'язаних частин. У першій частині представлено еволюцію терміна «реконструкція» в контексті історичних подій і сучасних викликів, проаналізовано динаміку частоти його використання в друкованій англійській літературі за період 1860—2022 рр. Друга частина присвячена поглибленню розуміння сутності реконструкції через визначення базових і комбінованих типів змін, які їй притаманні, розкриття контекстуальної багатозначності цього поняття. У третій частині виконано порівняльний аналіз реконструкції з іншими дотичними поняттями, визначено їх спільну характеристику та змістовні розбіжності. У висновках узагальнено основні результати дослідження.

Походження та еволюція терміна «реконструкція»

Термін «реконструкція» (*reconstruction*) має латинське походження, і широкого вживання він набув саме в англійській мові завдяки Реконструкції США після Громадянської війни, що сприяло його поширенню в міжнародному науковому та практичному обігу. Слово *reconstruction* утворилося шляхом додавання префікса *re-* («знову», «повторно») до іменника *construction* («будівництво», «конструкція»). Іменник *construction* походить від лат. *constructio*, сфор-

мованого за допомогою префікса *con-* («разом», «спільно») та дієслова *struere* («будувати», «влаштувати», «упорядковувати»). Тобто первинне значення терміна *reconstruction* означає «повторне спільне будівництво» або ширше, з огляду на історичні події та його практичний вжиток, — відновлення того, що було зруйновано.

Перше зафіксоване вживання слова *reconstruction* датується 1594 р. у творах англійського поета і драматурга Дж. Чапмена. Письменник використав іменник *reconstruction* у метафізичному сенсі для позначення процесів символічного відновлення та переосмислення внутрішнього стану людини, її знань і чеснот¹². Проте впродовж наступних століть, аж до середини ХІХ ст., термін *reconstruction* не набув значного поширення в літературі.

Згідно з даними, наведеними на рис. 1, частота використання цього терміна значно зросла у 1860-х роках, що обумовлено Реконструкцією США після Громадянської війни (1861—1865 рр.) — періодом в історії країни, під час якого докладалися зусилля щодо ліквідації наслідків рабства та реінтеграції південних штатів до складу США. Цей період супроводжувався значними політичними та соціально-економічними змінами, зокрема ухваленням нових законів і поправок до Конституції США, які скасовували рабство, надавали громадянство афроамериканцям і гарантували їм право голосу¹³.

Завершення періоду Реконструкції в США спричинило поступове зниження частоти вживання терміна аж до 1910-х років, коли інтерес до нього значно підвищився у зв'язку з відновленням Європи після Першої світової війни. У 1940-х роках зафіксовано черговий сплеск його популярності, що зумовлено масштабною реконструкцією Європи після Другої світової війни за Планом Маршалла (*European Recovery Act*)¹⁴. Між цими піками (1920 р. і

¹² Oxford English dictionary (n.d.). Reconstruction. https://www.oed.com/dictionary/reconstruction_n?tl=true

¹³ Encyclopedia Britannica (n.d.). Reconstruction. <https://www.britannica.com/event/Reconstruction-United-States-history>

¹⁴ National Archives (n.d.). Act of April 3, 1948, European Recovery Act [Marshall Plan]; Enrolled Acts and Resolutions of Congress, 1789—1996; General Records of the United States Government. Record Group 11. <https://www.archives.gov/milestone-documents/marshall-plan>

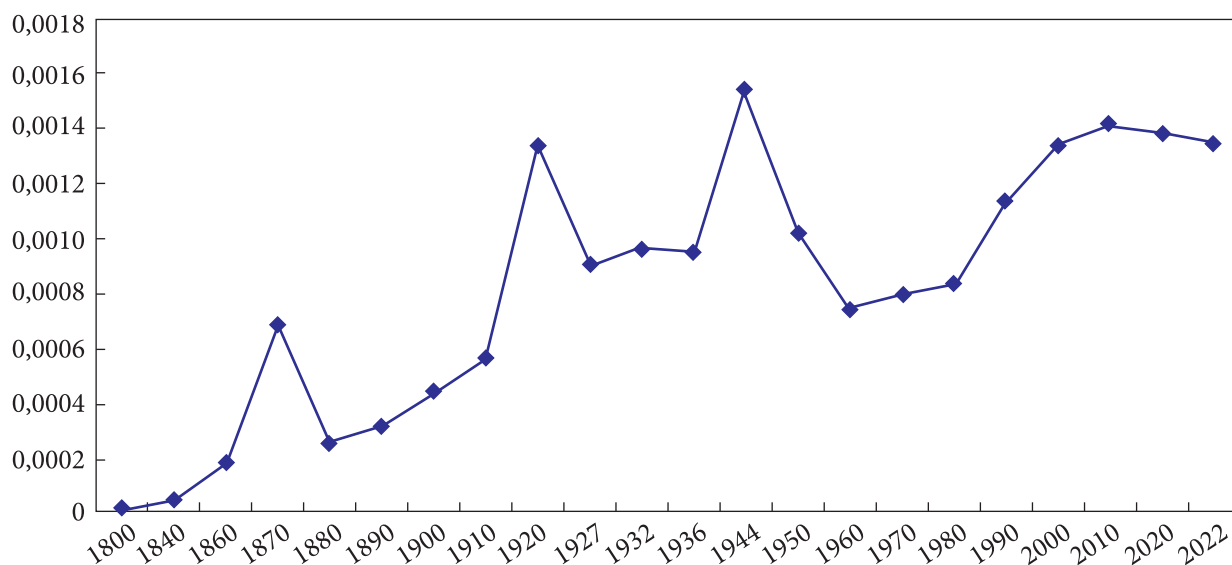


Рис. 1. Динаміка частоти використання терміна *reconstruction* в англомовній друкованій літературі на 1 млн слів
Джерело: складено авторами на основі Google Books Ngram Viewer (2022a). Reconstruction. https://books.google.com/ngrams/graph?content=reconstruction&year_start=1800&year_end=2022&corpus=en&smoothing=3

1944 р.) спостерігалось помірне зростання інтересу, яке припало на 1930-ті роки, що пояснюється економічними та інфраструктурними заходами, які запроваджувалися для подолання наслідків Великої депресії (1929—1939 рр.). Зокрема, Новий курс президента США Ф. Рузвельта (1933—1939 рр.) передбачав масштабні програми відновлення та реформи у сферах промисловості, сільського господарства, фінансів, праці, житлового будівництва, які сприяли стабілізації соціально-економічного становища США після економічної кризи^{15, 16}.

Досягнувши свого максимуму в 1940-х роках, у наступне десятиліття частота вживання терміна почала спадати, але все ще перевищувала рівень довоєнного періоду. Це можна пояснити тим, що, попри завершення Другої світової війни, процеси відновлення країн тривали, а соціально-економічна та інфраструктурна реконструкція набули системного характеру. Крім того, у цей період розпочалася активна фаза Холодної війни (1948—1953 рр.)¹⁷, що обумовило масштабний розвиток військово-промислового комплексу та модернізацію економік як США, так і СРСР та їхніх союзників.

¹⁵ Encyclopedia Britannica (n.d). New Deal. <https://www.britannica.com/event/New-Deal>

¹⁶ Encyclopedia Britannica (n.d). Great Depression. <https://www.britannica.com/event/Great-Depression>

¹⁷ Encyclopedia Britannica (n.d). Cold War. <https://www.britannica.com/event/Cold-War>

З 1960-х років і до початку XXI ст. простежується тенденція поступового зростання популярності реконструкції як підходу до відновлення та трансформації країн і регіонів. Це значною мірою пов'язане з процесами деколонізації країн Азії та Африки, а отже, трансформацією їх інституційної структури, активним розвитком міської інфраструктури на тлі урбанізації, а також завершенням Холодної війни, що фактично зупинило внутрішні конфлікти та громадянські війни, які вирували в багатьох країнах і підживлювалися суперництвом між США і СРСР¹⁸.

Після 2000-х років високий рівень інтересу до проблематики реконструкції пояснюється зростанням кількості глобальних шоків різної природи — воєнних, екологічних, соціально-економічних, фінансових. У цей період реконструкція здійснювалася переважно в країнах, що постраждали внаслідок внутрішніх конфліктів (Сирія, М'янма, Лівія, Ємен, Малі та ін.), а також у країнах, які зазнали наслідків масштабних природних і техногенних катастроф (цунамі 2004 р. в Індійському океані, землетрус 2005 р. у Пакистані, землетрус 2010 р. на Гаїті, землетрус, цунамі та аварії на атомній

¹⁸ del Castillo, G. (2008). Economic Reconstruction of War-Torn Countries: The Role of the International Financial Institutions. https://scholarship.shu.edu/cgi/viewcontent.cgi?params=/context/shlr/article/1085/&path_info=Del_Castillo_final.pdf

електростанції у префектурі Фукусіма 2011 р. у Японії, ураган «Марія» 2017 р. у Пуерто-Рико та ін.), світової фінансово-економічної кризи 2007—2008 рр. і пандемії COVID-19.

Водночас активне вживання терміна *reconstruction* у друкованій англomовній літературі на початку ХХІ ст. пов'язане також і з формуванням сучасної парадигми сталого розвитку. Орієнтиром у цьому контексті виступають Цілі сталого розвитку (ЦСР) ООН¹⁹, більшість з яких охоплюють важливі для реконструкції країн виміри. Так, ЦСР 9 зосереджена на розвитку економічного потенціалу та підвищенні добробуту населення шляхом модернізації інфраструктури, підтримки індустріалізації та стимулювання інновацій — чинників, що є ключовими для реконструкції, оскільки зменшують вразливість країн і суспільств до можливих майбутніх шоків і криз та формують сталу модель розвитку. ЦСР 11 надає пріоритет інклюзивному, безпечному та сталому розвитку міст, які часто зазнають найбільших втрат під час внутрішніх конфліктів, воєн, природних катастроф через, зокрема, високу щільність населення та концентрацію критичної інфраструктури, промислових й адміністративних об'єктів.

Як зазначає директор Інституту землі Колумбійського університету професор Дж. Д. Сакс у зверненні до Ради Безпеки ООН, сучасна епоха позначена низкою затяжних і руйнівних воєн: війною в Україні, яка розпочалась у 2014 р.; ізраїльсько-палестинською війною, що періодично спалахує з 1967 р.; сирийською війною, яка розпочалась у 2011 р., Сахельськими війнами, які вирують з 2012 р. Вони забрали мільйони життів, абсорбували трильйони доларів військових витрат, зруйнували природне, культурне та економічне багатство, що створювалося поколіннями. Учений підкреслює, що «війни є найгіршим ворогом сталого розвитку», і пропонує заснувати новий Фонд миру та розвитку (*Peace and Development Fund*), щоб допомогти цим країнам здійснити перехід від війни до миру, від бідності до сталого розвитку. Зокрема, Україні знадобляться значні кошти на фінансування реконструкції та

¹⁹ United Nations (2015). Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development A/RES/70/1. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf>

створення нової фізичної інфраструктури: портів, швидкісної залізниці, 5G, відновлюваних джерел енергії²⁰.

Отже, аналіз частоти використання терміна *reconstruction* в англomовній друкованій літературі в різні історичні періоди дозволив зіставити його з реальними подіями (внутрішніми конфліктами, повоєнними періодами, економічними кризами, природними катастрофами), простежити еволюцію значень цього поняття в часі та показати його актуальність у сучасних умовах. Відносна частота використання даного терміна за більш ніж півтора століття (з 1860 по 2022 р.) набагато збільшилася (у 7,7 раза), що свідчить про зростання його значимості в дослідженнях суспільних змін, процесів відновлення та трансформації країн. За цей період поняття реконструкції еволюціонувало від конкретних історичних процесів, таких як ліквідація наслідків рабства в США та повоєнна відбудова Європи за Планом Маршалла, до багатозначної категорії, яка охоплює широкий спектр процесів, а саме: відновлення країн після міждержавних і внутрішніх воєн, реагування на природні катастрофи, деколонізація та зміна інституційної структури постколоніальних країн, модернізація міської інфраструктури на тлі урбанізації, а також трансформація соціально-економічних й екологічних систем як відповідь на економічні кризи, пандемії та кліматичні зміни.

Сутність реконструкції: типи змін і контекстуальна багатозначність поняття

У табл. 1 наведено визначення поняття *reconstruction* («реконструкція»), згруповані за джерелами інформації, та їх контекстуальний аналіз.

Аналіз і систематизація інформації, наведеної в табл. 1, дозволяє дійти таких висновків:

1. Реконструкція є багатозначним поняттям і застосовується в різних контекстах: будівельному та інфраструктурному (наприклад, якщо йдеться про відновлення або перебудову будівель, доріг, споруд); інженерному та архітектурному (технічне переоснащення, удосконалення інженерних конструкцій і систем); соціально-

²⁰ JDS (2023). Prof. Jeffrey Sachs' Testimony to the UN Security Council. https://www.jeffsachs.org/newspaper-articles/h2ljgxm4c7p336dcgrx8nab47fb5j?utm_source=chatgpt.com

Таблиця 1. Визначення поняття «реконструкція» та їх контекстуальний аналіз

Джерело	Визначення	Контекст (сфера застосування) й особливості визначення
The Britannica Dictionary	<p>1) «Дія або процес повторного будівництва об'єкта, який був пошкоджений або зруйнований» (наприклад, реконструкція дамби);</p> <p>2) «процес відновлення чого-небудь (наприклад, країни) до належного стану» (реконструкція повоєнної Європи);</p> <p>3) «процес, у якому подія або серія подій ретельно аналізуються для встановлення або точного відтворення того, що сталося» (реконструкція злочину);</p> <p>4) (історія США) «історичний період з 1867 р. до 1877 р., коли південні штати знову приєдналися до північних після Громадянської війни»</p>	<p>1. Фізичне відновлення зруйнованих або пошкоджених матеріальних об'єктів (будівель, споруд, систем та ін.) (інфраструктурний контекст).</p> <p>2. Відновлення функціонування країни, економіки та суспільства (соціально-економічний та політичний контекст).</p> <p>3. Аналітичне відтворення подій для точного їх розуміння (криміналістичний контекст).</p> <p>4. Період Реконструкції після Громадянської війни в США (історичний та політичний контекст)</p>
Collins Dictionary	<p>1) «Процес повернення країни до нормального стану після війни, наприклад, шляхом зміцнення економіки та заміни пошкоджених будівель»;</p> <p>2) «реконструкція будівлі, споруди або дороги — це діяльність з її повторного будівництва, оскільки вона була пошкоджена»;</p> <p>3) «реконструкція злочину або події — це процес, під час якого намагаються зрозуміти або точно відтворити те, що сталося, часто шляхом імітації чи відтворення дій»;</p> <p>4) Реконструкція в історії США — «період після Громадянської війни, коли південні штати були реорганізовані та реінтегровані до складу США (1865—1877 рр.)»</p>	<p>1. Відновлення функціонування країни, економіки та суспільства після війни (соціально-економічний та політичний контекст).</p> <p>2. Відбудова пошкоджених матеріальних об'єктів (інфраструктурний контекст).</p> <p>3. Аналіз злочинів (криміналістичний контекст).</p> <p>4. Політична реорганізація, соціальні зміни та реінтеграція (історичний та політичний контекст)</p>
Oxford Learner's Dictionaries	<p>1) «Процес зміни або удосконалення стану чого-небудь або способу його функціонування; процес відновлення об'єкта до його попереднього стану» (наприклад, реконструкція системи освіти; повоєнна реконструкція Німеччини; проект з реконструкції міста);</p> <p>2) «діяльність, спрямована на повторне зведення об'єкта, який був пошкоджений або зруйнований» (реконструкція після циклону);</p> <p>3) «копія чогось, що більше не існує» (історична реконструкція, заснована на сучасних документах);</p> <p>4) «акт реконструкції подій, які достеменно відомі, з метою отримання додаткової інформації або кращого розуміння того, що сталося, особливо у контексті розслідування злочинів»;</p> <p>5) «Реконструкція (у США): історичний період після Громадянської війни, коли південні штати повернулися до складу США, а також прийняття законів, які надали права афроамериканцям»</p>	<p>1. Акцент на вдосконаленні стану об'єктів або їх функціональних можливостей (широкий контекст).</p> <p>2. Відбудова пошкоджених матеріальних об'єктів (інфраструктурний контекст).</p> <p>3. Історичний, політичний та/або культурний контекст.</p> <p>4. Криміналістичний контекст</p>
Офіс Організації Об'єднаних Націй зі зменшення ризику стихійних лих	«Середньо- та довгострокова перебудова й стале відновлення критично важливої інфраструктури, послуг, житла, об'єктів та засобів існування, необхідних для повноцінного функціонування громади або суспільства, що постраждали внаслідок катастрофи, відповідно до принципів сталого розвитку та підходу «відбудувати краще, ніж було», для уникнення або зменшення ризиків майбутніх лих»	Відновлення після катастрофи з акцентом на стійкість і сталий розвиток; стале відновлення інфраструктури, послуг, житла для підвищення їх адаптивності до змін; упровадження принципу «відбудувати краще, ніж було» (соціально-економічний, екологічний контекст)

Джерело	Визначення	Контекст (сфера застосування) й особливості визначення
А. Гриценко	«1) Докорінна перебудова; 2) відновлення власної ідентичності, самості та суб'єктності. Інакше кажучи, в цьому контексті реконструкція економіки України означає не просто її корінну перебудову відповідно до якогось проекту, а таку корінну перебудову, яка покликана реалізувати сутнісні особливості та переваги України (її самість) в усіх аспектах (географічному, геополітичному, природному, господарському, історичному, ментальному, поведінковому і т. ін.) тією мірою, якою вони впливають на економічний розвиток»	Докорінна перебудова економіки на основі відновлення її ідентичності, самостійності, суб'єктності як процесу формування економічної незалежності та самовизначення (економічний, соціокультурний контекст)
Термінологічний словник довідник з будівництва та архітектури за заг. ред. Р. Шмига	«1) Перебудова споруди для поліпшення її функціонального призначення; 2) відтворення порушеного первісного вигляду населеного пункту, архітектурного ансамблю або окремої будівлі, а також творів скульптури, декоративно-ужиткового мистецтва тощо»	1. Орієнтація на оновлення об'єкта для підвищення його функціональності (технічний та архітектурний контекст). 2. Збереження історичної спадщини та автентичності; реконструкція мистецьких та архітектурних об'єктів (історичний, культурний та естетичний контекст)
Державні будівельні норми України	«Перебудова введеного в експлуатацію в установленому порядку об'єкту будівництва, яка передбачає зміну його геометричних розмірів та/або функціонального призначення, основних техніко-економічних показників (кількість продукції, потужність тощо), удосконалення виробництва, підвищення його техніко-економічного рівня та якості продукції, що виготовляється, поліпшення умов експлуатації та проживання, якості послуг»	Перебудова об'єктів будівництва шляхом зміни їх функцій або окремих параметрів (розмірів, продуктивності); підвищення ефективності виробництва, якості продукції/послуг та умов експлуатації (будівельний, техніко-економічний контекст)
Й. Завадський, Т. Осовська, О. Юшкевич	«1) Докорінне переобладнання; 2) перебудова за новими принципами; 3) відтворення за залишками або описами, що залишилися»	1. Докорінна перебудова об'єкта за новими принципами (широкий контекст). 2. Відтворення об'єктів або явищ на основі доступних матеріальних або текстових доказів для збереження спадщини (культурний, історичний контекст)
Словник української мови у 20 томах	«1) Перебудова, переобладнання чого-небудь з метою вдосконалення; 2) відтворення, відновлення первісного вигляду чого-небудь за рештками або описами»	1. Акцент на удосконаленні об'єктів (широкий контекст). 2. Орієнтація на збереження автентичності та історичної спадщини через відновлення на основі наявних описів (історичний, культурний контекст)
Словник іншомовних слів за ред. О. Мельничука	«1) Докорінна перебудова чого-небудь з метою поліпшення, удосконалення, впорядкування (Р. народного господарства, Р. міста); 2) відтворення, відновлення чого-небудь за рештками, описами, що збереглися»	1. Докорінна перебудова об'єктів для усунення їх недоліків і забезпечення нових можливостей розвитку (широкий контекст). 2. Збереження автентичності об'єктів на основі доступних джерел і матеріалів (історичний, культурний контекст)

Джерело: складено авторами на основі (Реконструктивний економічний розвиток, 2016, с. 7; Термінологічний словник-довідник, 2010, с. 167; Завадський, Осовська, Юшкевич, 2006, с. 268).

економічному та політичному (відновлення функціонування країни, оздоровлення економіки та суспільства після війни); історичному, культурному та естетичному (відтворення історичних подій, пам'яток архітектури, мистецьких об'єктів) та ін. Це свідчить про його комплексний характер.

2. Термін «реконструкція» більшою мірою відповідає завданням повоєнного розвитку, ніж модернізація, яка передбачає «створення чогось сучасного за зовнішнім виглядом». Доречним із цього приводу є приклад, який наводить А. Гриценко: коли модернізують сталеплавильний завод, він зберігає свою функцію, але стає технологічно досконалішим; якщо ж він перетворюється на торговий центр, то така зміна вже не є модернізацією, оскільки відбувається трансформація його сутності та функціонального призначення (Реконструктивний економічний розвиток, 2016, с. 9). *Тобто коли внаслідок воєнних дій примітивна економіка зазнала суттєвого скорочення, а сировинна «хвороба» на цьому тлі лише загострилася, то немає жодного сенсу у відтворенні її довоєнної зовнішньої форми (здійсненні модернізації) без кардинальної перебудови її внутрішнього змісту (структури) — тут необхідна реконструкція.*

3. При визначенні сутності реконструкції простежується декілька базових типів змін: оновлення або вдосконалення — у деяких джерелах (наприклад, *Oxford Learner's Dictionaries*) підкреслюються модернізаційні аспекти реконструкції, спрямовані на поліпшення об'єкта або способу його функціонування; *докорінна перебудова або трансформація* — реконструкція визначається як фундаментальна перебудова об'єкта з акцентом на реалізацію його сутності або нових принципів функціонування (зокрема, на думку А. Гриценка); *відновлення після руйнувань* — акцент на необхідності сталого та заснованого на якісно нових змінах відновлення різних сфер суспільства після катастроф, внутрішніх конфліктів і воєн (зокрема, позиція ООН).

Схематично взаємозв'язок між типами змін, які відображають сутність реконструкції, відображено за допомогою діаграми Вена (рис. 2).

Перетинання між типами змін демонструють можливі комбіновані підходи до реконструкції:

1) «адаптивне відновлення» охоплює випадки, коли підприємства, регіони, економічні системи тощо відновлюються після руйнувань

зі збереженням своїх функцій, але не в початковому вигляді, а шляхом покращення окремих параметрів з метою адаптації до нових умов через, наприклад, технологічну модернізацію виробничих потужностей, підвищення енергоефективності та безпеки будівель, упровадження цифрових технологій у промисловість;

2) «трансформаційне відновлення» ілюструє ситуації, коли відновлення зруйнованих (пошкоджених) об'єктів не обмежується їх поверненням до попереднього стану або поверхневим удосконаленням, а супроводжується переосмисленням сутності об'єкта, його функцій та ролі в системі. Історія налічує чимало прикладів таких, зокрема економічних, перетворень. Так, повоєнна Японія не просто відновила зруйновану економіку, а здійснила її структурну перебудову від аграрно-мілітаристської моделі до індустріально-експортної. Інший приклад — Рурський регіон Німеччини, який перетворився з осередку важкої промисловості на динамічний постіндустріальний центр із фокусом на освіту та креативні індустрії. Кількість вугільних шахт, які працювали в регіоні протягом 1956—2006 рр., скоротилася у 23,5 раза, а чисельність шахтарів — у 16,8 раза. Одночасно зі згортанням вугільної та металургійної промисловості спостерігалось зростання кількості закладів вищої освіти, що стало особливо помітним, з урахуванням відсутності університетів у регіоні до 1963 р. При цьому колишні шахти та сталеливарні заводи не руйнувалися, а перебудувалися в культурні об'єкти, зберігаючи свій індустріальний колорит. Одним із яскравих прикладів є перетворення найбільшої вугільної шахти «Цехе Цольверейн» у м. Ессен на центр *промислового дизайну та відпочинку*²¹;

3) «оновлення з функціональними змінами» відображає ситуації, коли оновлення об'єктів супроводжується трансформацією їх функцій, але не внаслідок чи без необхідності відновлення після руйнувань чи пошкоджень. Тобто цей процес розгортається в межах наявних об'єктів, коли їх внутрішній зміст, цільове призна-

²¹ Підоричева І. Ю. (2017, 19 травня). Back to the Future. Як депресивному промислому регіону використати індустріальну спадщину на свою користь, зробивши ривок у майбутнє? Дзеркало тижня. https://zn.ua/ukr/macrolevel/back-to-the-future-yak-depresivnomu-promislovomu-regionu-vikoristati-industrialnu-spadschinu-na-svoyu-korist-zrobivshirivok-u-maybutnye-242972_.html



Рис. 2. Базові та комбіновані типи змін, які визначають сутність реконструкції
Джерело: розроблено авторами.

чення змінюються через нові умови суспільно-економічного розвитку. У цьому випадку можливі різні варіанти поєднання оновлення та докорінної перебудови. Наприклад, під час перебудови занедбаного промислового заводу чи вугільної шахти в науковий (технологічний) парк частина виробничих приміщень може бути збережена або осучаснена шляхом заміни обладнання, впровадження ресурсозберігаючих технологій та інших інноваційних рішень, а решта — набути нових функцій у вигляді офісів, лабораторій, бізнес-інкубаторів, що сприятиме розвитку технологій і підприємництва. Історичним прикладом такої реконструкції є науковий парк Рейн-Ельба в м. Гельзенкірхе (Німеччина), створений на базі занедбаного сталеливарного заводу. Цей проект був ініційований для диверсифікації економіки міста та Рурського регіону загалом, які не мали на той час (кінець 1980-х років) виразної наукової спрямованості. Завдяки спільним зусиллям та інвестиціям Європейського Союзу, землі Північна Рейн-Вестфалія та компанії *RWE Energy*

AG місто вдалося перепрофілювати з центру важкої промисловості та традиційної енергетики на осередок розвитку сонячної енергетики і чистих енергетичних технологій²²;

4) «комплексне відновлення» — це найбільш багатоаспектний та структурно складний тип змін, що поєднує процеси ліквідації наслідків руйнувань, зумовлених дією шоків і криз, з оновленням (удосконаленням) окремих параметрів об'єктів, систем та/або трансформацією їх внутрішнього змісту та функціонального призначення. Наприклад, кардинальна трансформація Південної Кореї, яка після Корейської війни 1950—1953 рр. змогла подолати аграрну відсталість і здійснити економічну, соціальну, інституційну, технологічну трансформацію, розвинувши індустріально-інноваційну економіку. Іншим прикладом в українських реаліях є реконструкція шахтарських громад. В Україні налічується близько двадцяти таких громад, розташованих у Донецькій, Луганській, Дніпропетровській, Волинській та Львівській областях,

²² Там само.

де загалом проживає приблизно 850 тис. осіб (Cherevatskyi, Mykhnenko, Soldak, 2023, p. 573). Частина цих громад, переважно на сході країни, зазнала значних руйнувань унаслідок воєнних дій. З урахуванням проблем депопуляції та складної екологічної ситуації в цих громадах (Mykhnenko, 2023) просте повернення цих територій до довоєнного стану є безперспективним. Поверхневі, точкові заходи (наприклад, рециклінг накопичених шахтарськими громадами відходів) також не вирішать численних хронічних проблем. Як зазначають автори статті (Cherevatskyi, Mykhnenko, Soldak, 2023, p. 573), це не забезпечить виживання вугільних регіонів, а може служити лише тимчасовим засобом підтримки місцевих громад. Відновлення шахтарських громад потребує комплексної, багатаспектної реконструкції, спрямованої на глибокі структурні зміни й екологічне оздоровлення.

Отже, реконструкція є багатовимірним процесом, що охоплює різноспрямовані, але взаємопов'язані типи змін, що передбачають як фізично-просторові, так і функціональні перетворення на рівні вдосконалення (оновлення) та/або докорінної перебудови (трансформації) з метою усунення наслідків дії шоків і криз або реалізації суспільних трансформацій.

Запропонована типологія змін (див. рис. 2) виконує не лише теоретико-методологічну функцію, а може стати практичним інструментом для ухвалення рішень щодо доцільного типу змін залежно від цілей реконструкції та стратегічних пріоритетів розвитку конкретної території чи країни загалом. Це є особливо актуальним у контексті існуючої системи трирівневого стратегічного планування регіонального розвитку України: Державна стратегія регіонального розвитку — регіональні стратегії розвитку — стратегії розвитку територіальних громад (п. 2 ст. 7 Закону України від 09.07.2022 р. № 2389-IX²³). У даних документах визначено стратегічні на оперативні цілі, сформульовано завдання розвитку країни, регіонів і громад, під які розробляються відповідні плани заходів. Однак ці стратегії та плани не містять чіткої методичної або аналітичної основи для ви-

²³ Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо засад державної регіональної політики та політики відновлення регіонів і територій: Закон України від 09.07.2022 № 2389-IX. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2389-20#Text>

бору найбільш доцільного типу втручання, який би відповідав конкретним потребам і можливостям тієї чи іншої території. Вони не пояснюють, чому саме обрано той чи інший набір заходів, який тип змін покладено в їх основу. Як результат, брак належного інструментарію для ухвалення обґрунтованих управлінських рішень у поєднанні з формально визначеною, але фактично недіючою системою відповідальності за реалізацію цих документів, а подекуди відсутність належного фінансування зводять стратегічне планування до рівня декларацій. У цьому контексті запропонована типологія може сприяти підвищенню обґрунтованості управлінських рішень, створюючи можливості для визначення найбільш доцільного типу змін залежно від ступеня руйнувань і потреб конкретної території — від адаптивного відновлення у відносно стабільних громадах, таких як курортно-рекреаційні території на заході країни, до комплексного відновлення найбільш постраждалих територій, зокрема депресивних шахтарських громад на сході країни. Вона може виступати системою орієнтирів для аналізу та ухвалення рішень, вибору пріоритетних проектів відновлення регіонів і громад.

Використання даної типології при стратегічному плануванні відновлення й розвитку України та її територій потребує доповнення її відповідним теоретичним підґрунтям процесу стратегування. Таким підґрунтям може стати загальна теорія стратегування О. Вишневського (Вишневський, 2018; Вишневський, 2021, с. 72—174), у рамках якої стратегічне управління розглядається як нематеріальний актив, що забезпечує суб'єктність організацій і територій та їх здатність до цілеспрямованого розвитку, а також обґрунтовується високорівнева частина стратегії, що включає місію, бачення та цінності як квінтесенцію сучасних розділів філософії: онтології, гносеології та аксіології. Відповідність високорівневих елементів стратегії складовим «філософської трійки» забезпечує універсальність цієї теорії, можливість її застосування до різних рівнів — від індивідуального до національного.

Отже, згідно з основними положеннями загальної теорії стратегування О. Вишневського імплементація зазначеної типології в практику стратегічного планування регіонального розви-

тку передбачає доповнення її трьома філософськими вимірами стратегії. *Онтологічний вимір* потребує визначення *місії території* — для чого вона існує, кому служить (хто виступає цільовими групами), на чому спеціалізується, що створює базу для обґрунтованого вибору типу змін (базового або комбінованого). *Гносеологічний вимір* передбачає формування *бачення* — образу бажаного майбутнього території, що має відповідати специфіці обраного типу змін (від збереження існуючого стану до кардинальних трансформацій). *Аксіологічний вимір* визначає *цінності* як керівні принципи та пріоритети розвитку території, які формують основу для прийняття рішень щодо реалізації відповідного типу змін (збереження традицій, спеціалізації, спадщини або структурні зміни, перепрофілювання, зміна спеціалізації території, а також швидкість, якість та вартість змін). Такий підхід збагачує запропоновану типологію філософським обґрунтуванням і підвищує її цінність як інструменту стратегічного планування відновлення територій.

Порівняння реконструкції з дотичними поняттями

В англійських словниках поняття *reconstruction* визначається через такі синоніми: *rebuilding, reform, restoration, remake, remodelling, regeneration, renovation, reorganization, re-creation, re-establishment, repair, recovery, renewal, rehabilitation, refurbishing, refreshment, rejuvenation, revitalization*²⁴. Однак не всі з них мають відповідне змістовне навантаження в контексті реконструкції країн і регіонів, постраждалих унаслідок дії шоків і криз. Деякі з наведених синонімів лише лексично схожі з поняттям *reconstruction* і мають відношення до вузькоспеціалізованих сфер. Наприклад, *refreshment* має побутове (їжа та напої) та емоційне (відчуття оновлення, відпочинку) наповнення (сфера повсякденного життя); *remake* стосується продуктів культури, ІТ (кіно- та ігрової індустрій, музики) як переробленої версії оригінального твору (програмного продукту); *rejuvenation* означає процеси омолодження у фізичному та філософському смислах.

Серед синонімів до слова *reconstruction* відсутнє поняття *modernization*, пов'язане з від-

мінностями словотворення, а також із різною логікою характерних змін. Так, реконструкція має відтворювальний характер і найчастіше асоціюється з постшоковим, посткризовим відновленням, тоді як модернізація спрямована на осучаснення функціонуючих об'єктів, систем і має здебільшого інноваційну конотацію. Водночас, як зазначено вище, модернізація може бути частиною реконструкції, а реконструкція — складовою модернізації, проте за своїм змістом ці процеси є нетотожними.

Зіставлення поняття *reconstruction* із дотичними поняттями (*modernization, recovery, restoration, renovation, renewal, revitalization, rebuilding, regeneration*) (табл. 2) дає змогу визначити їхню спільну характеристику: всі вони відображають процеси змін як відповідь на певні виклики та потреби. Навіть ті з них, що *не* передбачають докорінних перетворень і спрямовані на повернення об'єкта до попереднього стану чи збереження його первинного вигляду (як у випадку *restoration*), втілюють процеси змін, оскільки адаптують об'єкт до сучасних умов із використанням наявних ресурсів, управлінських підходів, методів тощо.

Головні відмінності між цими поняттями визначено за такими критеріями:

- глибина змін — повернення до попереднього стану / покращення / функціональна трансформація об'єктів;
- масштаб змін — людина / підприємство (будівля, споруда) / громада / регіон / країна / група країн;
- об'єкт змін — матеріальні об'єкти / нематеріальні об'єкти;
- часовий горизонт — короткостроковий / довгостроковий;
- ініціатор змін — держава / місцева влада / громада / приватний сектор.

Ці процеси можуть поєднуватися, комбінуватися, створюючи гібридні моделі змін. Так, у Комюніке Європейської Комісії «*Ukraine Relief and Reconstruction*» реконструкція України представлена як багатовимірний процес, що поєднує елементи відбудови (*rebuilding*), модернізації (*modernization*) та відновлення (*recovery*) (рис. 3).

Отже, серед усіх дотичних понять (див. табл. 2) *reconstruction* (реконструкція) є найбільш широким і комплексним. Воно інтегрує різні типи змін (оновлення/удосконалення, до-

²⁴ Collins Dictionary (2025b). Synonyms of 'reconstruction' in British English. <https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english-thesaurus/reconstruction>.

Таблиця 2. Порівняння реконструкції з дотичними поняттями

Поняття	Сутність	Контекст застосування	Глибина змін, відмінні риси	Приклади використання у назвах і текстах офіційних документів
Reconstruction (реконструкція)	Відновлення, докорінна перебудова, оновлення об'єкта після можливого руйнування, пошкодження або втрати функціональності	Має широкий контекст застосування — від будівництва та архітектури до економіки, політики та історії	Комплексне багатомірне (фізичне, економічне, соціальне, політичне та ін.) відновлення; поєднує елементи оновлення, удосконалення з глибинною перебудовою об'єктів, зазвичай після шоків і криз	Комюніке Європейської Комісії « <i>Ukraine Relief and Reconstruction</i> » окреслює стратегічне бачення ЄС щодо підтримки України у процесі її повоєнного відновлення ¹
Recovery (відновлення)	Повернення об'єкта до попереднього стану, покращення або адаптація до нових умов після шоків, криз, технічних збоїв	Має широкий контекст застосування — від інфраструктури та ІТ до екології та охорони здоров'я	Акцент на поновленні нормального стану об'єкта після воєн/природних катастроф/криз/екологічних змін/технічних збоїв	« <i>European Recovery Act</i> » (<i>Marshall Plan</i>) ² « <i>The United Nations Recovery and Peacebuilding Programme</i> » є складовою Програми розвитку ООН в Україні, яка спрямована на економічне відновлення постраждалих унаслідок воєнних дій громад, прискорення процесів децентралізації, реформування системи охорони здоров'я, зміцнення громадської безпеки та соціальної згуртованості в громадах ³
Modernization (модернізація)	Осучаснення, удосконалення об'єкта шляхом упровадження нових технологій і підходів зі збереженням його функціонального призначення	Охоплює економічні, соціальні, політичні, технологічні, інституційні, культурні аспекти	Фокус на інноваціях та адаптації до сучасних вимог без зміни призначення та функцій об'єкта	У стратегічному промисловому плані Китаю « <i>Made in China 2025</i> » « <i>industrial modernisation</i> », « <i>technological modernisation</i> » розглядаються як основні інструменти перетворення країни на «виробничу наддержаву» (<i>manufacturing superpower</i>) ⁴
Restoration (реставрація, відновлення)	Повернення об'єкта до попереднього стану, максимальне збереження його первинного вигляду	Архітектура, культура, екологія	Оновлення без зміни функцій об'єкта зі збереженням його історико-культурної та архітектурної автентичності	« <i>Preserving and restoring monuments and historic buildings</i> » — дослідження ЮНЕСКО, присвячене методам збереження та реставрації історичних пам'яток і будівель ⁵
Renovation (реновація)	Відновлення об'єкта, що перебуває в занедбаному стані, з метою покращення його функціональності та естетичного вигляду	Архітектура, будівництво, дизайн	Фізичне (візуальне) оновлення будівель, зокрема з адаптацією до сучасних стандартів, без зміни функціонального призначення	« <i>Renovation Wave Strategy</i> » — стратегічна ініціатива Європейської Комісії щодо покращення енергоефективності будівель у ЄС ⁶

Поняття	Сутність	Контекст застосування	Глибина змін, відмінні риси	Приклади використання у назвах і текстах офіційних документів
Renewal (поновлення)	Відбудова великої території (міста, регіону) під державним управлінням	Урбаністика, місцевий розвиток, державне управління	Відбудова зосереджена на кардинальній зміні, зазвичай зовнішнього вигляду території; має негативну конотацію, оскільки в деяких випадках в історії зводилася до виселення мешканців і втрати територією своєї автентичності; переважно ініціюється «згори» — державними структурами	«US Federal Urban Renewal Program» — сукупність національних і місцевих стратегій, програм і проєктів, реалізованих у переважній більшості американських міст у 1950—1970-х роках ⁷
Revitalization (ревіталізація, відродження)	Відродження життя в певному просторі (громаді, регіоні) через комплексне інклюзивне, стале оновлення	Урбаністика, місцевий розвиток, культура	На відміну від <i>renewal</i> , поєднує фізичні, соціально-економічні та екологічні зміни (оновлення громадського простору, розвиток малого підприємництва, культурні ініціативи) для забезпечення життєздатності та привабливості території при збереженні її автентичності; зазвичай ініціюється «знизу» — мешканцями та реалізується в партнерстві з місцевою владою	«Urban Revitalisation in the Baltic Sea Region» — брошура, підготовлена міжурядовою ініціативою країн Балтійського регіону, у якій запропоновано різні підходи до покращення життя в занедбаних частинах міст, постраждалих унаслідок кризи ⁸
Rebuilding (відбудова, відновлення)	Відбудова матеріальних і нематеріальних об'єктів після того, як вони були пошкоджені або зруйновані	Охоплює інфраструктурні, економічні, соціальні та інституційні аспекти	Відбудова країни/регіону/міста, їх секторів, сфер, інституцій, а також окремих матеріальних об'єктів	«Rebuilding Ukraine with the Private Sector» — керівництво, підготовлене Державною установою «Офіс із залучення і підтримки інвестицій» для інвесторів, у якому висвітлено можливості приватного сектору щодо відновлення економіки України ⁹

Джерело: складено авторами.

Примітки: ¹ Eur-Lex (2025). Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions “Ukraine Relief and Reconstruction”. European Commission. Brussels, 18.5.2022. COM(2022) 233 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/txt/?uri=celex:52022dc0233>; ² National Archives (n.d). Act of April 3, 1948, European Recovery Act [Marshall Plan]; Enrolled Acts and Resolutions of Congress, 1789—1996; General Records of the United States Government. Record Group 11. <https://www.archives.gov/milestone-documents/marshall-plan>; ³ UNDP (2025). Inclusive Development, Recovery and Peacebuilding. Ukraine. <https://www.undp.org/ukraine/inclusive-development-recovery-and-peacebuilding>; ⁴ Wübbecke J. et al. (2016). Made in China 2025. The making of a high-tech superpower and consequences for industrial countries. *Merics*. <https://merics.org/sites/default/files/2020-04/Made%20in%20China%202025.pdf>; ⁵ UNESCO (1972). Preserving and restoring monuments and historic buildings. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000001105>; ⁶ European Commission (2020). Renovation Wave: doubling the renovation rate to cut emissions, boost recovery and reduce energy poverty. Brussels. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_1835; ⁷ Klemek C. (2018).

National Urban Renewal. Oxford Research Encyclopedia of American History. <https://oxfordre.com/americanhistory/view/10.1093/acrefore/9780199329175.001.0001/acrefore-9780199329175-e-147>; ⁸ VASAB Secretariat (2016). Urban Revitalisation in the Baltic Sea Region. https://vasab.org/wp-content/uploads/2018/06/2016_VASAB_Urban_Revitalisation_inBSR_web.pdf; ⁹ UkraineInvest (2023). Rebuilding Ukraine by Reinforcing Regional and Municipal Governance. <https://me.gov.ua/view/d471809b-f224-41f2-8e96-aacef6a43429>.

корінну перебудову), які поширюються на матеріальні (будівлі, інфраструктуру, території) та нематеріальні (економіку, соціальну сферу, інституції) об'єкти, що зазнали руйнувань або потребують трансформації.

Зміст інших понять є вужчим і зазвичай обмежується фізичним відновленням об'єктів або поверхневими змінами. Наприклад, *revitalization* («ревіталізація») та *regeneration* («регенерація») мають переважно територіальну та соціальну спрямованість — відновлення життєздатності, забезпечення привабливості території шляхом покращення функціональності без кардинальної зміни її ролі в системі просторового розвитку. Як приклад ревіталізації та регенерації міських територій можна навести окремі квартали іспанських міст Барселона та Віторія-Гастейс, де було запроваджено нову модель організації громадського простору — так звані «суперблоки». Цей урбаністичний підхід передбачає реорганізацію міського простору в зони, вільні від автомобілів і громадського транспорту, для формування екологічно здорового, комфортного міського середовища. Одним із перших районів, перепланованих за таким підходом у межах програми «*Barcelona Superblock Programme*», був квартал Поблену. Уже через два роки площа пішохідних зон у кварталі зросла на 80 %, територія, зайнята транспортними засобами, скоротилася майже наполовину, а площа зелених насаджень збільшилася вдвічі. Реалізація проекту стала можливою завдяки співпраці органів місцевого самоврядування та громади: мешканці долучалися до публічного обговорення, формування рішень та їх практичного втілення (Підоричева, 2023, с. 207—208). Ці процеси є важливими з точки зору забезпечення сталого міського розвитку, проте мають локалізований характер і не передбачають комплексних змін у життєдіяльності країни чи суспільства, особливо в умовах постшокової, посткризової трансформації.

Отже, в останні десятиліття найбільш уживаними поняттями є *recovery*, *reconstruction* і *restoration*. Станом на 2022 р. вони суттєво випереджають інші за частотою використання.

Особливо вирізняється термін *recovery*: з 1800 р. і до сьогодні він демонструє найвищу частоту вживання, що можна пояснити такими причинами:

по-перше, незважаючи на те що поняття *recovery* має вузьке трактування і передбачає повернення об'єкта до попереднього стану, його покращення або адаптацію до нових умов, воно є універсальним і використовується в багатьох контекстах (від медицини до ІТ);

по-друге, порівняно з реконструкцією, воно має більш привабливу політичну конотацію, оскільки не передбачає радикальних змін, а пропонує повернення до звичного, нормального стану життєдіяльності країни, суспільства, економіки, що є зручним сценарієм для тих політичних еліт, які не готові до структурних реформ. Міжнародні організації також широко застосовують цей термін у документах ²⁵, що закріплює його вживання в офіційних обговореннях і задає вектор інформаційного висвітлення питань відновлення в засобах масової інформації;

по-третє, з точки зору лінгвістики слово *recovery* є зручним, оскільки воно лаконічне, легко сприймається та запам'ятовується, що сприяє його поширенню в науковому, політичному та медійному просторах; не містить негативних емоційних відтінків, асоціюється з позитивними змінами, полегшенням, покращенням ситуації; вдало комбінується з іншими словами, зберігаючи зрозумілість словосполучень (наприклад, *economic recovery*, *rapid recovery*, *post-*

²⁵ На додаток до наведених у табл. 2 офіційних документів: United Nations (2023). Annual Recovery Results Report. Ukraine. https://ukraine.un.org/sites/default/files/2024-04/UNUkraine_20240415_Annual-RecoveryResultsReport_2023.pdf; Eur-Lex (2021). Regulation (EU) 2021/241 of the European Parliament and of the Council of 12 February 2021 establishing the Recovery and Resilience Facility <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02021R0241-20230301>; International Labour Office (2010). Local economic recovery in post-conflict: guidelines / ILO Programme for Crisis Response and Reconstruction. Geneva: ILO. https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@ed_emp/documents/instructionalmaterial/wcms_141270.pdf

war recovery). Тому в аспекті політичної доцільності та лінгвістичної простоти поняття *reconstruction* поступається *recovery*, попри своє ширше смислове наповнення й точність в описі процесів відновлення.

Висновки

1. Етимологія терміна «реконструкція» (*reconstruction*) передає ідею повторного спільного будівництва або ширше, з огляду на історичні події та його практичне вживання, — відновлення того, що було зруйновано. Перше його застосування було зафіксовано наприкінці XVI ст. у творах Дж. Чапмена в метафізичному сенсі для позначення процесів духовного відновлення людини. До середини XIX ст. цей термін не набув помітного поширення в літературі, посилення уваги до нього простежується лише з 1860-х років, що пов'язано з періодом Реконструкції США після Громадянської війни (1861—1865 рр.). Аналіз динаміки частоти використання *reconstruction*, за даними *Google Books Ngram Viewer*, дозволив простежити еволюцію та розширення значень цього поняття.

Зміна частоти використання терміна *reconstruction* у друкованій англомовній літературі співвідноситься переважно з негативними подіями регіонального або глобального масштабу, такими як воєнні конфлікти, природні катастрофи, економічні кризи, та діями щодо подолання їх наслідків, а також із позитивними суспільними трансформаціями, пов'язаними з деколонізацією, урбанізацією та сталим розвитком. За період 1860—2022 рр. відносна частота його використання зросла більш ніж у 7 разів, а контекст застосування суттєво розширився — від позначення конкретних історичних подій, зумовлених ліквідацією наслідків рабства в США, до широкого спектру відновлювальних і трансформаційних процесів: інфраструктурних, соціально-економічних, екологічних, політичних, культурних. Зберігаючи свою етимологічну основу, термін із часом значною мірою урізноманітнівся за змістом відповідно до історичних викликів і суспільних потреб.

2. Реконструкція є багатозначним міждисциплінарним поняттям, яке набуває різного змістовного наповнення залежно від сфери використання, а саме: у будівельному та архітектурному контексті — це фізичне відновлення зруйнованих (пошкоджених) об'єктів (будівель, доріг,

споруд, інженерних конструкцій тощо) до первинного стану без або зі зміною (удосконаленням) їх функцій та параметрів; в історичному, культурному та естетичному контексті — відтворення минулих фактів і подій, поновлення об'єктів, збереження їх автентичності, історичної та культурної спадщини; у соціально-економічному та політичному контексті — відновлення функціонування країни, оздоровлення економіки та суспільства, що включає налагодження виробничих процесів, надання базових послуг, досягнення макроекономічної стабільності та реалізацію структурних змін. Однак у випадку комплексних процесів, таких як повоєнна реконструкція країн і регіонів, останню не слід зводити до окремої сфери. Такий редукаційський підхід штучно звужує розуміння реконструкції, ігноруючи її системний характер, адже вона охоплює взаємопов'язані зміни в економічній, соціальній, екологічній, культурній та інших сферах, у яких задіяні різні ресурси та інституції. Заразом такий підхід може призвести до викривлених державних рішень і пріоритетів, наприклад, у випадках, коли під час запровадження структурних змін ігнорується соціально-психологічний контекст — травматичний досвід постраждалого від бойових дій населення.

3. У результаті узагальнення визначень реконструкції, представлених у наукових, нормативних та інформаційних джерелах, структуровано знання та виокремлено три базових типи змін, які відображають її сутність: 1) оновлення (удосконалення); 2) докорінна перебудова (трансформація); 3) відновлення після руйнувань. Вони можуть поєднуватися в чотирьох комбінаціях: адаптивному відновленні; трансформаційному відновленні; оновленні з функціональними змінами та комплексному відновленні, що свідчить про варіативність підходів до реконструкції та взаємозв'язки між базовими типами змін. Така типологія допомагає уникнути спрощеного розуміння реконструкції, розкриваючи її складний, багатовимірний характер. Типологія виконує не лише теоретико-методологічну функцію, систематизуючи та структуруючи знання про реконструкцію, але і пропонує структурований набір варіантів реконструкції для практичного застосування в стратегічному плануванні відновлення територій. Кожен із цих варіантів має власні характеристики та призначений для різних сценарі-



Рис. 3. Основні напрями реконструкції України (підхід Європейської Комісії)
 Джерело: складено авторами на основі Eur-Lex (2025). Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions “Ukraine Relief and Reconstruction”. European Commission. Brussels, 18.5.2022. COM (2022) 233 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/txt/?uri=celex:52022dc0233>

ів розвитку територій. Згідно з постулатами і принципами загальної теорії стратегування О. Вишневецького поєднання запропонованої типології із сучасними розділами філософії (онтологічним, гносеологічним та аксіологічним) дасть змогу визначити найбільш доцільний тип змін відповідно до місії, бачення та цінностей конкретної території. Такий інтегрований підхід забезпечить науково обґрунтований вибір стратегії реконструкції (від адаптивного відновлення для стабільних територій до комплексного відновлення для найбільш постраждалих регіонів), сприятиме підвищенню якості стратегічного планування й ефективності управлінських рішень у сфері регіонального розвитку.

4. Порівняння реконструкції з низкою дотичних понять дозволило визначити їх спільну ха-

рактеристику та змістовні розбіжності між ними за п'ятьма критеріями (глибина змін, масштаб змін, об'єкт змін, часовий горизонт та ініціатор змін), які часто ігноруються в науковому та практичному дискурсах. Попри семантичну спорідненість, більшість англomовних термінів, що вживаються як синоніми *reconstruction* (*recovery, rebuilding, renovation, restoration, regeneration, rehabilitation* та ін.), мають відмінну логіку змін й обмежену сферу застосування. Наприклад, *recovery* і *restoration* орієнтовані більшою мірою на повернення статус-кво або мінімальні втручання (покращення, адаптація), тоді як *reconstruction* охоплює найширший спектр змін, що передбачає як фізично-просторові, так і функціональні перетворення на рівні вдосконалення (оновлення) та/або докорінної перебудови (трансформації) з метою подолання деструктивних впливів

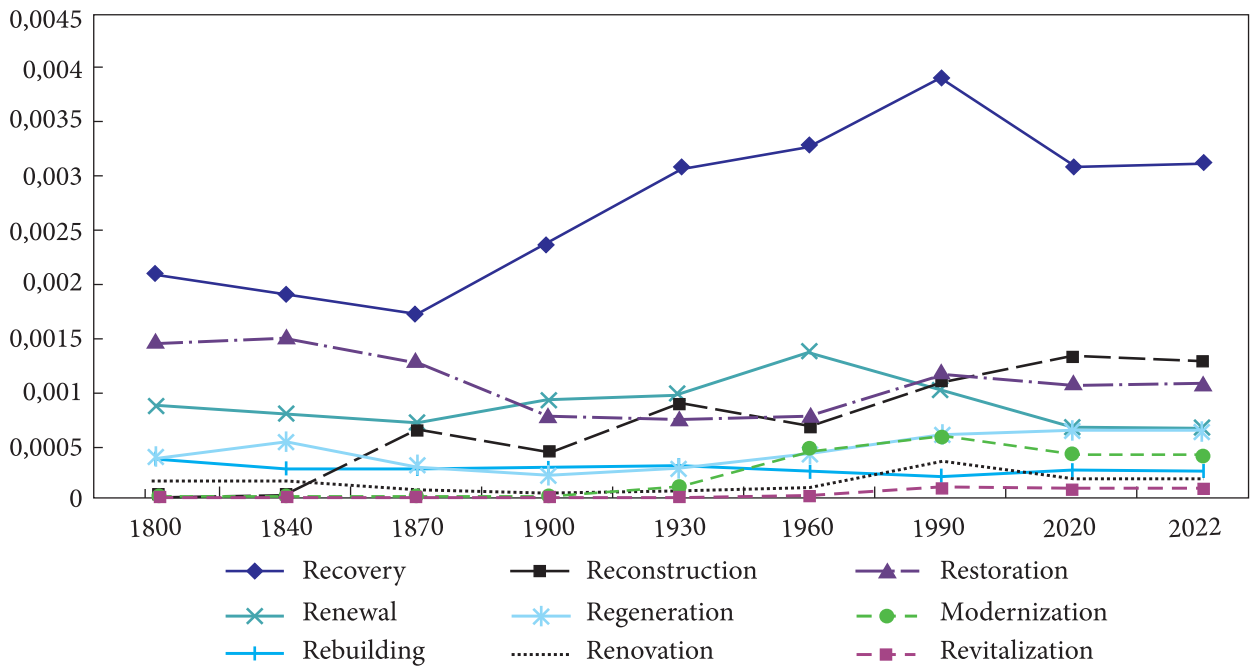


Рис. 4. Динаміка частоти використання дотичних до реконструкції (reconstruction) термінів в англійській друкованій літературі на 1 млн слів

Джерело: складено авторами на основі Google Books Ngram Viewer (2022b). Reconstruction, recovery, restoration, renewal, regeneration, modernization, rebuilding, renovation, revitalization. <https://surl.li/xhrvtv>

шоків і криз або реалізації суспільних трансформацій. Визначено, що термін *recovery* домінує за частотою використання в друкованій англійській літературі. Це обумовлено не його змістовною точністю у визначенні процесів відновлення, а політичною привабливістю та лінгвістичною простотою. Виявлені змістовні розбіжності між термінами мають практичні наслідки, а саме: неточність понятійного апарату впливає на якість стратегічного планування, а підміна понять (зокрема, використання *recovery* замість *reconstruction*) може призвести до звуження стратегічного бачення та викривлення стратегічних

пріоритетів розвитку країн і територій. Якщо зосереджуватися на процесах повернення до попереднього стану (тобто здійснювати *recovery*), то це автоматично зменшить амбіції щодо відновлення, обмежить перелік заходів переважно адаптаційними, виключаючи системні трансформації як базові для формування нової якості розвитку країн і територій та мінімізації наслідків дії шоків і криз у майбутньому.

Логічним продовженням даного дослідження є апробація запропонованої типології змін, які визначають сутність реконструкції, на реальних кейсах регіонів і міст України.

ЛІТЕРАТУРА

- Антонюк В. П., Ляшенко В. І. Розвиток промисловості регіонів Придніпров'я під час війни та потреба в її інноваційній модернізації. *Економіка промисловості*. 2025. № 2 (110). С. 21—40. <https://doi.org/10.15407/econindustry.2025.02.021>
- Вишневецький О. С. Загальна теорія стратегування: від парадигми до практики використання : монографія / НАН України, Ін-т економіки пром-сті. Київ, 2018. 156 с.
- Вишневецький О. С. Смарт-промисловість: визначення і теорія стимулювання розвитку на основі локального протекціонізму. *Економіка промисловості*. 2023. № 3 (103). С. 5—27. <https://doi.org/10.15407/econindustry2023.03.005>
- Вишневецький О. С. Цифрова платформізація процесу стратегування розвитку національної економіки : монографія / НАН України, Ін-т економіки пром-сті. Київ, 2021. 449 с.
- Завадський Й. С., Осовська Т. В., Юшкевич О. О. Економічний словник. Київ : Кондор, 2006. 356 с.
- Кіндзерський Ю. В. Промислова політика для економічного розвитку: до проблеми її обґрунтування з позицій світового досвіду та в контексті необхідності використання у воєнний період та при повоєнному відновленні в Україні. *Економічний аналіз*. 2023. Т. 33. № 3. С. 110—129. <https://doi.org/10.35774/econ2023.03.110>
- Крехівський О., Саліхова О. Повоєнна модернізація промисловості: внутрішні та зовнішні ресурси. *Зовнішня торгівля: економіка, фінанси, право*. 2022. № 6. С. 83—104. [https://doi.org/10.31617/3.2022\(125\)06](https://doi.org/10.31617/3.2022(125)06)

- Лібанова Е. Резильєнтність соціоекономічної системи України до шоків, спричинених війною: специфіка формування і реагування. *Демографія та соціальна економіка*. 2024. № 4 (58). С. 3—23. <https://doi.org/10.15407/dse2024.04.003>
- Підоричева І. Ю. Інновації в забезпеченні сталого розвитку на місцевому рівні. *Інновації і трансфер технологій: методи, моделі та механізми управління*: колективна монографія / за ред. В. А. Омеляненка. Суми: Інститут стратегій інноваційного розвитку і трансферу знань, 2023. С. 194—208.
- Райнерт Е. Як багаті країни стали багатими ... і чому бідні країни залишаються бідними. Київ: Саміт-книга. 2019. 416 с.
- Реконструктивний економічний розвиток: основні напрями, ефективність і соціальна справедливість: монографічний збірник / за ред. Гейця В. М., Гриценка А. А.; НАН України, ДУ «Ін-т екон. та прогнозув. НАН України». Київ, 2016. 240 с.
- Термінологічний словник-довідник з будівництва та архітектури / Р. А. Шмиг, В. М. Боярчук, І. М. Добрянський, В. М. Барабаш; за заг. ред. Р. А. Шмига. Львів, 2010. 222 с.
- Череп А. В., Лещенко А. А. Модернізація економіки України в повоєнний період. *Економіка та суспільство*. 2024. № 70. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-70-68>
- Cherevatskyi D., Mykhnenko V., Soldak, M. Three-dimensional brownfields: the tragedy of the mining communities. *Journal of European Economy*. 2023. Vol. 22. № 4 (87). С. 564—577. <https://doi.org/10.35774/jee2023.04.556>
- Mykhnenko V. Smart shrinkage solutions? The future of present-day urban regeneration on the inner peripheries of Europe. *Applied Geography*. 2023. Art. 157. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2023.103018>

Надійшла до редакції 20.06.2025 р.
Прийнята до друку 16.07.2025 р.

REFERENCES

- Antoniuk, V. P., & Liashenko, V. I. (2025). Dnieper regions' industry development during the war and the need for its innovative modernization. *Econ. promisl.*, 2 (110), 21—40. <https://doi.org/10.15407/econindustry.2025.02.021> [in Ukrainian].
- Vyshnevskiy, O. S. (2018). *General Theory of Strategizing: From Paradigm to Practical Application*: monograph. Kyiv: National Academy of Sciences of Ukraine, Institute of Industrial Economics [in Ukrainian].
- Vyshnevskiy, O. S. (2023). Smart manufacturing: definition and theory of stimulating development based on local protectionism. *Econ. promisl.*, 3 (103), 5—27. <https://doi.org/10.15407/econindustry2023.03.005> [in Ukrainian].
- Vyshnevskiy, O.S. (2021). *Digital Platformization of the Strategizing Process for National Economic Development*: monograph. Kyiv: National Academy of Sciences of Ukraine, Institute of Industrial Economics [in Ukrainian].
- Zavadskiy, Y. S., Osovska, T. V., & Yushkevych, O. O. (2006). *Economic Dictionary*. Kyiv: Condor [in Ukrainian].
- Kindzerskiy, Yu. V. (2023). Industrial policy for economic development: To the problem of its justification from the standpoint of world experience and in the context of the need for use during the war period and post-war recovery in Ukraine. *Economichniy analiz*, 33, 3, 110—129. <https://doi.org/10.35774/econa2023.03.110> [in Ukrainian].
- Krekhivskiy, O., & Salikhova, O. (2022). Post-war industrial modernization: internal and external resources. *Zovnishnia torhivlia: economica, financy, pravo*, 125, 6, 83—104. [https://doi.org/10.31617/3.2022\(125\)06](https://doi.org/10.31617/3.2022(125)06) [in Ukrainian].
- Libanova, E. (2024). Resilience of the Socio-Economic System of Ukraine to the Shocks Caused by the War: Specifics of Formation and Response. *Demographiia ta Socialna Ekonomika*, 4, 58, 3—23. <https://doi.org/10.15407/dse2024.04.003> [in Ukrainian].
- Pidorycheva, I. Yu. (2023). Innovations for Ensuring Sustainable Development at the Local Level. In V.A. Omelyanenko (Ed.) *Innovations and Technology Transfer: Methods, Models, and Management Mechanisms*: Collective Monograph. Sumy: Institute of Strategies for Innovative Development and Knowledge Transfer [in Ukrainian].
- Reinert, E. (2019). *How rich countries became rich... and why poor countries remain poor*. Kyiv: Summit-Book [in Ukrainian].
- Geets, V. M., & Hrytsenko, A. A. (Eds.) (2016). *Reconstructive Economic Development: Strategic Pathways, Performance and Social Justice*: Monographic Collection. Kyiv: NAS of Ukraine, SO "IEF NAS of Ukraine" [in Ukrainian].
- Shmyh, R. A., Boyarchuk, V. M., Dobryansky, I. M., Barabash, V. M. (2010). *Terminological Dictionary and Reference Book on Construction and Architecture*. In R. A. Shmyh, (Ed.). Lviv [in Ukrainian].
- Cherep, A. V., & Leshchenko, A. A. (2024). Modernization of Ukraine's economy in the post-war period. *Ekonomika ta suspilstvo*, 70. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-70-68> [in Ukrainian].
- Cherevatskyi, D., Mykhnenko, V., & Soldak, M. (2023). Three-dimensional brownfields: the tragedy of the mining communities. *Journal of European Economy*, 22, 4 (87), 556—570. <https://doi.org/10.35774/jee2023.04.556>
- Mykhnenko, V. (2023). Smart shrinkage solutions? The future of present-day urban regeneration on the inner peripheries of Europe. *Applied Geography*, 157. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2023.103018>

Received: 20.06.2025
Accepted: 16.07.2025

Iryna Yu. Pidorycheva, Doctor of Economic Science, Senior Researcher
E-mail: pidorycheva@nas.gov.ua; <https://orcid.org/0000-0002-4622-8997>;
Antonina S. Bash, postgraduate student
E-mail: antonina.bash@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0006-8086-0626>
Institute of Industrial Economics of NAS of Ukraine
2 Maria Kapnist Street, Kyiv, 03057, Ukraine

THEORETICAL CONCEPTUALIZATION OF RECONSTRUCTION IN THE CONTEXT OF UKRAINE'S POST-WAR TERRITORIAL DEVELOPMENT

This study analyzed the temporal dynamics of the relative frequency of the term “reconstruction” in English-language printed literature from 1860 to 2022. The analysis revealed that its usage was primarily associated with negative events of regional or global scale — such as wars, military conflicts, natural disasters, and economic crises — and efforts to address their consequences. Additionally, the term was linked to positive societal transformations related to decolonization, urbanization, and sustainable development. Understanding of the reconstruction concept has been enhanced through synthesizing its definitions found in scholarly, regulatory, and informational sources. This involved identifying of its core and composite types of change and the term's contextual polysemy. The proposed typology of changes that reflect the essence of reconstruction may serve as a framework for analysis and decision-making, particularly in the selection of priority recovery projects for regions and communities. Building on the postulates and principles of O. Vyshnevskyi's General Theory of Strategizing, this typology is integrated with the main branches of contemporary philosophy (ontology, epistemology, and axiology), which enables the identification of the most appropriate type of change aligned with the mission, vision, and values of a specific territory. Such an integrated approach ensures a scientifically grounded choice of reconstruction strategy (ranging from adaptive recovery for stable territories to comprehensive recovery for the most severely affected regions) and contributes to improving the quality of strategic planning in the field of regional development. A comparative analysis of reconstruction and related concepts was conducted, identifying their common feature and conceptual distinctions across five criteria: depth of change, scale of change, object of change, time horizon, and initiator of change. Despite their formal semantic similarity, most English-language terms commonly used as synonyms for “reconstruction” (such as “recovery”, “rebuilding”, “renovation”, “restoration”, “regeneration”, and “rehabilitation”) operate according to different change logics and have more limited applications. The analysis also found that the term “recovery” dominates in frequency of use in English-language printed literature. However, this stems not from its conceptual precision in describing recovery processes, but from its political appeal and linguistic simplicity. Of all related concepts, reconstruction encompasses the broadest range of changes, including both physical-spatial and functional transformations — at the levels of improvement and/or transformation — designed to mitigate the destructive impacts of shocks and crises or to facilitate societal transformations. These conceptual differences carry practical implications: terminological inaccuracy directly affects the quality of strategic planning, while term substitution may result in a narrowing of strategic vision and distortion of development priorities for territories.

Keywords: reconstruction, transformation, recovery, theory, region, community, Ukraine.

<http://doi.org/10.15407/econindustry2025.03.023>

UDC 338.4:631

JEL: O32, O33, Q16

Vitaliy A. OMELIANENKO, Doctor of Economic Science, Senior Researcher, Professor

E-mail: omvitaliy@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-0713-1444>

Institute of Industrial Economics of NAS of Ukraine

2 Maria Kapnist Street, Kyiv, 03057, Ukraine

DIGITAL CONVERGENCE OF AGRICULTURE AND INDUSTRY 4.0: OPPORTUNITIES AND ORGANISATION INTERFACES

This paper explores the role of digital-based high-tech agriculture as a central driver of innovation and sustainability in the agro-industrial complex. Emphasis is placed on the strategic importance of technology transfer, foresight-based planning and data-driven solutions to improve productivity and enhance resilience. The findings reinforce the notion that high-tech agriculture is not an isolated phenomenon but an integral part of a broader digitalized industrial economy. This paper presents a systems-based digitally supported approach for the transfer and commercialization of agricultural technologies.

Keywords: agriculture, technology transfer, ICT, innovation network, agri-tech innovations.

The agricultural sector plays a key role in ensuring food security, the sustainability of ecosystems and economic development. According to UN forecasts, in 30 years humanity will need 1,7 times more food than is currently produced (FAO, 2023). Such results cannot be achieved without serious modernization of agriculture (Alston & Pardey, 2014; FAO, 2017). The answer to global challenges can be technologies: sensors, drones, unmanned harvesters and robots. Technologies automate harvesting and sowing campaigns, optimize the use of fertilizers and chemical plant protection products and significantly reduce water consumption. However, rapid changes in climate, demographics and technological progress are creating new challenges for the agricultural sector (Badiane, 2014). For the growth of these clicks, it is important to promote new technologies, as well as ensure effective technology transfer between countries and regions.

The development of the country's agriculture at the present stage is associated with the transition to new technologies and a strategic factor in strengthening the competitiveness of domestic agriculture is to increase its technological level. According to scientists and agricultural experts, the weakest link in the production of agricultural products is technical equipment and technological modernization, which leads to incomplete use of resource potential, decrease in production performance, deterioration in the quality of work performed and ultimately, to the unprofitability of the industry (Shevchenko, Omelyanenko et al., 2025). At the same time, the social and economic transformations taking place recently have revealed a discrepancy between management methods and the technological capabilities of agriculture. This is due to the fact that the field of process management is less supported by research and in management theory it is given only

Cite: Omelyanenko V. A. Digital convergence of agriculture and Industry 4.0: opportunities and organisation interfaces.

Econ. promisl. 2025. № 3 (111). P. 23—38. <http://doi.org/10.15407/econindustry2025.03.023>

© Publisher PH "Akadempriodyka" of the NAS of Ukraine, 2025. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

a secondary role, in contrast to the study of production management as a whole.

Based on the above, technology transfer is an important process in the agricultural sector and the economy as a whole. To effectively manage technology transfer from a strategic point of view, it is important to focus on *forecasts for the development of innovation*. Foresight in the field of agriculture can be defined as systematic analytics with the aim of identifying the long-term future of science, technology, economy and society in order to identify areas of strategic research and the emergence of new high technologies that promise to bring the greatest economic and social benefits.

Sustainability of agricultural innovation projects is influenced by a dynamic interplay of community engagement, technology adoption, and local capacity building (Mgendi, Shiping, & Xiang, 2019). When agricultural technology is transferred, it can boost productivity, but this may also reduce the community's dependence on external support. As a result, the system seeks a balance between increased output and long-term project sustainability. A critical factor is how the local community perceives the benefits of the new technology. Positive perceptions enhance community participation, which strengthens stakeholder networks and builds trust and commitment. This collective engagement improves the project's operating environment, making it more conducive to long-term success. Local autonomy and the ability to rely on indigenous resources play a reinforcing role. As communities become more self-reliant and effectively use local assets, their ownership over the projects deepens. This empowerment leads to better integration of transferred technologies, greater sustainability, and reduced need for continuous external input. Stakeholders' support and effective collaboration further enhance the benefits perceived by the community, feeding back into stronger participation and better outcomes. Over time, these reinforcing processes create a resilient foundation for agricultural cooperation that adapts to both external inputs and internal developments.

High-tech agricultural production is production with the rational use of technologies that increase productivity and quality of cultivated crops, using scientifically based standards that ensure increased productivity and economic efficiency of agricultural producers. The production of high-tech products requires the formation of large-scale

specialized zones of operation, development and improvement of interregional connections. The *institutional environment for technology transfer* in agricultural production presupposes economic and geographical unity, similar social and economic conditions. The use of technology responds to the growth of available data for analysis and decision-making (Fig. 1).

Scientists in other countries are also exploring high-tech solutions to combat the severe impacts of climate change, including drought and loss of arable land due to desertification and to meet the growing food needs of a growing global population. As technology advances, smart farming is transforming agriculture from a practice largely dependent on grower experience and intuition to a data-driven industry, opening up the possibility of involving a wider range of participants in the process.

E.g. the importance of Internet of Things (IoT) for the further development of agricultural technologies is approximately the same as the synergy effect for the economy — this is when the combination of several components gives a greater result than using them separately. Sometimes synergy is also called the $2 + 2 = 5$ effect. Thus, IoT acts as a tool that combines various technologies and forms a single ecosystem out of them. This symbiosis of data in one source will allow for better data management, which increases the efficiency of using these technologies. Research service Business Intelligence (BI) predicts that the use of IoT devices will increase from 30 million in 2015 to 75 million in 2020, an annual growth rate of about 20 %. In 2014, the average farm generated 190 thousand data points, then in 2050 there will be 4.1 million. Now one of the main users of IoT are American farmers and on average they produce 7.34 tons of grain per 1 hectare, while the global average is 3.85 tons of grain per hectare. In addition, OnFarm conducted a study that found that IoT increased the average American farm's yield by 1.75 %, reduced energy costs by \$7 to \$13 per acre and reduced irrigation water use by 8 %¹. This is despite the fact that US farmers are already quite technologically advanced, adhere to cultivation technologies and are already showing high efficiency. If we talk about Ukraine, the potential for yield growth due to the introduction of IoT technologies will be much higher.

¹ Pylypchuk A. (2021). Why IoT and Precision Farming Are the Future of Agriculture. *Aggeek*. <https://app.agro-online.com/21242/details/> (Access: 07.07.2025).

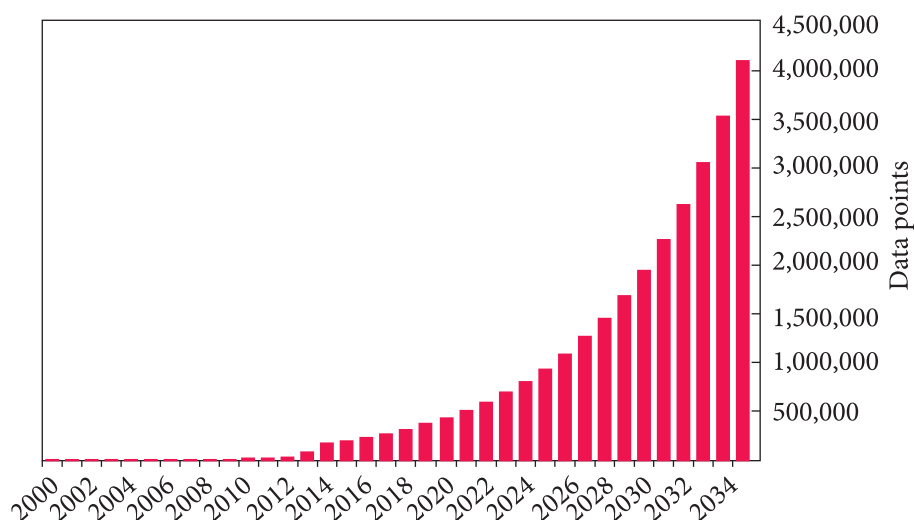


Fig. 1. Estimated volume of data received by one farm per day

Source: Pylypchuk A. (2021). Why IoT and Precision Farming Are the Future of Agriculture. *Aggeek*. <https://app.agro-online.com/21242/details/> (Access: 07.07.2025).

High-tech agriculture is no longer a stand-alone sector; it is deeply interwoven with various branches of modern industry, forming a synergistic *agri-industrial ecosystem* (Table 1). This integration transforms traditional farming into a digitally enabled, innovation-driven field that draws upon industrial advancements for efficiency, sustainability and scalability.

Precision agriculture, leveraging IoT, Artificial intelligence (AI) and GIS technologies, mirrors the principles of Industry 4.0 by introducing data-driven decision-making (Vyshnevskiy, Anufriev, Bozhyk, Gulchuk, 2024) and automation into the farming process. Robotics and autonomous machinery, developed in high-tech engineering industries, are now routinely deployed in fields and greenhouses, demonstrating the crossover between mechatronics and agriculture. Biotechnological innovations, such as genetically improved seeds and microbial treatments, showcase the connection between agriculture and the biotech and pharmaceutical industries. Similarly, vertical farming systems depend on industrial environmental control, lighting systems and green technologies typically used in advanced manufacturing. In the post-harvest phase, agriculture connects to smart food processing industries through the use of automation, robotics and quality control systems. Blockchain and digital platforms support transparency and certification across the supply chain, linking agriculture to the fintech and digital infrastructure sectors. Cloud comput-

ing and big data analytics play a key role in managing farm data, highlighting the dependence on the ICT and software industries. At the same time, the integration of renewable energy into farming operations (solar irrigation or biomass reuse) brings agriculture into the green industrial and environmental engineering space.

Modern agriculture also relies on smart logistics, cold chain solutions and transportation systems developed by industrial logistics providers, ensuring safe and timely delivery of agricultural products. Finally, the rise of agri-tech startups and platform-based solutions reflects the growing involvement of venture capital and innovation ecosystems in agricultural transformation. These connections demonstrate that high-tech agriculture functions as a core part of the modern industrial economy, driving both rural development and technological advancement.

The aim of this research is to explore and critically analyze the convergence between agriculture and Industry 4.0 through the integration of digital technologies with a focus on identifying organizational interfaces, innovation potentials and implementation challenges. In doing so, the research aims to provide a systematic understanding of the opportunities and limitations associated with the digitalization of agriculture, assess the readiness of organizational structures to adapt to these changes and offer strategic recommendations for policy and technological diffusion in agribusiness sectors.

Table 1. High-tech agriculture and its connection to modern industry

Agricultural technology/trend	Connected industrial sector	Nature of connection
Precision agriculture (IoT, AI, GIS)	Industry 4.0 / Smart manufacturing	Data-driven control systems, predictive analytics, automation techniques
Drones, robots, autonomous machinery	Robotics & Mechatronics industry	Shared platforms for automation, sensor fusion, control software
Biotech crops & microbial inputs	Biopharmaceutical & Biotech industry	Genetic engineering, lab-to-field translation, molecular product development
Vertical farming & hydroponics	Green tech / Industrial design	Use of controlled environment systems, lighting, ventilation and nutrient technologies
Agri-food processing automation	Food industry / industrial Processing	Smart factories, robotic sorting, digital quality control
Blockchain traceability systems	FinTech / Supply chain management	Transparency in production chains, anti-fraud, certification, digital transactions
Big data & cloud platforms	ICT / Software industry	Platform-based analytics, farm management systems, mobile data services
Renewable energy integration	Energy & Environmental engineering	Solar irrigation, biomass reuse, integration with green industrial parks
Smart logistics & cold chains	Transportation & Logistics	Temperature-controlled supply chains, real-time GPS tracking, efficiency optimization
Agri-tech startups and platforms	Innovation ecosystems / Venture capital	Incubators, accelerators and tech clusters linking agri-sector with startup ecosystems

Source: author's generalization based on Alston & Pardey, 2014; FAO, 2017; Dror, 2016; Moussa S. (2002). Technology Transfer for Agriculture Growth in Africa; African Development Bank: Tunis, Tunisia. <https://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Publications/00157678-FR-ERP-72.PDF> (Access: 07.07.2025); Pylypchuk A. (2021). Why IoT and Precision Farming Are the Future of Agriculture. *Aggeek*. <https://app.agro-online.com/21242/details/> (Access: 07.07.2025); Piddubna A. (2024, April 20). The Future of AgriTech: Trends and Innovations in Agriculture to Watch in 2023. *Intellias*. <https://intellias.com/innovations-in-agriculture/> (Access: 07.07.2025).

Concurrent engineering approach for digital support of transfer of agri-tech

The author's approach is based on the ideas of using the *concurrent engineering methodology for the transfer of agricultural technologies*. The key stage in the life cycle of agricultural technology is the design stage (Méndez-Zambrano et al, 2023). Any mistake at this stage can be costly in terms of design changes and impact on the production process, delays in the release of products to the market with the potential threat of loss of market position and product recall, significant financial losses and damage to the company's reputation. Hence, emphasis must be placed on design to make sure that the product reaches the market flawlessly and as quickly as possible. Doing it right the first time, which is all the more important in the global market, is only possible with a good project.

Current trends in the agricultural industry indicate the need for companies throughout the increasingly complex agricultural machinery and tech-

nology supply chain to invest in improving their development processes². This can be achieved through the acquisition of collaborative and interoperable digital design tools of a multi-dimensional parallel engineering approach, as well as through the integration of universities and engineers who will practice the design and development of digital agricultural machines in such environments (dos Reis, Medeiros, Fernando, et al., 2020).

According to Dror (2016) the main objectives of sectoral innovation management include the following three issues:

- development of the system of agricultural innovations;
- studying the evolution of technology-based approaches to solving problems of agriculture;

² Piddubna A. (2024, April 20). The Future of AgriTech: Trends and Innovations in Agriculture to Watch in 2023. *Intellias*. <https://intellias.com/innovations-in-agriculture/> (Access: 07.07.2025).

- development of various forms of participation and appropriate tools.

Concurrent engineering methodology involves the joint work of experts from various functional areas of technology development (scientists, engineers, users) at the earliest possible stage of development in order to achieve high quality, functionality and manufacturability in the shortest possible time with minimal costs (Facco et al., 2017). Concurrent engineering is an expression of the desire to increase the competitiveness of products by reducing the product life cycle, as well as improving quality and reducing prices (Prasad, 2018; Deshpande, 2018).

According to ESA concurrent engineering methodology provides a “*collaborative, co-operative, collective and simultaneous engineering working environment*”³. Table 2 outlines the core components of concurrent engineering as applied in innovation networks, highlighting its connections to industry sectors, digital tools and organizational models that support agile and synchronized innovation processes.

Through the analysis of complex real-world applications and experiences, the study of Stjepandić, Wognum & Verhagen (2015) demonstrates that concurrent engineering is widely used in many industries and that the same basic design principles can also be applied to emerging new industries. Among such industries there is high-tech agriculture, which in modern conditions is developing due to digitalization and the development of complex technologies. Such case of IoT device placements for agriculture based on concurrent engineering is presented in study Tirupathi & Niranjan (2022).

From the point of view of agriculture, it is important that new products and technologies meet the goals of sustainable development. The sustainability of a product or technology can be most influenced early in product development through the Quality Function Deployment (QFD) method and the ‘sustainability house’, which translates sustainability requirements into technical solutions for the product (Rihar & Kušar, 2021). From this research we can outline such tasks relevant for agriculture:

- establishment of criteria for continuous improvement of products and processes by creating added value of products;

- increasing the potential for innovation and solutions to create environmentally friendly products;

- identification of opportunities and risks in sustainable product development;

- strengthening competitive advantage through innovative solutions for the development of products that have a low impact on the environment;

- designing and planning the introduction of sustainable products by choosing cleaner technologies (eco-technologies);

- creation of requirements for product processing and production of new products from renewable raw materials;

- sustainable procurement of materials with less impact on the environment;

- bringing together all stakeholders in the procurement-production-supply chain to coordinate shared responsibility and risks related to environmental requirements and reduce environmental fines.

In the table 3 we present the key technologies that define high-tech agriculture and outline their major benefits. It also reflects how these technologies link agriculture to broader innovation systems and industrial value chains, supporting the transition toward sustainable, resilient and future-oriented food systems.

Concurrent engineering is positioned as a transformative methodology that shifts traditional, sequential development models toward *integrated real-time collaboration*. Expectations from this approach span from incremental efficiency gains to comprehensive process automation across innovation networks. By replacing the conventional linear sequence of design, testing and implementation with a parallelized framework, concurrent engineering accelerates development cycles, reduces costs and enhances responsiveness to change. It ensures that all stages (design, production, operational management, support services, end-of-life disposal) are considered simultaneously from the project’s inception. This holistic perspective, supported by advanced ICT tools, enables synchronized actions across diverse innovation actors and strengthens the agility, resilience and performance of the entire network.

In the era of interconnected innovation ecosystems ICT play a foundational role in enabling collaboration, knowledge sharing and system-level integration across diverse actors. Innovation networks comprise research institutions, industries, startups, public agencies and users and require real-time coordination, data transparency and intelligent

³ ESA (2024). What is concurrent engineering? https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/CDF/What_is_concurrent_engineering (Access: 07.07.2025).

Table 2. Concurrent engineering in innovation networks

Component	Description	Role in innovation networks	Example tools / platforms
Integrated multi-stakeholder collaboration	Promotes real-time, cross-disciplinary collaboration among all partners	Enables distributed actors to co-develop solutions	Microsoft Teams, Miro, Confluence
Parallel development processes	Multiple development tasks proceed simultaneously rather than sequentially	Reduces overall project time, increases adaptability in complex ecosystems	Trello, Asana
Early involvement of partners	All relevant actors (design, manufacturing, etc.) are involved from the start	Ensures alignment and avoids late-stage friction or failures	Stakeholder mapping tools, CRM systems
Shared digital infrastructure	Centralized access to designs, data and prototypes across locations	Enhances transparency and trust among network participants	Cloud PLM, shared Git repositories, CAD platforms
Continuous feedback loops	Constant testing and refinement based on live inputs from various actors	Improves innovation quality and user-centric design	Digital twins, A/B testing tools, simulation apps
Agile knowledge sharing	Knowledge is exchanged iteratively across the network	Accelerates learning and knowledge-based decision-making	Knowledge hubs, open innovation portals
Rapid prototyping & scaling	Designs can be prototyped and scaled simultaneously in different nodes of the network	Enhances speed of innovation and responsiveness to market needs	3D printing hubs, living labs, fab labs
Design for network resilience	Solutions are designed considering interoperability, sustainability and adaptability	Supports long-term network viability and modular innovation	Modular design software, sustainability scoring

Source: author's generalization based on Alston & Pardey, 2014; FAO, 2017; Dror, 2016; Moussa S. (2002). Technology Transfer for Agriculture Growth in Africa; African Development Bank: Tunis, Tunisia. <https://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Publications/00157678-FR-ERP-72.PDF> (Access: 07.07.2025); Pylypchuk A. (2021). Why IoT and Precision Farming Are the Future of Agriculture. *Aggeek*. <https://app.agro-online.com/21242/details/> (Access: 07.07.2025); Piddubna A. (2024, April 20) The Future of AgriTech: Trends and Innovations in Agriculture to Watch in 2023. *Intellias*. <https://intellias.com/innovations-in-agriculture/> (Access: 07.07.2025).

infrastructure to co-create and scale solutions efficiently. ICT tools support not only communication and data management but also strategic functions such as forecasting, modeling, simulation and lifecycle monitoring.

As innovation processes become increasingly digital and distributed, ICT enables the implementation of advanced methodologies such as concurrent engineering, digital twins and smart project management (Prokopenko, Järvis, Omelyanenko, Maslov, Lopes, 2025). These tools help align processes across geographically dispersed teams, synchronize workflows and reduce development cycles. In the table 4 we outline how ICT contributes to the functionality and effectiveness of innovation networks, highlighting core technological enablers, their roles and their impact on innovation performance and sustainability.

The concept of ICT support of innovation network is based on several basic principles (Brookes,

& Blackhouse, 1996; Brookes & Blackhouse, 1998) that can be solved with model ICT applications (Thorat, Patle, & Kashyap, 2023):

- 1) early detection of the problem; the later the problem is discovered, more effort and time and consequently, money, is spent on eliminating it;
- 2) early decision making; in the early stages there are much more opportunities to make changes to the project, the "window of opportunity" is much wider;
- 3) structuring of work; the entire process must be divided into jobs in such a way that each job can be performed independently of the others so that it can be handled by a person, a computer or a machine;
- 4) close teamwork; will achieve optimal results in terms of combined knowledge and insights. A strong team is more than the sum of its people;
- 5) use of knowledge for decision making; modern products are so complex that it is impossible to create expert systems and decision support systems

Table 3. High-tech agriculture: key technologies and impacts

Technology	Function	Benefits
Precision farming (Smart Farming)	Uses GPS, sensors and data analytics to manage variability in fields	Optimized inputs, increased yields, reduced waste
Drones and UAVs	Aerial surveillance, crop monitoring, spraying	Real-time data, efficient spraying, reduced labor
IoT sensors (Soil & Climate)	Monitor soil moisture, nutrients, weather and crop health	Better irrigation, timely intervention, data-driven decisions
AI	Analyzes big data for forecasting, decision-making and automation	Predictive analytics, disease detection, optimized operations
Robotics and automation	Automates harvesting, weeding, planting and sorting	Labor savings, precision, 24/7 operation
Vertical farming	Indoor, stacked cultivation using controlled environments	Urban farming, resource efficiency, year-round production
Hydroponics & aquaponics	Soil-free systems using water/nutrient circulation or fish integration	Space saving, efficient water usage, pesticide-free production
Blockchain	Tracks agricultural supply chains and ensures product traceability	Food safety, fraud prevention, transparency
Genetically modified crops (GMO)	Engineered for traits like drought resistance or pest control	Higher productivity, reduced chemical use
Satellite imagery & remote sensing	Monitors large-scale changes and crop health remotely	Early warning systems, regional planning, crop insurance
Big Data analytics	Aggregates and analyzes diverse farm-related datasets	Smarter resource allocation, profitability tracking

Source: author`s idea.

for all occasions. However, human knowledge and experience always remains the most important tool;

6) mutual understanding; If each member of a work group knows what the other is doing, the whole group works better. For example, the designer knows what difficulties the technologist will encounter when changing some design parameters;

7) possession; groups work with enthusiasm when they have the freedom to make decisions and when they are given “ownership” and responsibility for the product they produce;

8) constancy of purpose; you need to change your thinking away from the indicators of each specific department to the indicators of the entire company as a whole. Focusing on the goals of the entire company will allow everyone to contribute to the common good.

The principle of concurrent engineering involves performing the processes of developing and designing a technology simultaneously with modeling the processes of its practical operation. This also includes the simultaneous design of various components of a complex product. With concurrent engineering, many problems that may arise at later stages of the life

cycle of agricultural technology are identified and solved at the design stage. This approach allows to improve quality, reduce time to market and reduce costs.

The differences between concurrent engineering and the traditional approach to organizing scientific and engineering processes are:

- eliminating traditional barriers between the functions of individual specialists and organizations by creating and if necessary, subsequent transformation, multidisciplinary working groups, including geographically distributed ones, which is important for agricultural technologies in order to most effectively localize application;
- iterative process of approaching the required result.

Multidisciplinary working groups in modern agriculture include specialists from different fields and are created to solve specific problems. For example, representatives of the operator, general developer and component supplier, i.e. specialists from different organizations can be brought together into one group to solve problems that arise during operation.

The main patterns of agricultural development, which require the practice of organizing communi-

Table 4. ICT support of innovation network

Component	Function in innovation network	Expected benefits
Knowledge management	Store, organize and share innovation-related knowledge	Enhanced knowledge continuity and onboarding
Collaboration platforms	Facilitate cross-organizational teamwork and virtual meetings	Real-time cooperation and reduced communication delays
Innovation portals	Centralized access to open calls, R&D initiatives, idea submissions	Better visibility and participation in innovation initiatives
Data analytics & business intelligence	Extract insights from data to guide strategy	Evidence-based decision-making
CRM & stakeholder management	Map and manage relationships with ecosystem actors	Stronger stakeholder engagement and coordination
Project & portfolio management	Track innovation project status, risks and ROI	Transparency, prioritization and resource optimization
Cloud infrastructure & storage	Provide scalable, shared access to computing and data resources	Agility, scalability and cost-efficiency
Cybersecurity & identity management	Protect innovation data, IP and communications	Security, compliance and trust in digital environments
Digital twin / simulation tools	Model systems, test innovations virtually	Lower prototyping costs, faster iteration
Blockchain & smart contracts	Ensure trust and traceability in collaborative innovation settings	Transparency, trust, automated execution
Open data platforms	Enable access to datasets for co-creation and experimentation	Data-driven innovation and civic tech engagement
Artificial intelligence & ML	Predict trends, personalize solutions, automate processes	Acceleration of complex problem-solving
IoT platforms & sensors	Collect real-world data for smart infrastructure and urban innovation	Real-time monitoring and adaptive systems
Incubation & mentoring platforms	Support early-stage innovators and connect them to mentors and investors	Nurturing of startups and access to capital
Community & networking tools	Build relationships and shared identity among ecosystem actors	Sustained engagement and knowledge exchange

Source: author's idea.

cations within the framework of multidisciplinary working groups, include the need to adapt agricultural technologies to local conditions; development of agricultural technologies with maximum environmental safety; formation of specialized industry; digitalization of agricultural production; broad integration of agricultural science and education into agricultural production systems.

Concurrent engineering involves replacing the traditional sequential approach with a set of operations overlapping in time, aimed at systematically improving the solution being developed until the desired result is achieved.

The initial understanding of the problem leads to the first version of documented requirements, from which the initial design solution is developed.

It gives rise to new questions and allows us to clarify the formulation of the problem.

Effective implementation of this approach is impossible outside of the information system. The possibility of applying the principles of concurrent engineering arises due to the fact that in the information system all work results are presented in electronic form, are up-to-date, accessible to all participants and can be easily adjusted (Jha, Ranjan, & Gaur, 2020).

Applied decision for digital support of agri-tech transfer

The *information & analytical system* is designed to support and manage the process of development and transfer of agricultural technologies. The system

is based on a concurrent engineering model and allows to create an environment for communication between science and business for the joint development of technology. The proposed model involves the simultaneous implementation of various stages of development and testing of new technology, which significantly reduces the costs of adapting technology to new conditions that are significant for agricultural production.

The scheme of the system's operation is based on the analysis of existing solutions to the problem of concurrent engineering and the stages of process planning in the development of a new product, as well as an object-oriented information model of the process (Thankachan, Bhasi, & Madhu, 2010), which includes classes of necessary information. The environment formed through the use of concurrent engineering unites project participants through an information system that allows for the exchange of knowledge, establishes effective mechanisms for coordinating project activities and reduces development time (Aguilar-Virgen et al, 2021).

Taking into account the above requirements, we have developed a formalized conceptual model of an *agent-oriented environment* for the development of innovation, which is the basis for representing the structure and algorithms of operation of the developed information and analytical knowledge management system about the innovative development of the economy, its functionality and component software modules.

The main goal of creating an information & analytical system is to prepare and maintain multidimensional information that displays a related set of data that serves as the basis for prompt and informed decision-making on the development and transfer of agricultural technologies.

The information & analytical system is based on the concept of integrating information from various subject areas, the ability to quickly access it, keep it up to date, use effective tools for analyzing and displaying aggregated and interconnected subsets of information, its retrospective analysis and providing access to it for users of various levels in accordance with their authority.

The basis of the information & analytical system is a unified information base in which relationships are established between the main information components, which include:

- register of territorial units;

- register of users with powers according to the user matrix;
- register of information events;
- register of documents and regulatory information.

The information & analytical system consist of three subsystems:

- data management subsystem;
- information and cartographic subsystem;
- information and analytical subsystem.

Main ideas of information & analytical system:

1. A system for constructing a unified information space, containing a communication interface module connected to a number of information sources (inputs) representing technical and software information processing tools, an automatic design system for entering data and queries, an electronic archive module and an information model of an agricultural technology (Figure 2).

2. A system for constructing a unified information space, containing a communication interface module connected to a number of information sources (inputs) representing technical and software information processing tools, an automatic design system for entering data and queries, an electronic archive module and an information model of an agricultural technology or product.

3. The system is characterized by adaptive digital environment depending on the technology or product, it is possible to create a set of target indicators.

4. The system contains an updating function designed to collect and update measurement information regarding a set of target indicators, formalize initial data and knowledge about the state and monitor these states.

5. The system contains a metadata conversion block and a virtual data integration block connected to each other and to the specified information environment, a unit of services for a single information space and a data exchange module.

6. The system contains of control centers for data and knowledge processing are designed to store data and knowledge, various product life cycles and the system also includes tools for processing analytical reporting and tools for generating recommendations for decision-making.

7. The information system contains a geoinformation module for storing and processing geophysical information of target territories (territories where the technology will be implemented), including cartographic and reference information,

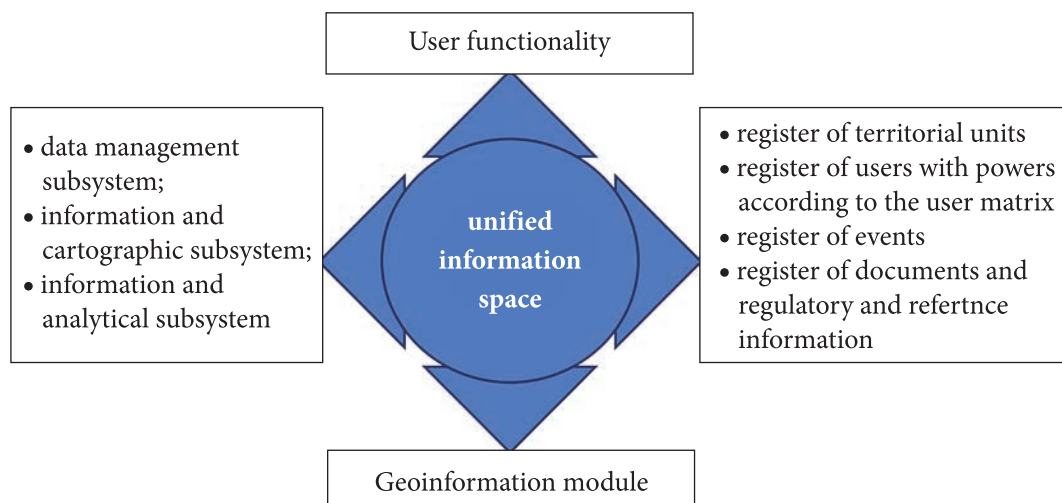


Fig. 2. Unified information space for innovation tech development
Source: author`s idea.

a means of constantly entering and replenishing geophysical information and a system for administering user accounts.

8. The module contains the ability to connect digital video data of a territory with the ability to link a three-dimensional image to the current time and transfer it to a server, which is designed with the ability to permanently store retrospective and prospective maps. For this purpose, it is possible to enter into the database an image of the area, its coordinates and the time the video image was recorded and with the ability to enter time and coordinates.

9. The geoinformation module is distinguished by the fact that it is designed to transmit information online.

10. The geoinformation module is distinguished by the fact that it is designed with the ability to transmit retrospective information to the user (researcher, technician worker).

11. The geoinformation module is distinguished by the fact that it is designed with the ability to predict events in the time of future information.

12. The geoinformation module is distinguished by the fact that it is designed to determine the coordinates of an object on the plan, taking into account the specified time.

Organizational interfaces of digital convergence of agriculture and Industry 4.0

Emphasizing the significance of innovation revitalizing of agricultural businesses' business models, it

is vital to draw attention to the primary factors that need to be considered when formulating framework for digital convergence of agriculture and Industry 4.0:

- focusing on regional development priorities, especially the agriculture sector; establishing public-private partnerships and encouraging private investment in the agricultural sector (Omelianenko O., Omelyanenko V., Pidorycheva, 2025; Pidorycheva, Bash, 2024);

- allocation of funds from local and regional budgets to initiatives that are strategically important for the area, guaranteeing food and environmental security;

- activation of communication and informational efforts, with the aim of presenting a favorable picture of the area to a prospective investor and giving him the most comprehensive information regarding investment offers and the benefits of funding the agriculture industry.

Unlike traditional ones, the mechanism for managing the agro-industrial complex's sustainable development based on the concept of a business model proposed in the study is regarded as a system of network business interaction of enterprises in the agro-industrial complex. It reveals the key components of the value chain of enterprises in the agro-industrial complex, implies that an agro-industrial complex enterprise chooses the best kind of innovative business model and enables the determination of strategic directions for achieving the region's sustainable development goals.

The following justifies the speed with which a business model concept can be selected for the establishment of an integration mechanism for the sustainable growth of agricultural enterprises:

- considering the growing popularity of the sharing economy (economy of joint use) theories, business networks of agricultural firms function as organizational innovations. Long-term megatrends, primarily brought about by technological advancements, resource scarcity and social changes, come together to form the economy of shared consumption;

- business models explain how enterprises interact with one another in networks and they can also be a source of competition between players (the interaction of stakeholders in the network occurs on a competitive market basis);

- agro-industrial complex's business networks are based on both formal and for the most part, informal groups of businesses that interact with one another. This calls for knowledge integration and exchange. By addressing social and cognitive issues, business modeling seeks to improve enterprise group interaction and foster the creative potential of each employee in the business network.

Within the framework of smart specialization and organization of interaction between technology transfer participants, it is proposed to create a *technology transfer center*, the purpose of which will be the development and implementation of a system of commercialization and technology transfer in the region's agriculture, the transfer of scientific results, new technologies from their developer to a new owner.

The tasks of this center can include: preparation and organization of events to identify promising scientific developments aimed at further commercialization and technology transfer; search for partners for the commercialization of developments; organization and holding of advertising activities, exhibitions, seminars, symposia and conferences focused on the commercialization of R&D results; information support for the process of commercialization and transfer of developments; assessment of costs associated with the acquisition of technologies; conclusion of an agreement and transfer of technology.

As a result of the study, the network and cluster form of organization of agricultural production was identified as the most acceptable for the implementation of the relationship between sci-

ence and production. In world practice, a cluster approach is used in the implementation of innovation policy, according to which a cluster is understood as a network of independent production and service firms, including suppliers, creators of technologies and know-how, connecting market institutions and consumers interacting with each other within a single value chain.

A feature of a cluster is the emphasis on the links between industries, enterprises and organizations that contribute to: the development of production and competition; simplified access to the latest technologies; risk distribution in various types of joint activities; organization of joint scientific research and the process of training and retraining of specialists; reduction of transaction costs, etc.

The creation of an agro-technological cluster in terms of technological development will allow:

- to identify problems and determine the current state of the technical and technological sphere of the region;

- to assess the resource potential;

- to determine the mechanisms for regulating technological development;

- to assess the expected socio-economic results from the activities carried out.

An agro-technological cluster is understood as a system of interconnected organizations integrated with the aim of simultaneous and interconnected solution of agricultural production problems based on effective technologies.

The fundamental difference of the proposed cluster model is its construction based on technology transfer. The cluster boundaries will cover several industries, as it develops, the depth of secondary raw material processing will increase and the supplier and consumer bases will expand. Resource-saving technologies will form the basis of the agro-technological cluster.

In the cluster structure, a large role is given to scientific institutions, since these institutions act as a system for promoting knowledge and technology, in addition, inventions are transformed into innovations in them.

Thanks to information and consulting services, participants in the cluster formation receive competitive advantages from innovations.

The implementation of the cluster strategy will require attracting large investment resources. The enterprises themselves should act as the main investors, which is unlikely at present. Therefore,

additional scientific research is required, significant amendments to a number of laws and regulations on agro-industrial formations of the holding and cluster type.

The productivity of organizations, supported by the technological connectivity of the cluster value chain, provides its critical mass and the basis for further innovations. Based on this, it should be noted that the interaction of participants in the sphere of the innovation process has a number of characteristic features expressed in the specifics of the industry and the innovation cycle itself. Analysis of experience in the creation of innovation structures provides broad opportunities in choosing a model of innovative development, the main result of innovation activity is the transfer and commercialization of technologies. Technological development in the institutional sphere provides for developments related to the creation of forms and mechanisms for connecting science and production — this is the central link in the implementation of integration processes, intensification of science and production, acceleration of the pace of scientific and technological progress. To solve this problem in agriculture, research, creation and operation of multi-level scientific organizations within the framework of cluster policy are necessary.

Following the example of developed countries, it is advisable to involve a third party in the transfer of material technologies and innovative services, whose task is to provide information support for this process. Such mediation will be carried out through the information provider system. The function of providers is also to mediate between manufacturers and the financial sector.

The development of an information provider network is possible only in the structure of an effective technology transfer system, functioning in the form of a branched network and providing for the coordination of all transfer participants from a single center. Examples of such networks are European Entrepreneurship Network, American Technology Transfer Center, which have a complex multi-level hierarchical structure of regional centers and representative offices. At the same time, the commercialization of technology, as well as ensuring the purchase of innovation on the most favorable terms, are usually carried out with the mediation of their participants.

There are two large networks in Ukraine (Ukrainian Technology Transfer Network with a coordina-

tion center in Academy of Technical Sciences and National Technology Transfer Network), as well as several transfer centers, business incubators, technology parks, operating independently of each other. Unlike foreign practice, the domestic technology transfer sector is characterized by significant fragmentation. This is due to the fact that the specified non-integrated technology transfer networks perform almost the same functions. In addition, none of the domestic networks is a participant in foreign technology transfer platforms, which not only significantly complicates access to foreign databases, but also makes it impossible for providers and manufacturers from other countries to access data on domestic achievements in science and technology. From the above, we can conclude that it is necessary to create a single centralized domestic technology transfer network.

Technology transfer services within the framework of agricultural production should cover:

- 1) legal support for the development commercialization process;
- 2) patenting and licensing;
- 3) creation and maintenance of an information support platform for the innovation process;
- 4) economic assessment of the prospects of innovations, their effectiveness;
- 5) marketing services for technology transfer, in particular, promotion of technologies, search for the necessary innovations for specific buyers.

It is advisable to integrate personnel for servicing technology transfer in agriculture on the basis of agricultural and natural science universities. This is explained by the availability of specialists with the necessary qualifications, in particular, practicing legal scholars, economists who are specialists in the fields of investment, innovation management, intellectual property, finance, marketing, etc., IT specialists who are capable of not only servicing but also creating information systems. Scientific institutions in such a system will play, first of all, the role of technology developers, the commercialization of which will be carried out by transfer specialists

It is advisable to create the following divisions in the structure of Center for Technology Transfer in Agriculture:

- 1) technology department (technological audit of technology and the enterprise — the customer of the innovation; development of accompanying technical documentation, etc.);

2) marketing department (research of the market situation for innovations in agriculture, in particular, supply and demand; organization of participation in conferences, exhibitions);

3) financial and economic department (assessment of socio-economic and environmental efficiency of an idea, development; preparation of business plans and innovation and investment projects; establishment of contacts with budget financing bodies, optimization of financing sources and innovation portfolio);

4) patent service (preparation and support of patent applications, protection of intellectual property);

5) legal service (legal support for registration of license agreements, loan agreements, agreements with contractors, consulting in case of violation of intellectual property rights);

6) information support department (creation and maintenance of information support of the technology transfer center; ensuring two-way communication of the center's information system with the information platform of the national technology transfer network).

Conclusions

High-tech agriculture represents a paradigm shift in how food is produced, managed and delivered in the 21st century. It merges traditional farming with cutting-edge technologies from across the industrial spectrum, transforming agriculture into a knowledge-intensive, data-driven and innovation-oriented sector. The integration of IoT, AI, robotics, biotechnology and renewable energy into agricultural systems fosters not only higher productivity and resource efficiency but also greater sustainability and adaptability to climate and market uncertainties. As shown by international experiences, especially in technologically advanced countries, the implementation of smart agricultural technologies results in measurable improvements in yield, energy use and water efficiency. However, realizing similar outcomes in developing and transitioning economies, such as Ukraine, requires a focused effort in strategic planning, capacity building and technology transfer. The institutional environment, research support and international cooperation play decisive roles in this transformation. By positioning high-tech agriculture within the broader context of Industry 4.0 and innovation ecosystems, this study confirms that the sector can act as a catalyst for inclusive economic growth and regional development.

The transition to concurrent engineering in agriculture marks a paradigm shift in how modern agri-technologies are developed, tested and deployed. By replacing linear development models with synchronized, collaborative processes, this methodology addresses the pressing need for faster, more sustainable and context-adapted innovations in a rapidly evolving sector. The integration of ICT tools and digital infrastructures facilitates the coordination of multidisciplinary teams, supports knowledge-driven decision-making and ensures early problem detection. Moreover, the inclusion of sustainability indicators during the design phase, supported by methods such as QFD and the «sustainability house», strengthens alignment with environmental and socio-economic goals. As high-tech agriculture continues to evolve within complex innovation ecosystems, the adoption of concurrent engineering provides a robust foundation for systemic, scalable and inclusive technological advancement. The proposed approach not only enhances product and process innovation but also supports the resilience and competitiveness of agriculture in the face of global challenges.

The effective transfer of agricultural technologies requires not only scientific excellence but also well-structured, digitally enabled systems that can bridge the gap between research and practice. This study proposes a comprehensive model of a concurrent engineering-based information and analytical system that facilitates the co-creation, adaptation and dissemination of innovations within the agri-food sector. By integrating data-driven modules, geospatial tools and decision support functionalities into a unified platform, the system empowers stakeholders to reduce development time, manage risk and increase the efficiency of technology adoption in diverse territorial contexts.

The formation of agro-technological clusters and technology transfer centers is central to operationalizing this model, fostering collaboration among universities, startups, producers and policymakers. These clusters provide a functional environment for the coordinated development of sustainable and locally adapted technologies, while the digital architecture ensures transparency, knowledge continuity and stakeholder accountability. Furthermore, the institutionalization of transfer services is essential for scaling innovations and creating robust, investor-ready ecosystems.

Given the fragmentation of the current technology transfer landscape in Ukraine, the paper underscores the need for a centralized, integrated national network that connects domestic innovation actors with international platforms. Such an approach not only enhances global competitiveness but also aligns agricultural innovation with national goals for food security, environmental sustainability and regional development. The proposed model demonstrates that digital infrastructure, organizational integration and smart specialization can collectively transform technology transfer into a dynamic engine of agricultural modernization.

Prospects for further studies

Future research will focus on expanding the functionality of the proposed system through the in-

tegration of real-time data analytics, which can further automate scenario generation and decision-making processes. Another important direction includes testing the tool in specific sectors, such as green infrastructure, high-tech agriculture and urban mobility, to tailor the models to sector-specific needs. There is also significant potential for international collaboration, particularly within the framework of EU digital and innovation ecosystems, to adapt the tool for cross-border infrastructure projects. Furthermore, researchers aim to investigate the role of local innovation communities in optimizing the interaction between technological systems and human decision-makers. These steps will contribute to refining the system's responsiveness and scalability across various environments and use cases.

ЛІТЕРАТУРА

- Підоричева І. Ю., Баш А. С. (2024). Смарт-спеціалізація промислових регіонів України: організаційно-економічний супровід. *Економіка промисловості*. № 2 (106). С. 5—28. <http://doi.org/10.15407/econindustry.2024.02.005>
- Aguilar-Virgen Q., Castañeda-González M., Marquez-Benavides L., Gonzalez-Vazquez J., Taboada-González P. Concurrent Engineering Model for the Implementation of New Products in the Textile Industry: A Case Study. *Applied Sciences*. 2021. Vol. 11, Iss. 8. Art. 3584. <https://doi.org/10.3390/app11083584>
- Alston J. M., Pardey P. G. Agriculture in the global economy. *J. Econ. Perspect.* 2014. Vol. 28, No. 1. P. 121—146. <https://doi.org/10.1257/jep.28.1.121>
- Badiane O. Agriculture and structural transformation in Africa. *Frontiers in Food Policy : Perspectives on Sub-Saharan Africa* / Eds. W. P. Falcon, R. L. Naylor. The Center on Food Security and the Environment. Stanford University : Stanford, CA, USA, 2014. URL: http://fsi.stanford.edu/publications/frontiers_in_food_policy_perspectives_on_sub-saharan_africa (Access: 07.07.2025).
- Bietresato M., Selmo F., Mazzetto F. Concurrent engineering approach in design of test equipment for detecting farm tractor mechanical performances: Application to development of hub-adapter. *Engineering for rural development*. Jelgava, 2020, May 20—21. URL: <https://www.iitf.lbtu.lv/conference/proceedings2020/Papers/TF389.pdf> (Access: 07.07.2025).
- Brookes N., Blackhouse C. (1996). Concurrent engineering — what's working where. The Design Council. London: Gower Publishing, Ltd. URL: https://books.google.com.ua/books/about/Concurrent_Engineering.html?id=QzRhe0MM_EkC&redir_esc=y (Access: 07.07.2025).
- Brookes N., Blackhouse C. Understanding concurrent engineering implementation: a case study approach. *International Journal of Production Research*. 1998. No. 36. P. 3035—3054. <http://dx.doi.org/10.1080/002075498192274>
- Climate, Livestock and Poverty: Challenges at the Interface. International Livestock Research Institute. Corporate Report 2008—09. ILRI, Nairobi, Kenya. 2008. URL: <https://www.ilri.org/knowledge/publications/ilri-corporate-report-2008-9-climate-livestock-and-poverty-challenges> (Access: 07.07.2025).
- Concurrent Engineering in the 21st Century / Eds. J. Stjepandić, P. M. Wognum, W. J. Verhagen. Springer, 2015. URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-13776-6> (Access: 07.07.2025).
- Deshpande A. Concurrent Engineering, Knowledge Management and Product Innovation. *J. Oper. Strateg. Plan.* 2018. Vol. 1, Iss. 2. P. 204—231. <https://doi.org/10.1177/2516600X18816204>
- dos Reis Á. V., Medeiros F. A., Fernando M. et al. Technological trends in digital agriculture and their impact on agricultural machinery development practices. *Revista Ciência Agronômica*. 2020. Vol. 51. Special Agriculture 4.0. Art. e20207740. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200093>
- Dror I. From technology transfer (TT) to agricultural innovation systems (AIS). *SEARCA Forum-workshop on Platforms, Rural Advisory Services and Knowledge Management: Towards Inclusive and Sustainable Agricultural and Rural Development*. Los Banos, 2016, May 17—19. <https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/cf481b78-d117-44c9-a6d5-b5a5b4b780c1/content> (Access: 07.07.2025).
- Facco G., et al. Cooperation of functional areas in agricultural machinery development process. *Product : Management & Development*. 2017. Vol. 15, No. 1. P. 1—7. <http://dx.doi.org/10.4322/pmd.2017.007>
- Jha G. K., Ranjan P., Gaur M. A machine learning approach to recommend suitable crops and fertilizers for agriculture. *Recommender System with Machine Learning and Artificial Intelligence: Practical Tools and Applications in Medical, Agricultural and Other Industries*. John Wiley & Sons : Hoboken, NJ, USA. 2020. P. 89—99. <https://doi.org/10.1002/9781119711582.ch5>

- Klerkx L., Van M., Leeuwis C. (2012). Evolution of systems approaches to agricultural innovation: Concepts, analysis and interventions. *Farming Systems Research into the 21st Century: The New Dynamic* / Eds. I. Darnhofer, D. Gibbon, B. Dedieu. Springer, Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4503-2_20
- Méndez-Zambrano P. V., Tierra Pérez L. P., Ureta Valdez R. E., Flores Orozco Á. P. Technological Innovations for Agricultural Production from an Environmental Perspective: A Review. *Sustainability*. 2023. Vol. 15, Iss. 22. Art. 16100. <https://doi.org/10.3390/su152216100>
- Mgendi G., Shiping M., Xiang C. A Review of Agricultural Technology Transfer in Africa: Lessons from Japan and China Case Projects in Tanzania and Kenya. *Sustainability*. 2019. Vol. 11, Iss. 23. Art. 6598. <https://doi.org/10.3390/su11236598>
- Omelianenko O., Omelyanenko V., Pidorycheva I. Data-driven planning of regional development and inclusive industrialization. *Data economy: challenges and opportunities for business and government* : monograph. Praha : OKTAN PRINT, 2025. P. 277—288. <https://doi.org/10.46489/DECAO-25-03>
- Prasad B. Collaborative Design and Manufacturing Research. *Concurr. Eng.* 2018. Vol. 26. P. 211—214. <https://doi.org/10.1177/1063293X18793692>
- Prokopenko O., Järvis M., Omelyanenko V., Maslov A., Lopes H. The Convergence of IoT, Cyber-Physical Systems and Mechatronics in Industry 4.0 Digitalization. *Innovations in Industrial Engineering IV. Icieng 2025. Lecture Notes in Mechanical Engineering* / Eds. J. Machado, J. Trojanowska, K. Antosz, C. P. Leão, L. Knapcikova, A. Sover. Springer, Cham, 2025. P. 48—65. https://doi.org/10.1007/978-3-031-94484-0_5
- Rihar L., Kušar J. Implementing Concurrent Engineering and QFD Method to Achieve Realization of Sustainable Project. *Sustainability*. 2021. Vol. 13 (3). Art. 1091. <https://doi.org/10.3390/su13031091>
- Shevchenko I., Omelyanenko V., Chuprun Y., Ippolitova I., Shchokin R. Advancing the Knowledge Economy: The Impact of Innovations and Human Capital. *Journal of Posthumanism*. 2025. Vol. 5, No. 1. P. 1270—1283. <https://doi.org/10.63332/joph.v5i1.664>
- Thankachan T., Bhasi M., Madhu G. Application of concurrent engineering in manufacturing industry. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*. 2010. Vol. 23, Iss. 5. P. 425—440. <https://doi.org/10.1080/09511921003643152>
- The Future of Food and Agriculture: Trends and Challenges. FAO : Rome, Italy, 2017. URL: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/2e90c833-8e84-46f2-a675-ea2d7afa4e24/content> (Access: 07.07.2025).
- The State of Food and Agriculture 2023. FAO : Rome, Italy, 2023 <https://doi.org/10.4060/cc7724en>
- Thorat T., Patle B. K., Kashyap S. K. Intelligent insecticide and fertilizer recommendation system based on TPF-CNN for smart farming. *Smart Agric. Technol.* 2023. Vol. 3. Art. 100114. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100114>
- Tirupathi P., Niranjan P. An optimal strategy for sustainable IoT device placements for agriculture. *Concurrent Engineering*. 2022. <https://doi.org/10.1177/1063293X221131885>
- Vyshnevskiy O. S., Anufriiev M. Yu., Bozhyk M. S., Gulchuk T. O. Artificial intelligence as a core of the new industrial revolution: prospects and limitations. *Econ. promisl.* 2024. Vol. 3 (107). P. 5—21. <http://doi.org/10.15407/econindustry2024.03.005>

Надійшла до редакції 11.07.2025 р.
Прийнята до друку 29.07.2025 р.

REFERENCES

- Pidorycheva, I. Yu., & Bash, A. S. (2024). Smart specialization of industrial regions of Ukraine: organizational and economic support. *Econ. promisl.*, 2 (106), 5—28. <http://doi.org/10.15407/econindustry2024.02.005> [in Ukrainian].
- Aguilar-Virgen, Q., Castañeda-González, M., Marquez-Benavides, L., Gonzalez-Vazquez, J., & Taboada-González, P. (2021). Concurrent Engineering Model for the Implementation of New Products in the Textile Industry: A Case Study. *Applied Sciences*, 11 (8), 3584. <https://doi.org/10.3390/app11083584>
- Alston, J. M., & Pardey, P. G. (2014). Agriculture in the global economy. *J. Econ. Perspect.*, 28 (1), 121—146. <https://doi.org/10.1257/jep.28.1.121>
- Badiane, O. (2014). Agriculture and structural transformation in Africa. In Falcon, W. P. & Naylor, R. L. (Eds.). *Frontiers in Food Policy: Perspectives on Sub-Saharan Africa*. The Center on Food Security and the Environment, Stanford University: Stanford, CA, USA. http://fsi.stanford.edu/publications/frontiers_in_food_policy_perspectives_on_subsaharan_africa
- Bietresato, M., Selmo, F., & Mazzetto, F. (2020, May 20—21). Concurrent engineering approach in design of test equipment for detecting farm tractor mechanical performances: Application to development of hub-adapter. *Engineering for rural development*. Jelgava. <https://www.iitf.lbtu.lv/conference/proceedings2020/Papers/TF389.pdf>
- Brookes, N., & Blackhouse, C. (1996). Concurrent engineering — what's working where. The Design Council. London: Gower Publishing, Ltd. https://books.google.com.ua/books/about/Concurrent_Engineering.html?id=QzRhe0MM_EkC&redir_esc=y
- Brookes, N., & Blackhouse, C. (1998). Understanding concurrent engineering implementation: a case study approach. *International Journal of Production Research*, 36, 3035—3054. <http://dx.doi.org/10.1080/002075498192274>
- ILRI (2008). Climate, Livestock and Poverty: Challenges at the Interface. International Livestock Research Institute. Corporate Report 2008—09. ILRI, Nairobi, Kenya. <https://www.ilri.org/knowledge/publications/ilri-corporate-report-2008-9-climate-livestock-and-poverty-challenges>
- Stjepandić, J., Wognum, P. M., & Verhagen, W. J. (2015). Concurrent Engineering in the 21st Century. Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-13776-6>

- Deshpande, A. (2018). Concurrent Engineering, Knowledge Management and Product Innovation. *J. Oper. Strateg. Plan.*, 1 (2), 204—231. <https://doi.org/10.1177/2516600X18816204>
- dos Reis, Â. V., Medeiros, F. A., Fernando, M., & et al. (2020). Technological trends in digital agriculture and their impact on agricultural machinery development practices. *Revista Ciência Agronômica*, 51, Special Agriculture 4.0, e20207740. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200093>
- Dror, I. (2016, May 17—19). From technology transfer (TT) to agricultural innovation systems (AIS). *SEARCA Forum-workshop on Platforms, Rural Advisory Services and Knowledge Management: Towards Inclusive and Sustainable Agricultural and Rural Development*. Los Banos. <https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/cf481b78-d117-44c9-a6d5-b5a5b4b780c1/content>
- Facco, G., & et al. (2017). Cooperation of functional areas in agricultural machinery development process. *Product: Management & Development*, 15 (1), 1—7. <http://dx.doi.org/10.4322/pmd.2017.007>
- Jha, G. K., Ranjan, P., & Gaur, M. (2020). A machine learning approach to recommend suitable crops and fertilizers for agriculture. In S. Na. Mohanty, J. M. Chatterjee, S. Jain, A. A. Elngar, P. Gupta (Eds.). *Recommender System with Machine Learning and Artificial Intelligence: Practical Tools and Applications in Medical, Agricultural and Other Industries* (pp. 89—99). John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA. <https://doi.org/10.1002/9781119711582.ch5>
- Klerkx, L., Van M., & Leeuwis, C. (2012). Evolution of systems approaches to agricultural innovation: Concepts, analysis and interventions. In I. Darnhofer, D. Gibbon, & B. Dedieu (Eds.). *Farming Systems Research into the 21st Century: The New Dynamic* (pp. 457—483). Springer, Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4503-2_20
- Méndez-Zambrano, P. V., Tierra Pérez, L. P., Ureta Valdez, R. E., & Flores Orozco, Á. P. (2023). Technological Innovations for Agricultural Production from an Environmental Perspective: A Review. *Sustainability*, 15 (22), 16100. <https://doi.org/10.3390/su152216100>
- Mgendi, G., Shiping, M., & Xiang, C. (2019). A Review of Agricultural Technology Transfer in Africa: Lessons from Japan and China Case Projects in Tanzania and Kenya. *Sustainability*, 11 (23), 6598. <https://doi.org/10.3390/su11236598>
- Omelianenko, O., Omelyanenko, V., & Pidorycheva, I. Data-driven planning of regional development and inclusive industrialization. Data economy: challenges and opportunities for business and government: monograph (pp. 277—288). Praha: OKTAN PRINT. <https://doi.org/10.46489/DECAO-25-03>
- Prasad, B. (2018). Collaborative Design and Manufacturing Research. *Concurr. Eng.*, 26, 211—214. <https://doi.org/10.1177/1063293X18793692>
- Prokopenko, O., Järvis, M., Omelyanenko, V., Maslov, A., & Lopes, H. (2025). The Convergence of IoT, Cyber-Physical Systems and Mechatronics in Industry 4.0 Digitalization. In J., Machado, J., Trojanowska, K., Antosz, C. P., Leão, L., Knapcikova, & A., Sover (Eds.). *Innovations in Industrial Engineering IV. ICIENG 2025. Lecture Notes in Mechanical Engineering* (pp. 48—65). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-94484-0_5
- Rihar, L., & Kušar, J. (2021). Implementing Concurrent Engineering and QFD Method to Achieve Realization of Sustainable Project. *Sustainability*, 13 (3), 1091. <https://doi.org/10.3390/su13031091>
- Shevchenko, I., Omelyanenko, V., Chuprun, Y., Ippolitova, I., & Shchokin, R. (2025). Advancing the Knowledge Economy: The Impact of Innovations and Human Capital. *Journal of Posthumanism*, 5 (1), 1270—1283. <https://doi.org/10.63332/joph.v5i1.664>
- Thankachan, T., Bhasi, M., & Madhu, G. (2010). Application of concurrent engineering in manufacturing industry. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 23 (5), 425—440. <https://doi.org/10.1080/09511921003643152>
- FAO (2017). The Future of Food and Agriculture: Trends and Challenges; Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy. <https://doi.org/10.4060/cc7724en>
- FAO (2023). The State of Food and Agriculture 2023. FAO: Rome, Italy. <https://openknowledge.fao.org/items/1516eb79-8b43-400e-b3cb-130fd70853b0>
- Thorat, T., Patle, B. K., & Kashyap, S. K. (2023). Intelligent insecticide and fertilizer recommendation system based on TPF-CNN for smart farming. *Smart Agric. Technol*, 3, 100114. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100114>
- Tirupathi, P., & Niranjana, P. (2022). An optimal strategy for sustainable IoT device placements for agriculture. *Concurrent Engineering*. <https://doi.org/10.1177/1063293X221131885>
- Vyshnevskiy, O. S., Anufriev, M. Yu., Bozhyk, M. S., & Gulchuk, T. O. (2024). Artificial intelligence as a core of the new industrial revolution: prospects and limitations. *Econ. promisl.*, 3 (107), pp. 5—21. <http://doi.org/10.15407/econindustry2024.03.005>

Received: 11.07.2025

Accepted: 29.07.2025

Віталій Анатолійович Омеляненко, д-р екон. наук, старший дослідник, професор
E-mail: omvitaliy@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-0713-1444>

Інститут економіки промисловості НАН України
вул. Марії Капніст, 2, м. Київ, 03057, Україна

ЦИФРОВА КОНВЕРГЕНЦІЯ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ТА ІНДУСТРІЇ 4.0: МОЖЛИВОСТІ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНІ ІНТЕРФЕЙСИ

Агропромисловий комплекс зазнає глибокої трансформації, зумовленої нагальною потребою в подоланні таких глобальних викликів, як продовольча небезпека, зміна клімату, демографічні зрушення та дефіцит ресурсів. Проаналізовано роль високотехнологічного сільського господарства як ключового рушія інновацій і стійкості в агропромисловому комплексі. Наголошено на основних технологічних тенденціях Індустрії 4.0, зокрема інтеграції Інтернету речей (ІоТ), робототехніки, точного землеробства, біотехнологій і відновленої енергетики, які в сукупності переосмислюють сільськогосподарські практики та тісно пов'язують агросектор із сучасними галузями промисловості. Особлива увага приділяється стратегічній важливості трансферу технологій, плануванню на основі форсайту та заснованих на даних рішенням для підвищення продуктивності, зниження екологічного навантаження та посилення стійкості. Взаємозв'язок між сільським господарством та іншими секторами («зелена» енергетика, ІКТ) представлений через системний погляд на інновації, що підкреслює зростаючу конвергенцію галузей. Висновки підтверджують ідею, що високотехнологічне сільське господарство є не ізольованим, а становить складову цифровізованої промислової економіки. Сформовано системно орієнтований підхід до трансферу та комерціалізації аграрних технологій, що передбачає використання цифрових технологій і ґрунтується на принципах паралельної інженерії та теорії інноваційних мереж. Паралельна інженерія широко застосовується в передових галузях промисловості та пропонує трансформаційну альтернативу традиційним послідовним моделям розроблення, забезпечуючи колаборацію та паралельне проектування. Підкреслено критичну роль етапу проектування в життєвому циклі агротехнологій. Розглянуто, як паралельна інженерія підвищує ефективність, стійкість та адаптивність в інноваційних мережах сільського господарства. Із використанням цифрових інструментів, інтегрованих систем знань і платформ ІКТ-співпраці такий підхід передбачає узгодження інженерного проектування з цілями сталого розвитку, забезпечуючи раннє виявлення ризиків, гнучке прототипування та залучення зацікавлених сторін із різних секторів. Запропоновано структуру ІКТ-підтримки інноваційних мереж. Наголошено на необхідності включення міждисциплінарних і географічно розподілених команд у цикл розроблення для забезпечення релевантності, стійкості та створення довгострокової цінності в секторі аграрних технологій. Запропонована організаційна модель трансферу технологій інтегрує підсистеми управління даними, геоінформаційного аналізу та прийняття рішень на основі знань для підтримки життєвого циклу аграрних інновацій. Основну увагу приділено зближенню сільського господарства та Індустрії 4.0 через регіональну смарт-спеціалізацію, публічно-приватне партнерство та формування агротехнологічних кластерів. Висвітлено організаційні та інфраструктурні вимоги до побудови мережі трансферу технологій з фокусом на важливості маркетингових сервісів й інтегрованих високоефективних екосистем трансферу. Завдяки поєднанню інституційного проектування з цифровою інфраструктурою модель забезпечує ефективніше, масштабоване та стійке впровадження агротехнологічних інновацій у регіонах.

Ключові слова: сільське господарство, трансфер технологій, інформаційно-комунікаційні технології, інноваційна мережа, агротехнологічні інновації.



<http://doi.org/10.15407/econindustry2025.03.040>

УДК 330.101:330.34:004.9

JEL: O33, L16

Олександр Сергійович СЕРДЮК, д-р екон. наук, старший дослідник

E-mail: serdyuk_O@nas.gov.ua; <https://orcid.org/0000-0003-3049-3144>

Інститут економіки промисловості НАН України

вул. Марії Капніст, 2, м. Київ, 03057, Україна

*Технології та суспільство взаємно формують
один одного. Ми є продуктом наших технологій
тією мірою, якою вони є продуктом, що нами створюється.*

Клаус ШВАБ

ТРАНСФОРМАЦІЯ ЕКОНОМІЧНОЇ СИСТЕМИ ПІД ВПЛИВОМ ТЕХНОЛОГІЙ ІНДУСТРІЇ 4.0

У статті досліджено роль ключових технологічних інновацій, зокрема штучного інтелекту, Інтернету речей, блокчейну та 3D-друку, у зміні виробничих процесів, оптимізації ресурсокористування та формуванні нових економічних взаємозв'язків. Розглянуто соціально-економічні наслідки інтеграції інтелектуальних технологій у виробництво, а саме вплив автоматизації на ринок праці, зміну інституційних механізмів регулювання економіки, проблеми «наглядного капіталізму» та можливі шляхи їх вирішення.

Ключові слова: економічна система, Індустрія 4.0, штучний інтелект, Інтернет речей, блокчейн, 3D-друк.

Економічний розвиток нерозривно пов'язаний з упровадженням нових технологій, які вдосконалюють виробничі процеси, управління ресурсами та організацію господарської діяльності. Проте масштаб і характер цього впливу суттєво відрізняються залежно від галузі, регіону та рівня інтеграції технологічних систем у виробництво, що зумовлює неоднозначні наслідки для економіки. З огляду на це набуває актуальності питання дослідження механізмів впливу нових технологій на виробничі процеси та виявлення закономірностей трансформації економічної системи в умовах технологічного прогресу. Зокрема, у контексті сьогодення важливо визначити, якими будуть економічні

наслідки від широкого застосування технологій Індустрії 4.0, таких як штучний інтелект, Інтернет речей, блокчейн і 3D-друк. Чи призведуть вони до структурних зрушень в економічній системі, або їхній вплив обмежуватиметься лише підвищенням ефективності окремих виробничих процесів? Відповіді на ці питання допоможуть визначити доцільність і пріоритетність стимулювання розвитку технологій Індустрії 4.0.

Проблематика цифрової трансформації економіки, зокрема в контексті впливу технологій Індустрії 4.0 на виробничі системи, є одним із пріоритетних напрямів наукових досліджень, що здійснюються в Інституті економіки про-

Цитування: Сердюк О. С. Трансформація економічної системи під впливом технологій Індустрії 4.0. *Економіка промисловості*. 2025. № 3 (111). С. 40—58. <https://doi.org/10.15407/econindustry.2025.03.040>

© Видавець ВД «Академперіодика» НАН України, 2025. Стаття опублікована на умовах відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

мисловості НАН України. Значну увагу питанням інституційного та організаційно-економічного забезпечення модернізації промисловості приділяє академік НАН України О. Амоша, який обґрунтовує необхідність формування сприятливого інноваційного середовища для впровадження цифрових технологій у виробництво (Амоша, 2013). О. Вишневський досліджує тенденції цифрової модернізації економіки України, зокрема розвиток цифрових платформ як чинників забезпечення проривного промислового зростання (Вишневський, 2021). Н. Брюховецька аналізує можливості адаптації зарубіжного досвіду впровадження технологій Індустрії 4.0 до умов вітчизняних промислових підприємств, приділяючи увагу бар'ерам автоматизації, перспективам інтелектуалізації та роботизації виробничих процесів (Брюховецька, 2020). Вагомий внесок у дослідження цифрових трансформацій здійснює також В. Ляшенко, який у співавторстві з О. Вишневським у монографії «Цифрова модернізація економіки України як можливість проривного розвитку» розглядає структуру цифрових платформ, роль інформаційно-комунікаційних технологій і платформної економіки у формуванні валового внутрішнього продукту, а також інституційні передумови їх інтеграції в капіталомісткі галузі (Ляшенко, 2018).

Результати попередніх досліджень механізмів впливу технологій на економіку є контроверсійними за своєю суттю. Послідовники класичної, неокласичної та кейнсіанської шкіл розглядають цей чинник переважно як прикладну причину розвитку економіки. Натомість шупетеріанці, на чолі із засновником цієї школи Й. Шумпетером (Шумпетер, 2011), вважали нові технології головним рушієм економічного прогресу. Важливим у даному контексті є аналіз соціально-економічних механізмів поширення технологій, які зрештою визначають масштаби їхнього впливу. На цьому наголошують послідовники неінституціональної школи економіки. З ними погоджуються представники поведінкової школи, серед яких лауреат Нобелівської премії Р. Талер (Талер, 2023), який наголошує на важливості психологічної мотивації при прийнятті економічних рішень.

Як свідчить досвід, у результаті сприятливого збігу інституційних та господарських чинників у певні історичні періоди в окремих кра-

їнах відбувалося стрімке зростання економіки, зумовлене масовим застосуванням нових виробничих технологій. Дослідниця у сфері технологій та соціально-економічного розвитку К. Перес позначила це явище терміном «технологічна революція» (Perez, 2002). Особливість її підходу полягає у визначенні так званих «проривних» технологій, які стимулюють розвиток супутніх інновацій. Їхнє сукупне впровадження спричиняє зміни в структурних елементах виробничої системи, створюючи сприятливі умови для економічного зростання. Засновник Всесвітнього економічного форуму в Давосі К. Шваб класифікує вплив технологій на економіку за ознакою системних змін, які вони викликають. Він виокремлює комплекс більш-менш рівнозначних інновацій, які, на його думку, призводять до виникнення «промислових революцій».

Як зазначає К. Шваб, сьогодні ми перебуваємо на етапі четвертої промислової революції, яка, зокрема, передбачає перехід промислового виробництва до моделі Індустрії 4.0. У роботах «Четверта промислова революція» (Schwab, 2017) та «Технології четвертої промислової революції» (Schwab, 2018) він приділяє основну увагу виробничим і соціальним наслідкам цього процесу. Однак питання структурних змін економічної системи, зумовлених впливом технологій Індустрії 4.0, залишаються недостатньо розкритими. Це підкреслює доцільність подальших досліджень у даному напрямі.

Отже, невирішена наукова проблема полягає у відсутності комплексного теоретико-методологічного обґрунтування механізмів структурної трансформації економічної системи під впливом технологій Індустрії 4.0 з урахуванням інституційних чинників, що визначають характер, глибину та наслідки цих змін.

Мета статті полягає в теоретичному узагальненні та ідентифікації закономірностей впливу технологій Індустрії 4.0 на господарські процеси, а також у прогнозуванні напрямів і наслідків трансформації структурних елементів економічної системи в умовах їх широкомасштабного впровадження.

Теоретичні аспекти трансформації економічної системи під впливом виробничих технологій

У рамках більшості економічних теорій технології розглядаються переважно через призму

їхнього впливу на витрати виробництва (класична, неокласична, кейнсіанська), через що економічна значимість технологій зводиться до рівня звичайних чинників виробництва (праця, земля, капітал), які в комплексі впливають на ефективність виробничих процесів. Проте окремі економічні школи дотримуються точки зору, згідно з якою вплив технологій на економіку може бути значно ширшим за локальне зниження витрат виробництва. Зокрема, послідовники шумпетеріанської школи визначають технології рушійною силою економічного розвитку. На думку Й. Шумпетера, нові технології здатні порушувати рівновагу в структурі виробничо-споживчих відносин, унаслідок чого створюються сприятливі умови для зростання економіки (Шумпетер, 2011).

Ключова ідея Шумпетера та його послідовників полягає в тому, що за відсутності технологічного прогресу економіка перебуває в статичному стані, досягаючи межі свого розвитку. Для такого стану характерні стабільний рівень сукупного попиту та пропозиції, усталеність відносин між економічними агентами, відсутність зростання добробуту суспільства. Однак із появою технологій, які в безпосередній або опосередкований спосіб охоплюють значний сегмент економіки, з'являється потенціал для розширення меж виробництва та споживання, а отже, зростання економіки. Наприклад, широке застосування парового двигуна в Британії XVIII ст. для відкачування води з шахт зумовило збільшення обсягів виробництва металів та палива (вугілля), що своєю чергою здешевило процес виробництва та експлуатації таких двигунів. Як наслідок, «дешеві» парові двигуни почали застосовувати на фабриках і в транспортній галузі (паровози, пароплави), що в комплексі привело до стрімкого зростання економіки.

Незважаючи на аргументовану позицію шумпетеріанців щодо фундаментального значення інновацій (у тому числі технологій), лише факту їх наявності та окремих випадків застосування недостатньо для ініціації процесів зростання економіки. Навіть у випадку, коли використання нової технології обіцяє великі вигоди виробникам і суспільству, її поширення може стримуватись існуючими інститутами. Цей аспект проблеми детально досліджується послідовниками інституціональної та неоінституціональної економічних шкіл (Furubotn, Richter, 1997).

На думку інституціоналістів, ключова перешкода на шляху широкого впровадження інновацій полягає в тому, що еліти, які де-факто контролюють формальні інститути в державі (податкову систему, правила торгівлі, фінансову регуляцію тощо), не зацікавлені в порушенні балансу системи розподілення ренти, до якого може призвести широке впровадження нових технологій, оскільки наявність потенційної можливості здешевлення виробництва або створення нового товару, який витіснить із ринку існуючий (з якого мають ренти еліти), може, по-перше, змінити розстановку сил усередині самої еліти; по-друге, надати політичної сили стороннім акторам. Іншим, пороте дещо менш значимим з точки зору інституціоналістів, є чинник впливу неформальних інститутів на поширення інновацій. Цей аспект проблеми проявляється в тому, що суспільство неохоче приймає інновації, оскільки воно схильне віддавати перевагу перевіреним технологіям виробництва, опрацьованим формам організації бізнесу, звичним для себе товарам тощо.

Висвітлена інституціоналістами проблема має об'єктивний характер, оскільки, як свідчить історичний досвід, навіть проривні технології можуть залишатися поза господарськими процесами впродовж тривалого часу через несприятливе інституційне середовище. Так, відомі винаходи Герона Александрійського, зокрема парова турбіна (еоліпіл), не знайшли практичного застосування протягом понад півтори тисячі років, оскільки тогочасні соціальні та інституційні умови не сприяли їхній інтеграції в економіку. Аналогічна ситуація спостерігалась із паровим двигуном: винайдений у 1674 р., він був уперше використаний у промисловості лише у 1712 р., на фабриках — у 1780-х роках, а як транспортна технологія (у вигляді паровоза) почав використовуватись лише з 1804 р. Затримка у впровадженні пояснюється як недостатньою зацікавленістю з боку впливового класу землевласників, так і опором частини суспільства, для якої нова технологія несла загрозу втрати зайнятості (наприклад рух лудитів).

Відповідно до положень інституціональної теорії вплив вищезазначених чинників на майбутнє інновацій не є визначальним, оскільки за правильної конфігурації інститутів у суспільства та еліт буде менше важелів впливу на

підприємців-інноваторів. Для цього інститути мають забезпечувати: захист прав власності; верховенство права; неупереджене правосуддя; прозорість та підзвітність державних органів; захист інтелектуальної власності; економічну свободу. При дотриманні державою зазначених принципів підприємець стає більш захищеним від зовнішніх впливів, оскільки інститути гарантують захист його майна та ресурсів, виконання контрактів і безперешкодний вихід на ринок. Проте навіть за таких умов залишається актуальним стримуючий чинник у вигляді інвестиційних ризиків, оскільки інноваційна виробнича технологія на практиці може виявитися неефективною, а новий продукт може не отримати своїх споживачів. Вирішення цієї проблеми шумпетеріанці покладають на підприємців-інноваторів, які, керуючись бажаннями реалізації власних творчих ідей, досягнення соціального визнання та отримання психологічної переваги над конкурентами, беруть на себе ризики, пов'язані з інноваціями. У цьому аспекті варто відзначити нематеріальні стимули, на яких наголошують послідовники шумпетеріанської школи, адже для економічної науки вони є нетиповими та контроверсійними. Одними з небагатьох однодумців шумпетеріанців у цьому питанні є послідовники поведінкової школи, які в діях економічних агентів вбачають суто індивідуальні психологічні мотиви. На їхню думку, дії агентів лише частково націлені на матеріальний результат і часто бувають ірраціональними (Талер, 2023). Позиція поведінкових економістів суперечить фундаментальним постулатам економічної теорії (класичної, неокласичної, кейнсіанської, австрійської, неоінституціональної), однак, як показує практика, має раціональну основу.

Отже, відповідно до положень шумпетеріанської теорії, підкріплених позицією послідовників поведінкової школи економіки, підприємець-інноватор є ключовим актором, що ініціює процес зростання економіки. Однак ступінь його впливу визначається потенціалом технологій, які він впроваджує, оскільки результати впровадження більшості інноваційних технологій мають адитивний ефект (локальне підвищення ефективності виробничих процесів), тоді як для створення економічного імпульсу ефект має бути мультиплікативним. Ідейна послідовниця шумпетеріанської школи К. Перес

виокремлює п'ять груп таких технологій, що спричинили технологічні революції, в результаті яких виникли нові техніко-економічні парадигми (табл. 1), під якими авторка розуміє «моделі найкращої ділової практики, що складаються із всеосяжних загальних технологічних та організаційних принципів, які відображають найбільш ефективні способи втілення певних технологічних революцій в життя і те, як слід користуватися революцією для пожвавлення та модернізації економіки» (Perez, 2002).

Слід зауважити, що наведена К. Перес класифікація є дещо спрощеною, оскільки вона не враховує супутнього впливу на процеси розвитку господарства інших, супутніх технологій, за рахунок яких де-факто було забезпечено мультиплікативний ефект від використання ключових (проривних) технологій. Так, наприклад, існування технології двигуна внутрішнього згоряння навряд чи спричинило появу нової галузі автомобілебудування, якби не було розроблено конструкцію автомобіля, яка забезпечувала ефективне використання цієї силової установки. Однак, незважаючи на спрощення, К. Перес все ж визначає важливу для дослідження закономірність, що полягає в існуванні технологій, які чинять непропорційно великий вплив на економічну систему. У контексті прикладу з двигуном внутрішнього згоряння принцип впливу проривних технологій можна обґрунтувати в такий спосіб: навіть за відсутності конструкції, яка б забезпечувала ефективне використання двигуна внутрішнього згоряння на автомобілі, маловитратна технологія перетворення енергії нафти на механічну енергію (яку репрезентує двигун) із високою імовірністю знайшла б широке застосування в інших галузях, що спричинило б схожий вплив на економічну систему.

За результатами аналізу досвіду технологічних революцій встановлено, що механізм впливу проривних технологій на економічну систему має різновекторний характер. Тобто в кожному з розглянутих періодів технології створювали імпульс для стрімкого розвитку окремої галузі господарства, що в подальшому зумовлювало розвиток супутніх галузей (сировинної, паливної, транспортної та ін.). Такий мультиплікативний ефект спричиняв значні зрушення в суспільній системі розподілення благ (формальній та/або неформальній), що зрештою призводило

Таблиця 1. Технологічні революції та їхній вплив на економіку за класифікацією К. Перес

Технологічна революція	Нові технології	Нові галузі	Нова інфраструктура	Техніко-економічна парадигма
Перша (з 1771 р.) Промислова революція у Великобританії	Ковані машини	Механізована текстильна промисловість	Канали та водні шляхи	Фабричне виробництво, механізація, прив'язка транспорту до водних шляхів
Друга (з 1829 р.) Епоха пари та залізниць, яка поширилася з Великобританії на всю Європу	Паровий двигун	Виробництво парових двигунів, виробництво рухомого складу для залізниці	Залізниця, газопроводи	Промислові центри з транспортною мережею, стандартизовані деталі
Третя (з 1875 р.) Епоха сталі, електроенергії та важкої промисловості, яка розпочалась у США та Німеччині	Бесемерівська сталь, промислове виробництво електроенергії	Електроенергетична, приладобудування, хімічна	Великі мости та тунелі, телефон і телеграф, електричні мережі	Вертикальна інтеграція, глобальна стандартизація, наука на службі бізнесу
Четверта (з 1908 р.) Епоха нафти, автомобілів і масового виробництва, яка розпочалась у США	Двигун внутрішнього згорання, масове виробництво	Автомобілебудування, виробництво рухомої техніки та літаків	Швидкісні автомобільні магістралі, аеропорти, нафтопроводи, електрифіковані залізниці	Горизонтальна інтеграція, масове виробництво, інтенсивне використання енергетичних ресурсів
П'ята (з 1971 р.) Епоха інформації та телекомунікацій, яка розпочалась у США	Персональний комп'ютер	Виробництво мікроелектроніки, розроблення програмного забезпечення	Інтернет	Децентралізована інтеграція, глобалізація, знання стає капіталом (невидима додана вартість)

Джерело: складено за (Perez, 2002).

до трансформації економічної системи. Різновекторний характер впливу в цьому випадку визначається унікальною структурою ланцюга підприємств, через які ефект від технологій поширюється на економічну систему.

За часів першої технологічної революції на вершині виробничого ланцюга перебували підпоровади проривну технологію кованих машин. Це стало каталізатором значних змін в економіці та суспільстві. По-перше, зросла потреба в продукції гірничодобувних підприємств, плавильних і ковальських мануфактур, які забезпечували виробництво компонентів для кованих машин. По-друге, збільшився попит на працю інженерів і чорнових робітників, які будували канали для постачання води до текстильних фабрик (адже машини працюва-

ли завдяки кінетичній енергії потоку води). По-третє, розвивалися транспортні послуги, оскільки виникла необхідність швидшої доставки сировини та готової продукції до місць призначення. Унаслідок цих змін економіка зазнала значної трансформації. З одного боку, зростали ціни на продукцію та послуги в значених суміжних галузях, з іншого — текстильна продукція стала значно доступнішою для населення завдяки масовому виробництву. Це дало змогу виробникам текстилю накопичувати капітал, а споживачам — отримувати якісні товари за нижчими цінами. У результаті економічну вигоду отримали, як мінімум, три групи суспільства: виробники текстильної продукції, її споживачі та виробники товарів і послуг для виробничого ланцюга.

Важливим аспектом є те, що саме виробники супутніх текстильній промисловості товарів і послуг, стали ключовими акторами другої технологічної революції. Зростаючий попит, що обіцяв великі прибутки, мотивував їх збільшувати масштаби своєї діяльності, у тому числі за рахунок упровадження нових технологій. Найбільш ефективним інструментом досягнення цієї мети став паровий двигун, який служив для підприємців феноменально дешевим для того часу джерелом енергії. Його широке застосування сприяло зменшенню собівартості та збільшенню обсягів виробництва продукції в добувній, металургійній та машинобудівній галузях. Зрештою невдовзі й самі текстильні підприємства почали використовувати парові двигуни замість коліс, що приводились у рух потоком води. Разом із цим технологія парового двигуна спричинила революцію у транспортній сфері. Перші паровози були здатні перевозити вантажі в незрівнянно більшому обсязі та із суттєво нижчими витратами, ніж тяглові повозки. Це, по-перше, сприяло покращенню виробничої логістики; по-друге, впливало на зниження вартості товарів на ринку (за рахунок скорочення транспортних витрат). Наслідками другої технологічної революції стали: розвиток промислового виробництва; насичення ринку більш дешевими товарами; зростання зайнятості населення; зростання доходів промисловців.

Накопичений у руках промисловців капітал надавав їм можливість впливати на державну політику через фінансування реформ, політичних рухів і підтримку законодавчих ініціатив. Така активність підприємців суперечила інтересам привілейованого класу землевласників, що ставало причиною військового (революції) або політичного (плюралізація політичного устрою) протистояння цих двох впливових груп, у результаті якого стара еліта найчастіше втрачала свій колишній політичний вплив. Так, наприклад, унаслідок революції, яка відбулася в Австрійській імперії в 1848 р., було ліквідовано феодальні привілеї землевласників, через що вони втратили окремі важелі впливу на господарство. Разом із цим громадянська війна в США 1861—1865 рр. найкращим чином демонструє інституційну закономірність протистояння політичних груп, що формувалися навколо двох фундаментально різних джерел ренти: промисло-

вої Півночі (Федерації) та плантаційного Півдня (Конфедерації).

Часто політичне послаблення землевласників відбувалося без порушення формальної суспільної угоди — шляхом внесення правомірних змін до законодавства. Так, наприклад, у 1846 р. Британський парламент скасував «Хлібні закони», які обмежували імпорту зерна в країну. Унаслідок цього землевласники були позбавлені надприбутків, що змістило баланс політичних сил на користь буржуазії (промисловців).

Посилення політичного впливу промисловців у США та країнах Західної Європи в середині XIX ст., разом із підвищенням попиту на матеріали та енергоресурси, необхідні для промислового виробництва, сприяли новому етапу масового впровадження інновацій. Так, у 1850-х роках у Великобританії почали масово застосовувати технологію бесемерівської виплавки сталі, що дозволяла значно знизити собівартість і прискорити виробництво сталі, одночасно покращивши її якість. Це, у свою чергу, сприяло здешевленню виробництва паровозів, парових двигунів, промислового устаткування та об'єктів транспортної інфраструктури, таких як мости та тунелі. У комплексі зазначені чинники створили позитивний синергетичний ефект для економіки, що полягав у збільшенні масштабів промислового виробництва за рахунок здешевлення технічних і логістичних компонентів.

Із збільшенням масштабів промислового виробництва перед підприємцями постала важлива проблема забезпечення стабільного доступу до сировини та контролю її якості. У результаті цього виникли вертикально інтегровані компанії, які здійснювали повний цикл виробництва — від видобутку сировини до збуту готової продукції. Концентрація масштабованого економічного ресурсу в руках однієї особи або групи підприємців надавала їм додаткових важелів впливу на ринок. У багатьох випадках це призводило до монополізації певних галузей, унаслідок чого посилювався вплив промисловців на політику. Це підтверджується, зокрема, збільшенням кількості лобістських рухів у США та країнах Західної Європи наприкінці XIX ст.

Активне промислове лобі сприяло створенню інституційних умов для розвитку індивідуального підприємництва. Важливу роль у цьому

також відіграли доступність матеріальних ресурсів (зокрема дешевого металу та палива) та наявність розвинутої інфраструктури (доріг, залізниць, каналів і портів). Завдяки зазначеним чинникам активізувалася діяльність малих підприємців-інноваторів. У 1886 р. німецький інженер К. Бенц запатентував перший у світі автомобіль із двигуном внутрішнього згоряння і започаткував його серійне виробництво, що стало революційним кроком у транспортній індустрії. Згодом його приклад наслідували зарубіжні колеги. Зокрема, у 1908 р. американський інженер Г. Форд започаткував масове виробництво автомобілів у Детройті, а ще через п'ять років він першим застосував на своїх заводах технологію конвеєра, за рахунок якої було зменшено час виробництва одного автомобіля з 12 до 1,5 год., що зробило його доступним для широких верств населення. У подальшому технологія конвеєрного виробництва знайшла широке застосування в інших галузях промисловості, у той час як розвиток автомобільної техніки сприяв появі нових видів виробництва, таких як тракторо-, літако- та тепловозобудування.

Важливим інституціональним аспектом Четвертої технологічної революції стала поява тенденції до активного використання позикового капіталу у виробництві. К. Бенц, Г. Форд та багато інших видатних підприємців того часу більшою мірою використовували залучені фінансові ресурси, доступ до яких їм забезпечував розвинутий ринок позикового капіталу. Існування такого ринку відкривало широкі можливості для приватної ініціативи, а відтак створювались сприятливі умови для впровадження інновацій на рівні індивідуальних підприємців. Ці процеси та наслідки дії нової кон'юнктури не залишилися поза увагою наукової спільноти. У 1911 р. Шумпетер опублікував фундаментальну працю під назвою «Теорія економічного розвитку» (Schumpeter, 1980), у якій він визначив підприємців-інноваторів рушійною силою економічного прогресу.

Приклади успішної діяльності малих підприємств-інноваторів у першій половині ХХ ст. сприяли формуванню в США культури винахідництва та заохочення приватної ініціативи. Важливу роль у підтримці цієї культури відігравали державні інститути, які стимулювали підприємницьку діяльність, забезпечуючи за-

хист прав на інтелектуальну та фізичну власність, неупереджене правосуддя та дотримання принципу верховенства права. Значну роль відігравали також освітні програми, гранти та стипендії, які сприяли розвитку людського капіталу. У другій половині ХХ ст. ці чинники, разом із технологічним прогресом, стали підставою для розвитку ринку персональних комп'ютерів, на чолі якого були такі новатори, як С. Джобс, С. Возняк, Б. Гейтс та П. Аллен.

Конкуренція на ринку сприяла підвищенню обчислювальної спроможності комп'ютерів і здешевленню виробництва їх компонентів — мікроелектроніки, що створювало передумови для масового поширення цієї техніки серед промислових і побутових споживачів. Комп'ютеризація підприємств дала змогу знизити трансакційні витрати виробництва, що походили від витрат, пов'язаних із прийняттям виробничих рішень, таких як визначення логістичних маршрутів, управління запасами тощо. Ефект посилювався з появою інтернету, за допомогою якого комп'ютеризовані процеси оптимізації рішень було екстрапольовано на міжвиробничий рівень.

Слід відзначити, що п'ята технологічна революція справила унікальний вплив на економіку, оскільки разом із появою нової продукції та розвитком нових ринків (що було типовим для попередніх революцій) вона зумовила виникнення нематеріального (віртуального) чинника зростання економіки. Цей чинник, у вигляді обчислюваних можливостей, створуваних комп'ютерними технологіями, дозволив підприємцям суттєво знизити витрати на обслуговування виробництва (трансакційні витрати), що стимулювало їх до інвестиційної активності. Із того часу в середовищі підприємців акцент у питанні набуття фінансової вигоди почав поступово зміщуватись від матеріальних (розроблення нового фізичного продукту, покращення якості матеріалів, удосконалення технології виробництва тощо) до цифрових інструментів (розроблення програмного забезпечення, цифровізація виробничих та організаційних процесів тощо).

У класифікації К. Шваба період переходу до цифрових систем виробництва позначено терміном «Третя промислова революція». На відміну від К. Переса, яка класифікує революції за технологіями, що спричинили синергетичний

ефект в економіці, Шваб визначає революції за системними змінами, що відбулись у моделях виробництва (табл. 2). Технології в класифікації Шваба є передусім джерелом системної трансформації виробництва, яка зумовлює зростання економіки.

У своїй класифікації К. Шваб не виділяє якихось окремих, проривних технологій промислової революції. На його думку, системні зміни відбуваються під впливом комплексу взаємопов'язаних технологій. Так, наприклад, існування концепції програмного забезпечення обумовило появу персональних комп'ютерів, які, у свою чергу, уможливили існування інтернету. Однак у характеристиці Третьої промислової революції вони представлені разом, як системоутворюючі. Це свідчить про те, що Шваб акцентує увагу саме на комплексному технологічному впливі.

У рамках концепції Четвертої промислової революції, яка, на думку Шваба, розпочалася на початку ХХІ ст., він виокремлює комплекс технологій, що мають спричинити злиття цифрових, біологічних і фізичних систем. Серед них важливу роль відіграють технології автоматизації виробничих процесів та оптимізації виробничих зв'язків, принцип сукупної дії яких позначено терміном «Індустрія 4.0»¹.

Вплив технологій Індустрії 4.0 на економічну систему

Серед технологій Четвертої промислової революції напряму Індустрії 4.0 відповідають штучний інтелект, Інтернет речей, 3D-друк і блокчейн. Кожна з них впливає на окремі аспекти виробничої діяльності та разом із тим на економічну систему загалом. Ефект збільшується від сукупного використання цих технологій, які у виробничій сфері посилюють одна одну, а в соціальній — змінюють окремі механізми суспільних відносин.

Найбільший ефект у виробничій та соціальній сферах спричиняє штучний інтелект (ШІ),

¹ Це поняття вперше було використано у 2011 р. у Німеччині для позначення процесів автоматизації промислового виробництва, передбачених національною стратегією. У подальшому К. Шваб застосував його для позначення одного з ключових напрямів Четвертої промислової революції, що охоплює інтеграцію автоматизації, кіберфізичних систем, штучного інтелекту та Інтернету речей у промислові процеси.

що являє собою цифрову технологію виконання складних і різнопланових завдань, які традиційно потребують людського інтелекту. Відповідно до теорії, що ґрунтується на результатах міждисциплінарних досліджень у сфері когнітивних наук, математиці, комп'ютерних технологій, нейробіології та філософії, ШІ поділяється на три рівні:

- низький (Narrow AI) — системи, які спеціалізуються на вирішенні конкретних завдань і здатні виконувати лише одну або обмежену кількість функцій;
- загальний (General AI) — гіпотетична система, яка має здатність виконувати будь-які притаманні людині інтелектуальні завдання. Ця система здатна до навчання, міркування, адаптації до нових ситуацій та вирішення проблем у різних сферах;
- суперінтелект (Superintelligence) — гіпотетична система, яка перевищує людський інтелект у всіх аспектах.

На сьогодні існує лише перший рівень ШІ, проте навіть його обмеженого функціоналу виявилось достатньо, щоб ініціювати фундаментальні зміни в моделях виробництва та соціальних відносин. Для визначення структури та оцінювання масштабів цих змін доцільно дослідити сфери застосування ШІ та надати оцінку локальним наслідкам.

Передусім слід приділити увагу загальнопромисловому аспекту застосування ШІ, тобто функціоналу, який, з певними відхиленнями, може стосуватися більшості видів промислових підприємств. Найефективнішими у цьому сенсі є технології автоматизації виробничих процесів із використанням робототехніки, керованої ШІ. Цей функціонал дає змогу здійснювати цілодобове безперервне виробництво, мінімізуючи участь працівників, задіяних у рутинній праці. Додатковою перевагою є те, що алгоритми ШІ ефективно виконують завдання контролю якості продукції та здатні оптимізувати виробничі процеси, зменшуючи кількість помилок. Таким чином, за рахунок економії ручної праці знижуються операційні витрати підприємства, у той час як раціональне використання матеріалів і ресурсів сприяє зниженню виробничих витрат.

Іншим ефективним загальнопромисловим функціоналом ШІ є планування та управління ресурсами. Принцип його дії полягає в тому, що

Таблиця 2. Промислові революції за класифікацією Клауса Шваба

Промислова революція	Характеристики	Системні зміни	Технології
Перша (кінець XVIII—XIX ст.)	Виникнення механізації; використання парових двигунів; розвиток текстильної промисловості, металургії та залізничного транспорту	Перехід від ручної праці до механізованого виробництва	Паровий двигун, механічний верстат, паровоз, пароплав, доменна піч
Друга (кінець XIX— початок XX ст.)	Електрифікація виробництва; масове виробництво; розвиток хімічної, автомобільної та електротехнічної галузі	Використання електроенергії та впровадження масштабного виробництва	Електроенергія, конвеєр, двигун внутрішнього згоряння, добрива, телефон
Третя (середина XX ст.)	Використання електроніки та комп'ютерів; автоматизація виробництва; розвиток інформаційних технологій	Перехід до цифрових систем і автоматизації	Комп'ютери, інтернет, програмне забезпечення, спутниковий зв'язок
Четверта (з початку XXI ст.)	Використання робототехніки; розвиток біотехнологій, квантових обчислень та 3D друку	Злиття цифрових, біологічних і фізичних систем	Штучний інтелект, Інтернет речей, 3D-друк, блокчейн, квантові комп'ютери, біотехнології

Джерело: складено за (Schwab, 2018).

алгоритми ІІІ на основі аналізу ретроспективних і поточних даних розраховують оптимальні рішення для організації ланцюгів постачання, управління запасами, планування виробничих процесів і роботи персоналу. Це дозволяє мінімізувати транзакційні витрати, що походять від витрат пошуку партнерів, контролю запасів і координації виробничих процесів. У результаті знижується загальна собівартість виробництва, що позитивно позначається на рентабельності підприємства.

Також важливою функцією ІІІ з точки зору економії є оптимізація споживання електроенергії. Цей ефект досягається за допомогою аналізу даних про енергоспоживання на кожному етапі виробничого процесу: від запуску обладнання до виготовлення продукції. За результатами аналізу алгоритми можуть визначати пікові навантаження, знижувати втрати енергії та знаходити способи раціонального використання обладнання. Наприклад, ІІІ може оптимізувати час роботи машин для уникнення перевантаження мережі або перерозподіляти завдання, щоб зменшити споживання енергії в пікові години. Використання такого функціоналу сприяє значному зниженню енергетичних витрат і підвищенню загальної ефективності виробництва.

У контексті секторальних покращень доцільно виокремити такі функції ІІІ: виробниц-

тво нової продукції в галузі машинобудування — безпілотних транспортних засобів; оптимізація хімічних реакцій за допомогою моделювання при виробництві продукції хімічної промисловості; контроль якості металів через ІІІ-системи аналізу зображень у металургії; оптимізація роботи енергетичного обладнання та управління «розумними» мережами в енергетиці; персоналізація продукції (дизайн за запитом клієнтів) в текстильній промисловості; розроблення нових ліків через аналіз даних про хвороби у фармацевтиці; планування проєктів і використання роботів для у будівельній галузі. Усі ці секторальні аспекти доповнюють загальні (універсальні) переваги застосування ІІІ, роблячи його ефективним інструментом підвищення якості виробництва та його рентабельності.

Попри очевидні технічні переваги, економічна доцільність застосування ІІІ у виробництві є не завжди обґрунтованою. Висока вартість обладнання і тривалий період його окупності можуть змусити підприємців схилитися до людської праці, особливо в країнах із низькою її вартістю. У заможних країнах у довгостроковій перспективі також можуть виникати проблеми із застосуванням ІІІ. На основі положень економічної теорії можна спрогнозувати, що в початковий період висока вартість праці в цих

країнах стимулюватиме підприємців відмовлятися від людської праці на користь ШІ. Однак після масового звільнення некваліфікованих працівників вартість їхньої праці на ринку знизиться, що зробить автоматизацію на основі ШІ менш привабливою для інвесторів (оскільки знову більш вигідним буде повернення до людської праці).

Для підтримки динаміки розвитку виробництва на основі ШІ уряди розвинутих країн можуть вжити певних заходів. Зокрема, запровадити прогресивне оподаткування для збільшення обсягу соціальних виплат, що знизить залежність незаможних верств населення від низькооплачуваної праці, а отже, сприятиме підвищенню вимог працівників до рівня зарплати. Крім того, уряди можуть інвестувати більше коштів у систему освіти, що потенційно зменшить кількість малокваліфікованої робочої сили, підвищуючи її вартість на ринку. Разом із цим у країні можуть бути запроваджені відповідні стандарти якості, безпеки та контролю на виробництві, що зробить виконання рутинних завдань некваліфікованою працею менш конкурентоспроможним порівняно з автоматизованими рішеннями ШІ.

Проте поточна вартість устаткування, що використовує ШІ, не є сталою. Вплив певних чинників уже спричинив його здешевлення, і даний процес, імовірно, триватиме надалі. Насамперед це зумовлено зменшенням вартості виробництва напівпровідників, що пояснюється законом Мура (Moore, 1960), згідно з яким кількість транзисторів на інтегральній схемі подвоюється приблизно кожні два роки, що забезпечує експоненціальне зростання продуктивності та зниження витрат на умовну одиницю обчислювальної потужності. І хоча у 2020-х роках ефект закону Мура дещо сповільнився, його дія забезпечується новими підходами, такими як упровадження 3D-чипів та оптимізація архітектури напівпровідників.

Ще одним важливим чинником, що може сприяти здешевленню устаткування для ШІ в майбутньому, є зростання конкуренції в цій галузі. Очікується, що зі збільшенням попиту на таке обладнання на ринок входять нові виробники, а вже існуючі компанії будуть змушені впроваджувати інновації, щоб зберегти свої позиції. Така кон'юнктура не лише сприятиме покращенню якості обладнання (напри-

клад, підвищенню продуктивності або енергоефективності), а й вплине на його вартість, оскільки збільшення пропозиції викликає зниження ціни.

Важливу роль також відіграють програмні чинники, які безпосередньо впливають на ефективність використання апаратного забезпечення ШІ, а отже, на його економічну ефективність. Інновації в алгоритмах ШІ, зокрема в галузі машинного та глибокого навчання, сприяють значній оптимізації обчислювальних процесів, що дозволяє знижувати вимоги до апаратних ресурсів. Нові алгоритми, краще адаптовані до специфічних завдань, можуть значною мірою скоротити потребу в потужних обчислювальних системах для виконання складних операцій, що, своєю чергою, зменшить не лише необхідність високопродуктивного устаткування, але і витрати на його розроблення й експлуатацію. Крім того, інтеграція програмного забезпечення для оптимізації обробки та доступу до даних дозволяє знизити навантаження на апаратну частину системи. У комплексі всі ці чинники забезпечують скорочення загальних витрат на утримання систем управління ШІ.

Якщо вплив вищенаведених чинників зниження вартості обладнання для ШІ підтвердиться, то вже найближчим часом можна очікувати на стрімке зростання частки виробництва, заснованого на технологіях штучного інтелекту. Це, насамперед, стосуватиметься країн із розвинутою економікою, де висока вартість праці, конкуренція у сфері інновацій та високі стандарти якості стимулюватимуть підприємців замінювати малокваліфіковану робочу силу (а в деяких випадках навіть висококваліфікованих фахівців) устаткуванням на базі технологій ШІ. За таких умов структура економіки залежатиме від внутрішньої політики уряду країни. Якщо уряд вирішить запровадити програми підтримки малозабезпечених верств населення коштом заможних громадян (у тому числі через систему прогресивного оподаткування), то ймовірно, що значна частка малокваліфікованих працівників, які втратили роботу через упровадження на підприємствах технологій ШІ, залишиться осторонь господарських процесів. Тобто вони житимуть за рахунок соціальних виплат, не здійснюючи внеску в розвиток економіки. Якщо уряд не надаватиме

преференцій малозабезпеченим верствам населення, то з високою імовірністю більшість із вивільнених працівників знайдуть роботу у сфері послуг, яка розвиватиметься з урахуванням загального зростання економіки, зумовленого впливом технологій ШІ на виробництво.

Із позиції загального економічного розвитку другий сценарій є більш перспективним. Конкуренція у сфері виробництва продукції із застосуванням технологій ШІ має сприяти збільшенню обсягів виробництва товарів суспільного вжитку, а отже, зниженню їхньої ціни. Це призведе до підвищення купівельної спроможності населення, яку частково буде переорієнтовано на придбання послуг. Як наслідок, зростатиме попит на послуги, що стимулюватиме приплив капіталу та залучення робочої сили до цієї сфери. У результаті економіка зростатиме, а громадяни матимуть доступ до широкого спектра товарів і послуг.

За наслідками впливу на економіку технологію ШІ можна класифікувати як проривну. Подібно до технологій, розглянутих К. Перес, ШІ має вже частково реалізований потенціал до структурних перетворень економічної системи. Сьогодні існують нові види виробництва (наприклад, безпілотні літальні апарати та автомобілі, домашні роботи, ШІ-системи) та форми організації праці (гібридні робочі місця, роботизовані виробничі лінії, автономні логістичні системи), які ще 20 років тому були невідомими. Крім того, створено нову інфраструктуру для розвитку та підтримки ШІ (дата-центри, хмарні обчислювальні платформи тощо). Усі ці ознаки свідчать про відповідність ШІ критеріям, які визначають технології, спроможні ініціювати технологічні революції, згідно з теорією К. Перес. Можна припустити, що якби авторка написала свою книгу сьогодні², то, ймовірно, сформувався б нове поняття — «Шоста технологічна революція».

Подібно до проривних технологій, представлених К. Перес, ШІ ініціює розвиток низки супутніх інновацій, які К. Шваб визначив «стовпами» Четвертої промислової революції. Насамперед це інтернет речей (IoT), який являє собою мережу підключених до інтернету фізичних пристроїв, здатних автоматично збирати, передавати та обмінюватися даними без

² Книга К. Перес «Технологічні революції та фінансовий капітал» була опублікована у 2002 р.

участі людини. Дані пристрої обладнані датчиками, програмним забезпеченням і модулями зв'язку, що дає їм змогу взаємодіяти як між собою, так і з іншими системами через інтернет. Функції ШІ в рамках IoT полягають в обробці даних у реальному часі з метою виявлення закономірностей, на основі яких у подальшому приймаються виробничі рішення. Також ШІ реалізує алгоритми, які забезпечують автоматичне прийняття таких рішень.

Інтернет речей, керований ШІ (інтелектуальний Інтернет речей), є однією з ключових технологій «розумної» фабрики (Smart Factory). Ця концепція передбачає створення повністю інтегрованого, автоматизованого та самонавчального середовища, яке забезпечує високу продуктивність й ефективність виробничих процесів. Досягається такий результат за рахунок зчитування з виробничих пристроїв великих масивів даних та їхньої подальшої обробки, на основі якої алгоритми ШІ приймають оптимальні виробничі рішення та імплементують їх у фізичному середовищі. Працівники на «розумних» фабриках здійснюють налаштування систем, контроль якості робіт і час від часу приймають складні стратегічні рішення.

Одним із прикладів «розумної» фабрики є підприємство Siemens у німецькому Амберзі, що спеціалізується на виробництві електроніки. Воно використовує передові роботизовані системи виробництва, які управляються ШІ за допомогою інфраструктури IoT. Близько 75 % всіх процесів на фабриці автоматизовано, що забезпечує значну економію ресурсів і підвищення продуктивності. За аналогічним принципом працюють німецькі заводи BMW, які використовують ШІ та інфраструктуру IoT для автоматизації складання автомобілів.

Також слід відзначити секторальні аспекти застосування IoT, а саме: в аграрній промисловості — для моніторингу вологості та температури ґрунтів; в енергетиці — для збору інформації про споживання електроенергії, на основі якої оптимізується її розподіл; у металургії — для виявлення дефектів у печах, прокатних станах та іншому обладнанні; в хімічній промисловості — для відстеження параметрів виробництва, таких як температура, тиск і концентрація речовин тощо.

Проте глобальний вплив IoT на економіку не обмежується лише сферою ефективного ви-

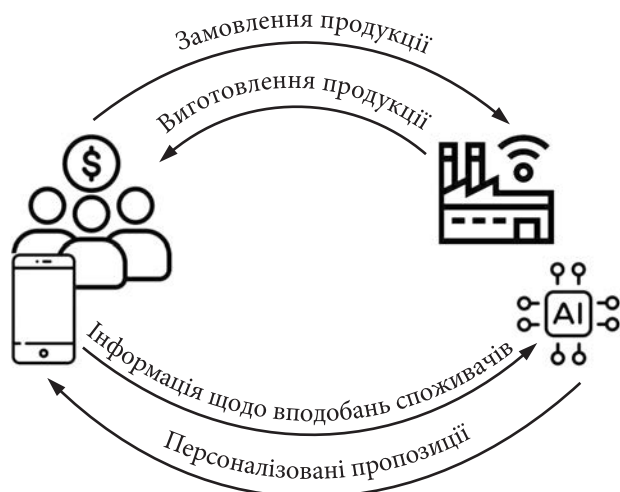


Рис. 1. Принцип формування попиту та пропозиції під впливом технологій Інтернету речей
Джерело: розроблено автором.

робництва. Комунікаційні можливості, які створює ця технологія, зумовлюють трансформацію моделі відносин між виробниками та споживачами на ринку. Забезпечуючи зв'язок між фізичними пристроями (виробничим устаткуванням), цифровими платформами (торговельними майданчиками) та споживачами, IoT надає можливість виробникам збирати в реальному часі дані щодо продажу продукції, аналізувати їх та на основі цього оперативно адаптувати виробничі процеси до мінливого попиту. Разом із цим IoT допомагає виробникам «грати на випередження», надаючи можливість аналізувати вподобання споживачів (такі як історія відвіданих сторінок в інтернеті або перегляд конкретних товарів), що дає змогу створювати персоналізовані продукти та пропозиції.

Економічний ефект від збору інформації за допомогою IoT посилюється, якщо ці дані надходять на «розумні» фабрики. На таких підприємствах III аналізує отримані дані та підлаштовує виробничі процеси під актуальний попит (рис. 1). Це дозволяє уникати перевиробництва, мінімізувати відходи й оптимізувати витрати.

Принцип попиту та пропозиції, що формується під впливом IoT, обумовлює перехід економічної системи до моделі так званої «витягаючої економіки». Вона базується на задоволенні реального попиту з боку споживачів через максимально швидке і точне реагування на запити ринку. На сьогодні більшість сегментів ринку діють за традиційною моделлю «виштовхуваль-

ної економіки», коли продукти виробляються з урахуванням прогнозів попиту. Натомість у рамках «витягаючої економіки» виробництво товару розпочинається лише тоді, коли на нього було пред'явлено реальний запит з боку конкретного споживача. Для такої моделі не характерні проблеми перевиробництва та надмірного складування ресурсів.

Однак, на думку окремих науковців, «витягаюча економіка», заснована на сигналах попиту та пропозиції, що передаються за допомогою інфраструктури IoT, загрожує асиметричним перерозподілом суспільного ресурсу на користь суб'єктів, які збирають цифрову інформацію. Професорка Гарвардської школи бізнесу Ш. Зубофф охарактеризувала це явище як «наглядний капіталізм» (Zuboff, 2019). Його сутність полягає в зборі, аналізі та монетизації особистих даних користувачів цифрового контенту без їхньої усвідомленої на те згоди. Ці дані служать для розроблення моделей прогнозування та впливу на поведінку людей, перетворюючи їхні дії та емоції на товар. Створена таким чином система спричиняє асиметрію знань і влади між технологічними корпораціями та суспільством, порушуючи приватність і свободу. У контексті цього явища Ш. Зубофф критикує корпорації, такі як Google та Facebook, за їхню практику монетизації даних шляхом створення персоналізованої реклами та прогнозування поведінки споживачів. Це, на її думку, дозволяє технологічним компаніям впливати на суспільну поведінку для отримання прибутку.

Попри обґрунтованість проблеми «наглядного капіталізму», зумовленої використанням інтелектуального Інтернету речей, у самій парадигмі Індустрії 4.0 закладено потенціал до її часткового вирішення. Ідеться про механізми захисту даних за допомогою технології блокчейн, яка забезпечує децентралізоване зберігання даних у вигляді послідовних і незмінних записів у реєстрі (блоках), з'єднаних у хронологічному порядку. За допомогою блокчейну споживачі зможуть взаємодіяти з виробниками безпосередньо, знижуючи залученість сторонніх інтернет-сервісів (браузерів, централізованих цифрових платформ), що зменшуватиме ризики збору інформації третіми особами. Більше того, у рамках нової моделі комунікації виробники отримуватимуть доступ лише до

інформації, необхідної для виконання поточних замовлень, за рахунок чого обмежуватимуться можливості збору додаткових даних про споживачів. У результаті вторинні дані стануть менш доступними для бізнесу, що звужуватиме простір для їх монетизації.

Посилення захисту даних економічних агентів є лише однією з переваг, які надає блокчейн. Окрім цього, технологія може сприяти зниженню транзакційних витрат, пов'язаних із веденням бухгалтерського обліку, аудитом, перевіркою контрагентів, здійсненням платежів тощо (Тепскотт, 2019). Механізм цього зниження полягає у використанні розподілених реєстрів як джерела достовірної інформації, змінити яку стороннім особам надзвичайно складно. Такою інформацією можуть бути записи щодо здійснених платежів, зобов'язань економічних агентів, руху товарів тощо. Після запису в блокчейні відповідні дані залишаються незмінними, а отже, знижується потреба в повторній перевірці їхньої автентичності. Це сприяє економії часу та ресурсів економічних агентів, що зменшує транзакційні витрати їхньої діяльності. Наприклад, записуючи до блокчейну інформацію щодо переказу коштів за відвантаженого товару, сторони угоди не потребуватимуть залучення третьої сторони (банку) для фактичної реалізації такого переказу. Натомість криптовалюта зі значно нижчими транзакційними витратами³ перераховуватиметься на рахунок продавця, що зробить угоду більш економічно ефективною для обох сторін.

Вдале поєднання технології блокчейн із фундаментальними програмними рішеннями відкриває можливості для ще більшого зниження транзакційних витрат економічної діяльності. У цьому контексті смарт-контракти являють собою частину блокчейн-екосистеми, що автоматично виконує умови угоди між сторонами без залучення посередників. Принцип їхньої роботи полягає в тому, що умови контракту у вигляді коду записуються в блокчейн, де вони стають незмінними. Після цього система очікує сигналу про виконання однієї частини угоди і після його отримання автоматично виконує іншу. Наприклад, уклавши угоду про постачання сировини, підприємець перераховує

³ Комісії за переказ криптовалют є значно нижчими за комісії переказу фіатних валют у традиційних банках.

необхідну суму коштів або цифрових активів у смарт-контракт, де вони резервуються. Після підтвердження доставки продукції система автоматично переводить кошти на рахунок постачальника, що усуває потребу в додаткових перевірках і залученні посередників.

Аналіз потенціалу блокчейну свідчить, що, на відміну від інших технологій Індустрії 4.0, які впливають на економічну систему через оптимізацію виробничих процесів і спрощення комунікації, блокчейн передусім трансформує інститути. При цьому трансформація відбувається знизу — під тиском об'єктивних економічних реалій. Тобто економічні агенти знаходять для себе нові, більш ефективні механізми захисту особистої інформації, забезпечення умов контрактів і матеріальних розрахунків, а уряди, своєю чергою, постфактум реагують на такі зміни. Реакція регуляторних органів може мати різні прояви — від адаптації законодавства до нових форм взаємодії економічних агентів або до прямої заборони альтернативних неформальних інститутів, сформованих навколо технологічних можливостей, створених блокчейном.

Незважаючи на те що інститути, які формуються під впливом блокчейну, мають очевидні вигоди у вигляді низьких транзакційних витрат економічної діяльності, не можна з впевненістю очікувати, що уряди вживатимуть заходів для їхньої легалізації. У цьому випадку все залежить від багатьох чинників, зокрема від кон'юнктури політичних відносин, плюралізму політичної системи, структури фінансових потоків та рівня їхньої концентрації в руках окремих суб'єктів впливу. Наприклад, у державі, де правляча партія або президент фінансується групою осіб, які отримують ренту з банківського бізнесу, навряд чи можна очікувати легалізації розрахунків у криптовалюті. Натомість у державах із менш концентрованими фінансовими потоками та конкурентною політичною системою з високою імовірністю ухвалюватимуться закони, які формалізуватимуть ефективні інститути. Таким чином, правляча партія або президент намагатиметься здобути прихильність виборців, щоб подовжити термін свого перебування при владі.

Аналогічними мотивами можуть керуватися агенти політичного впливу, стримуючи або, навпаки, стимулюючи впровадження інших

технологій Індустрії 4.0. Зокрема, у контексті порушення усталеної моделі господарських відносин варто відзначити вплив 3D-друку на структуру розподілу ренти. Ця технологія дозволяє створювати тривимірні об'єкти шляхом пошарового нанесення матеріалу на основі цифрової моделі. На відміну від традиційних методів виробництва, таких як лиття або фрезерування, 3D-друк дозволяє виготовляти складні деталі без використання дорогих прес-форм і зайвих матеріальних витрат. Основні етапи виробництва за допомогою 3D-друку включають:

1. Створення 3D-моделі — об'єкт спершу моделюється у спеціальних програмах (наприклад, AutoCAD, Blender, SolidWorks).

2. Розрізання моделі на шари — програма для 3D-друку (наприклад, Cura, PrusaSlicer) поділяє модель на окремі шари для подальшого друку.

3. Пошаровий друк — принтер послідовно накладає матеріал, поки не сформується готовий об'єкт.

Таким чином, виробництво відбувається без використання традиційного громіздкого устаткування, деталей і запчастин, що позбавляє заробітку виробників цих компонентів. Зокрема, це стосується виробників продукції для авіаційної, автомобільної, будівельної, текстильної, харчової та ювелірної галузей. Також втрати загрожують підприємствам, які продовжать використовувати традиційні методи виробництва на противагу 3D-друку.

У випадку, коли агенти політичного впливу отримують ренту від галузей господарства, які можуть зазнати збитків унаслідок поширення технології 3D-друку, можна очікувати від них протидії цим нововведенням. Наприклад, вони можуть лобіювати запровадження високих імпорتنих мит на 3D-принтери або їхні комплектуючі, офіційно мотивуючи це необхідністю захисту вітчизняних виробників. І навпаки, якщо агенти впливу зацікавлені в розвитку сфер виробництва, що одержать вигоди від 3D-друку, вони сприятимуть запровадженню цієї технології.

Із суто економічної точки зору, технологія 3D-друку скорочує ланцюг створення вартості продукції, водночас не зменшуючи її цінності та якості. Цей аспект впливає на прискорення темпів виробництва та зменшення собівартості продукції, що робить її більш доступною для спожи-

вачів. Крім того, 3D-друк дозволяє оптимізувати використання ресурсів, знижуючи рівень відходів порівняно з традиційними методами виробництва, що дає змогу зменшити витрати сировини й екологічне навантаження на довкілля.

Як колись конвеєрне виробництво витіснило ручне складання, започаткувавши епоху споживання, так і 3D-друк у взаємодії з технологіями ШІ та інтелектуального Інтернету речей може фундаментально трансформувати сучасні виробничі процеси, розпочавши епоху кастомізованого споживання.

Концепція кастомізованого споживання являє собою системний підхід до адаптації товарів і послуг до індивідуальних потреб і вподобань споживачів. Вона передбачає активне залучення покупців до створення продукту, що дає змогу привести його у відповідність до очікувань споживачів. Із позиції виробничо-споживчих зв'язків кастомізоване споживання є логічним продовженням принципів «витягуючої економіки» й ефективно реалізується в умовах «розумних» фабрик. За таких умов виробничі процеси стають більш гнучкими, автоматизованими й орієнтованими на персоналізований попит, а технологічні рішення, такі як цифрові двійники, штучний інтелект та аналіз великих даних, забезпечують оперативне налаштування виробничих потужностей під динамічні споживчі вподобання.

Отже, у результаті дослідження механізмів впливу технологій Індустрії 4.0 на господарські процеси встановлено, що за умови широкого впровадження ці технології можуть суттєво змінити структуру економічної системи, впливаючи на її ключові характеристики: що виробляти, як виробляти та для кого виробляти. Потенційним рушієм змін у даному випадку є функціонал швидкого та майже безвартатного обміну даних, керованого штучним інтелектом. Так, інтеграція ШІ з технологією 3D-друку дозволяє передавати дані про властивості продукції до 3D-принтера, який автоматично та з мінімальними витратами обслуговування здійснює виробничий процес. Швидкість передачі даних і виробничу універсальність 3D-принтера відкривають нові можливості для виготовлення персоналізованої продукції, що стимулює перехід економічної системи до кастомізованого виробництва (рис. 2). Симбіоз цих чинників сприяє автономізації та локалізації виробничих про-

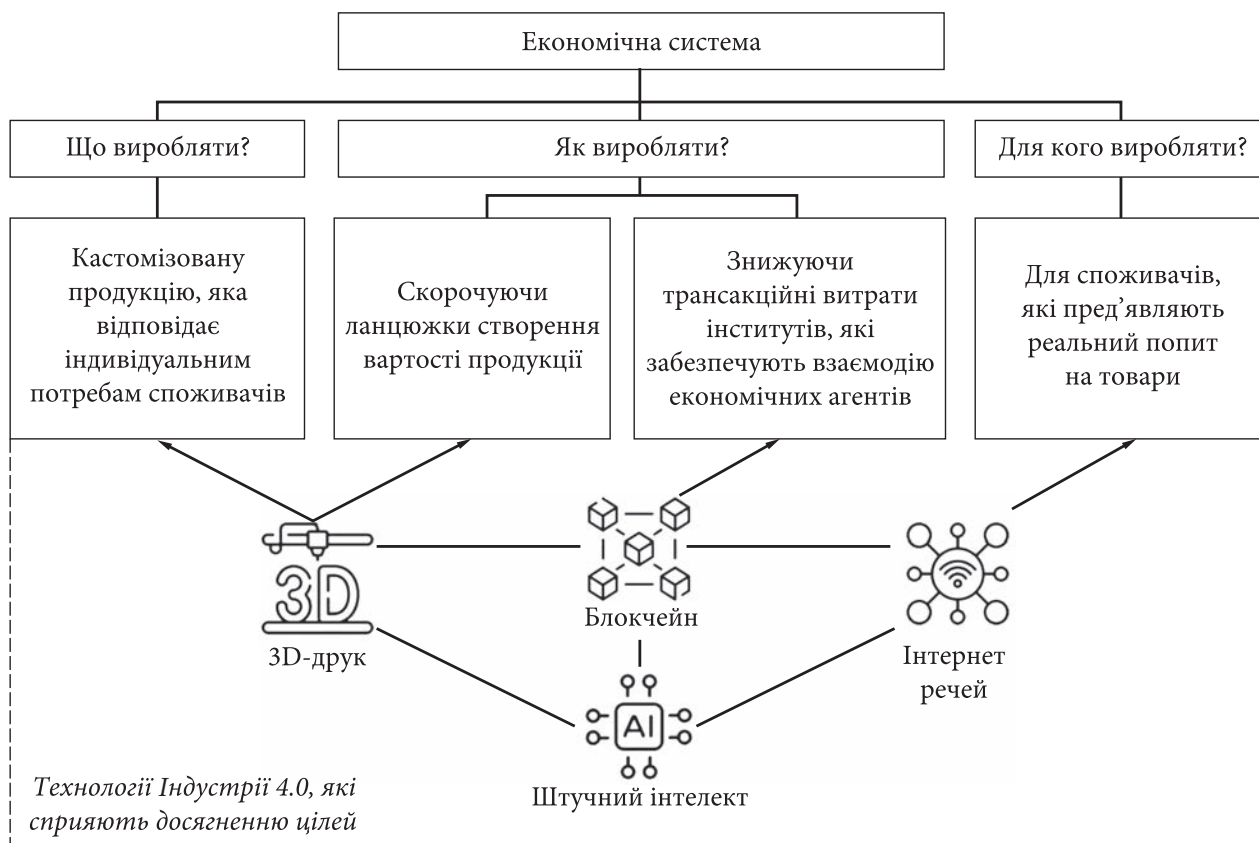


Рис. 2. Структура впливу технологій Індустрії 4.0 на економічну систему
 Джерело: розроблено автором.

цесів, що впливає на скорочення ланцюга створення вартості продукції.

Децентралізоване збереження криптографічно захищених і незмінних даних за допомогою блокчейну уможлиблює зниження трансакційних витрат інститутів, які забезпечують взаємодію економічних агентів. Зокрема, впровадження на державному рівні цифрової системи реєстрації бізнесу на основі блокчейну дозволить знизити бюрократичні бар'єри, забезпечити прозорість процедур і завдяки автоматизації обробки даних значно прискорити процес реєстрації. Успішним прикладом застосування такої системи є естонська програма e-Residency, яка надає можливість нерезидентам країни реєструвати бізнес, підписувати документи та управляти компанією онлайн⁴. При цьому програма не надає податкового резидентства або права на проживання в Естонії.

У контексті зниження трансакційних витрат інститутів, які забезпечують взаємодію при-

ватних підприємців, ефективними є цифрові сервіси смарт-контрактів, розроблені на основі блокчейну. Вони сприяють зменшенню витрат, пов'язаних із: перевіркою виконання умов угоди; потребою в залученні посередників; управлінням ризиками; веденням документообігу; здійсненням комунікації. Забезпечується цей ефект за рахунок прозорості та незмінності даних, представлених у блокчейні, що посилює довіру між сторонами. Наприклад, у сфері логістики смарт-контракти можуть автоматично відстежувати виконання умов перевезення вантажів. Усі ключові етапи, такі як підтвердження завантаження, доставки чи оплати, фіксуються в блокчейні, що виключає потребу в ручному внесенні даних і дозволяє уникнути шахрайства. Це суттєво зменшує витрати на координацію між постачальниками, перевізниками та клієнтами. У фінансовому секторі смарт-контракти забезпечують автоматичне виконання кредитних угод. Зокрема, якщо позичальник своєчасно сплачує відсотки, то смарт-контракт це миттєво фіксує та передає відпо-

⁴ Republica of Estonia e-Residency (2025). Your digital ID. <https://www.e-resident.gov.ee> (accessed: 10.02.2025).

відну частину коштів кредитору, виключаючи таким чином витрати на посередників (банківські установи) та мінімізуючи ризик людських помилок.

Ефективність смарт-контрактів підтверджується успішним досвідом їхнього використання великими компаніями. Наприклад, датська транспортна компанія Maersk у співпраці з IBM застосовує смарт-контракти через платформу TradeLens для управління контейнерними перевезеннями⁵. Австралійська енергетична компанія Power Ledger використовує смарт-контракти для купівлі та продажу сонячної енергії в децентралізованих виробників-споживачів⁶.

У рамках Четвертої промислової революції, яка супроводжується технологічними зрушеннями у сфері цифровізації, саме потоки даних визначають модель трансформації економічної системи. Особливу роль у цих змінах відіграють механізми збору, обробки та обміну даними. Використання застарілих інтернет-протоколів для обслуговування технологій Індустрії 4.0, таких як блокчейн і 3D-друк, може значно обмежити економічний ефект від їх застосування. Зокрема, у контексті блокчейну це призведе до незначного зниження трансакційних витрат, оскільки економічні агенти будуть змушені самостійно перевіряти умови контрактів й оновлювати бази даних. Тоді, як у випадку 3D-друку, відсутність інтегрованих каналів зв'язку між замовниками, проєктувальниками та виробниками значною мірою знизить потенціал даної технології. Інтернет речей дозволяє вирішити цю проблему, створюючи технологічні можливості для автоматизованого обміну даними між пристроями та їх обробки в реальному часі. Наприклад, встановлені на транспортних засобах IoT-сенсори можуть надсилати до блокчейн-системи інформацію про успішну доставку товару, на основі якої смарт-контракт автоматично перераховуватиме кошти на рахунок транспортної компанії. Аналогічно, у випадку 3D-друку сенсори виробничого моніторингу можуть передавати інформацію

про необхідність виготовлення додаткових деталей до 3D-принтера, який автоматично здійснюватиме їх виробництво.

Слід також відзначити роль Інтернету речей як самодостатньої системоутворюючої технології. Забезпечуючи в реальному часі комунікацію між виробниками та споживачами продукції, він сприяє адаптації ринку до реальних потреб споживачів. Відбувається це шляхом динамічної оптимізації діяльності підприємств на основі одержаної інформації щодо актуальних замовлень на продукцію, вподобань споживачів, залишків товарів і матеріалів на складах тощо. Відтак виробники знижують ризики перевиробництва, а споживачі отримують бажану (не нав'язану ринком) продукцію, що є ознакою «витягаючої» економіки.

Висновки

У контексті наслідків впливу на економічну систему виробничі технології можна розділити на дві основні групи: «ініціюючі» та «допоміжні». Дія перших зумовлює радикальні зміни структурних елементів виробничої системи, що приводить до створення сприятливих господарських умов для економічного зростання. Так, свого часу технологія парового двигуна змінила підходи до отримання механічної енергії, зробивши цей процес більш економічно ефективним, що вплинуло на зменшення собівартості товарів, при виробництві яких використовувався даний тип енергії. Допоміжні технології лише підвищують ефективність окремих виробничих процесів, проте їхній вплив на загальну виробничу систему є обмеженим.

Оскільки ініціюючі технології, як правило, мають взаємозалежний характер, їх також можна розділити на дві групи: «проривні» та «супутні». Проривними визначено технології, які, разом із потужним впливом на структурні елементи виробничої системи, зумовлюють розвиток інших — супутніх технологій, які цей вплив значно посилюють. Так, наприклад, поява персональних комп'ютерів не лише спростила доступ підприємців до обчислювальних потужностей, а й зумовила розвиток супутніх інновацій, таких як інтернет та програмне забезпечення. У сукупності ці технології зменшили трансакційні витрати, пов'язані з обслуговуванням виробництва, та витрати на залучення громадян до економічних процесів.

⁵ TradeLens: Building a world of paperless trade (2025). *Tradelens*. <https://www.tradelens.com> (accessed: 11.02.2025).

⁶ Blockchain and decentralization. (2025). *Powerledger*. <https://powerledger.io/blockchain-technology> (accessed: 10.02.2025).

На сучасному етапі Четвертої промислової революції, зокрема на стадії переходу до моделі виробництва Індустрії 4.0, проривною стала технологія штучного інтелекту. Саме вона, з одного боку, радикально зменшує виробничі витрати, а з іншого — посилює дію супутніх технологій, таких як Інтернет речей, 3D-друк і блокчейн. Кожна з них, як окремо, так і в комплексі, сприяє змінам усталених структурних елементів економічної системи. 3D-друк, у поєднанні з інфраструктурою Інтернету речей та обчислювальними можливостями штучного інтелекту, спрощує виробництво кастомізованої продукції. Це змінює структурний елемент економічної системи, пов'язаний із визначен-

ням асортименту продукції, тобто вирішенням питання «що виробляти?». Крім того, 3D-друк уможливує скорочення ланцюга створення вартості продукції, що позначається на методах виробництва, які визначають «як виробляти?». На цей структурний елемент системи також впливає технологія блокчейну, що забезпечує можливості для зниження трансакційних витрат інститутів регулювання відносин між економічними агентами. Структурний елемент «для кого виробляти?» змінюється під впливом технології Інтернету речей, яка дозволяє виробникам збирати й аналізувати інформацію про споживачів, забезпечуючи адаптацію виробництва до їхніх індивідуальних потреб.

ЛІТЕРАТУРА

Амоша О. І., Герасимчук З. В., Кузьмін О. Є. *Інноваційний розвиток промисловості України* : стратегічні орієнтири. Донецьк : ІЕП НАН України, 2013. 276 с.

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. <https://doi.org/10.15407/econindustry2020.02.116>

Вишневський О. С. *Цифрова платформізація процесу стратегування розвитку національної економіки* : монографія / НАН України, Ін-т економіки пром-сті. Київ, 2021. 449 с. URL: <https://iie.org.ua/monografiyi/cifrova-platformizacija-procesu-strateguvannja-rozvitku-nacionalnoi-ekonomiki/>

Ляшенко В. І., Вишневський О. С. *Цифрова модернізація економіки України як можливість проривного розвитку*. Полтава : ВНЗ Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», 2018. 251 с.

Норт Д., Волліс Д., Вайнгест Б. *Насильство та суспільні порядки. Основні чинники, які вплинули на хід історії*. Київ : Наш Формат, 2017. 352 с.

Талер Р. *Поведінкова економіка. Чому люди діють ірраціонально і як отримати з цього вигоду*. Київ : Наш Формат, 2023. 464 с.

Тепскотт Д., Тепскотт А. *Блокчейн революція. Як технологія, що лежить в основі біткойна та інших криптовалют, змінює світ*. Львів : ЛІТОПИС, 2019. 487 с.

Шумпетер Й. *Теорія економічного розвитку. Дослідження прибутків, капіталу, кредиту, відсотка та економічного циклу*. Київ : Києво-Могилянська академія, 2011. 244 с.

Eggertsson T. *Imperfect Institutions : Possibilities And Limits Of Reform*. Ann Arbor : University of Michigan Press, 2015. 275 p.

Furubotn G. Different Approaches to the Economic Analysis of Institutions: Some Concluding Remarks. *Journal of Institutional and Theoretical Economics*. 1990. Vol. 146. No. 1. P. 226—232.

Furubotn E., Richter R. *Institutions and Economic Theory*. Ann Arbor : University of Michigan Press, 1997. 542 p.

Moore G. Cramming more components onto integrated circuits. *Electronics*. 1965. Vol. 38. P. 33—35.

North D. *Institutions, Institutional Change, and Economic Performance*. Cambridge : Cambridge University Press, 1990. 152 p.

Perez C. *Technological Revolutions and Financial Capital. The Dynamics of Bubbles and Golden Ages*. Northampton : Edward Elgar Publishing, 2002. 231 p.

Schumpeter J. *Theory of Economic Development*. Oxfordshire : Routledge, 1980. 320 p.

Schwab K. *The Fourth Industrial Revolution*. New-York : Penguin, 2017. 192 p.

Schwab K. *Shaping the Future of the Fourth Industrial Revolution*. New-York : Penguin, 2018. 351 p.

Zuboff Sh. *The Age of Surveillance Capitalism : The Fight for a Human Future at the New Frontier of Power*. New York : PublicAffairs, 2019. 704 p.

Надійшла до редакції 04.06.2025 р.

Прийнята до друку 26.06.2025 р.

REFERENCES

Amosha, O. I., Herasymchuk, Z. V., & Kuzmin, O. Ie. (2013). *Innovative development of Ukrainian industry: strategic guidelines*. Donetsk: Institute of Industrial Economics of the National Academy of Sciences of Ukraine [in Ukrainian].

- Briukhovetska, N. Yu., & Chernykh, O. V. (2020). Industry 4.0 and digitalization of the economy: opportunities for using foreign experience at industrial enterprises in Ukraine. *Econ. promisl.*, 2 (90), 116—132. <https://doi.org/10.15407/econindustry2020.02.116> [in Ukrainian].
- Vyshnevskiy, O. S. (2021). *Digital platformization of the process of strategizing the development of the national economy*. Kyiv: Institute of Industrial Economics of the National Academy of Sciences of Ukraine. <https://iie.org.ua/monografii/cifrova-platformizacija-procesu-strateguvannja-rozvitku-nacionalnoi-ekonomiki/> [in Ukrainian].
- Liashenko, V. I., & Vyshnevskiy, O. S. (2018). *Digital modernization of the Ukrainian economy as an opportunity for breakthrough development*. Poltava: Ukoopspilka Higher Educational Institution «Poltava University of Economics and Trade» [in Ukrainian].
- North, D., Wallis, D., & Weingest, B. (2017). *Violence and social order. The main factors that influenced the course of history*. Kyiv: Nash Format [in Ukrainian].
- Thaler, R. (2023). *Behavioral Economics. Why people act irrationally and how to benefit from it*. Kyiv: Nash Format [in Ukrainian].
- Tapscott, D., & Tapscott, A. (2019). *Blockchain revolution. How the technology behind Bitcoin and other cryptocurrencies is changing the world*. Lviv: LITOPYS [in Ukrainian].
- Schumpeter, J. (2011). *Theory of economic development. A study of earnings, capital, credit, interest, and the business cycle*. Kyiv: Kyievo-Mohylianska akademiia [in Ukrainian].
- Eggertsson, T. (2005). *Imperfect Institutions: Possibilities And Limits Of Reform*. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Furubotn, G. (1990). Different Approaches to the Economic Analysis of Institutions: Some Concluding Remarks. *Journal of Institutional and Theoretical Economics*, 146 (1), 226—232.
- Furubotn, E., & Richter, R. (1997). *Institutions and Economic Theory*. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Moore, G. (1965). Cramming more components onto integrated circuits. *Electronics*, 38, 33—35.
- North, D. (1990). *Institutions, Institutional Change, and Economic Performance*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Perez, C. (2002). *Technological Revolutions and Financial Capital. The Dynamics of Bubbles and Golden Ages*. Northampton: Edward Elgar Publishing.
- Schumpeter, J. (1980). *Theory of Economic Development*. Oxfordshire: Routledge.
- Schwab, K. (2017). *The Fourth Industrial Revolution*. New-York: Penguin.
- Schwab, K. (2018). *Shaping the Future of the Fourth Industrial Revolution*. New-York: Penguin.
- Zuboff, Sh. (2019). *The Age of Surveillance Capitalism: The Fight for a Human Future at the New Frontier of Power*. New York: PublicAffairs.

Received: 04.06.2025

Accepted: 26.06.2025

Oleksandr S. Serdiuk, Doctor of Economic Science, Senior Researcher
E-mail: serdyuk_o@nas.gov.ua; <https://orcid.org/0000-0003-3049-3144>

Institute of Industrial Economics of NAS of Ukraine
2 Maria Kapnist Street, Kyiv, 03057, Ukraine

TRANSFORMATION OF THE ECONOMIC SYSTEM UNDER THE INFLUENCE OF INDUSTRY 4.0 TECHNOLOGIES

Economic development is inextricably linked to the introduction of new technologies that improve production processes, resource management, and economic activity organization. However, the scale and nature of this impact vary significantly depending on the industry, region, and level of technological integration in production, leading to ambiguous consequences for the economy. Given this, the study of mechanisms through which new technologies affect production processes and the identification of patterns of economic system transformation under technological progress conditions is becoming increasingly relevant. In the modern context, it is essential to determine the economic consequences of the widespread adoption of Industry 4.0 technologies, such as artificial intelligence, the Internet of Things, blockchain, and 3D printing. Will these technologies lead to structural shifts in the economic system, or will their impact be limited to improving the efficiency of specific production processes? The answers to these questions will help assess the feasibility and prioritization of stimulating the development of Industry 4.0 technologies. Considering the importance of this issue, the article examines the impact of Industry 4.0 technologies on economic system transformation. The role of key technological innovations, including artificial intelligence, the Internet of Things, blockchain, and 3D printing, is analyzed concerning their influence on production process changes, resource optimization, and the formation of new economic relationships. The historical context of previous technological revolutions is reviewed, comparing their impact with modern changes driven by digitalization and automation. Theoretical approaches to understanding the diffusion of technology and its influence on economic growth are substantiated, drawing on the concepts of Joseph Schumpeter, Carlota Perez, and Klaus Schwab. Particular attention is paid to the socio-economic consequences of integrating intelligent technologies into production, particularly automation's impact on the labor market, changes in institutional regulatory mechanisms, challenges of "surveillance capitalism," and potential solutions. The paper also explores the prospects for the application of Industry 4.0

technologies across various economic sectors, including industry, energy, transportation, healthcare, and finance. Based on an analysis of current technological innovation trends, conclusions are drawn regarding potential scenarios for the transformation of the economic system in the near future. Key challenges and opportunities for government policy, business, and society in the context of technological development and structural economic changes are identified. *The aim of the article* is to identify patterns of technological impact on economic processes and to forecast their influence on the structural elements of the economic system in the context of the widespread adoption of Industry 4.0 production models. The study results indicate that at the current stage of the Fourth Industrial Revolution, particularly the transition to the Industry 4.0 production model, artificial intelligence should be considered a breakthrough technology. It radically reduces production costs while enhancing the effectiveness of complementary technologies such as the Internet of Things, 3D printing, and blockchain. Each of these technologies, both individually and collectively, contributes to changes in the established structural elements of the economic system. 3D printing, combined with the infrastructure of the Internet of Things and the computational capabilities of artificial intelligence, simplifies the production of customized goods, altering the structural element of the economic system related to product assortment decisions-essentially answering the question of “what to produce.” Additionally, 3D printing shortens the value chain of product creation, which in turn affects production methods, addressing “how to produce.” This structural element is also influenced by blockchain technology, which provides opportunities to reduce the transaction costs of regulatory institutions governing economic relations. Finally, the structural element of “for whom to produce” is transformed by the Internet of Things, enabling manufacturers to collect and analyze consumer data, ensuring production adapts to individual needs.

Keywords: economic system, Industry 4.0, artificial intelligence, Internet of Things, blockchain, 3D printing.

<http://doi.org/10.15407/econindustry2025.03.059>

УДК 004.8:331.5:338.45

JEL: E24, J21, J24, J31, J62, O33, O15, O52

Богдан Ігорович ЛОГВІНЕНКО, PhD

E-mail: bodya00728@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-7956-2916>

Інститут економіки промисловості НАН України

вул. Марії Капніст, 2, м. Київ, 03057, Україна

ЕКОНОМІЧНА ПОЛЯРИЗАЦІЯ ТА ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ РИНКУ ПРАЦІ: РОЛЬ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Статтю присвячено визначенню впливу автоматизації та технологій штучного інтелекту на структуру праці та явище економічної поляризації в умовах цифрової трансформації ринку праці. Мета — перевірити гіпотезу, згідно з якою модель співпраці людини та штучного інтелекту є найбільш ефективною та безпечною траєкторією суспільного розвитку. На основі комплексного підходу проаналізовано сучасні теоретичні концепції, а також проведено власне онлайн-опитування серед української молоді. Підтверджено, що потенціал штучного інтелекту (ШІ) може бути використаний в економіці України для прискореного зростання лише за умови інвестування в людський капітал і формування кадрів, здатних ефективно співпрацювати з технологіями.

Ключові слова: економіяризація, ринок праці, цифрова трансформація, штучний інтелект, «людина + ШІ», цифрова нерівність.

Стрімкий розвиток автоматизації та штучного інтелекту докорінно змінює сучасні виробничі процеси та структуру зайнятості. У різних галузях упроваджуються роботи, алгоритми та нейромережі, які беруть на себе рутинні операції, а подекуди й складні інтелектуальні завдання. Це явище супроводжується побоюваннями щодо економічної поляризації — розшарування суспільства на вузьке коло висококваліфікованих високооплачуваних працівників та велику частку низькокваліфікованої робочої сили, тоді як традиційні середньокваліфіковані посади зникають (Manuika et al., 2017). Згідно з дослідженнями автоматизація може посилити нерівність доходів і можливостей: з одного боку, підвищується продуктивність і збільшу-

ються прибутки, а з іншого — середній клас стискається, а соціально-економічне напруження зростає¹.

Водночас перед людством відкриваються і нові перспективи: автоматизація передбачає створення принципово нових професій і збільшення ефективності, якщо суспільство зуміє адаптуватися. На цьому тлі формується концепція співпраці людини та штучного інтелекту — моделі, яка в науковому світі називається «людина + ШІ», за якою людина та машина доповнюють сильні

¹ Emory University Academic Innovation (2021). Analysts Estimate Fewer Jobs and More Tech in Tomorrow's Job Market. Atlanta GA. URL: <https://ai.emory.edu/articles/future-work-automation.html> (дата звернення: 24.07.2025).

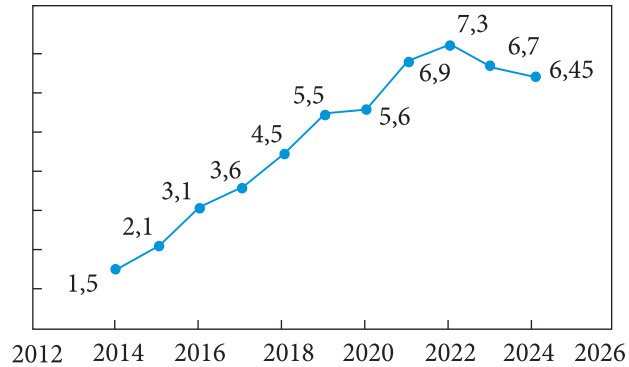


Рис. 1. Динаміка експорту ІТ-сектору за 2014—2024 рр., млрд дол. США
Джерело: розроблено на основі Ukraine's IT Shift: From Outsourcing to Innovation (2025). *Digital State UA: Ukrainian Tech for Future Societies.* <https://digitalstate.gov.ua/news/it-outsourcing/ukraines-it-shift-from-outsourcing-to-innovation> (дата звернення: 29.06.2025).

сторони один одного. Тому доцільно встановити, чи спроможна така кооперативна модель стати найбільш ефективною та безпечною траєкторією суспільного розвитку, запобігаючи негативним наслідкам повної автоматизації.

Питання поляризації ринку праці та впливу автоматизації набуло особливої актуальності останнім часом. Із розвитком генеративного ШІ (зокрема, після випуску ChatGPT у 2022 р.) стало загальноновизнаним фактом, що алгоритми здатні виконувати не лише фізичну чи рутинну роботу, а й творчі та аналітичні завдання — від написання текстів до розроблення програмного коду. Слід відзначити, що в межах даного дослідження не оцінюється якість виконання цих завдань, а розглядається лише їхній вплив на структуру зайнятості та процеси економічної поляризації. Це, з одного боку, посилює занепокоєння, що «штучний інтелект витісняє людину» навіть у сферах, які раніше вважалися виключно людськими (креативні індустрії, освіта та ін.). Так, наприклад, у 2023 р. розпочалися одночасні страйки голлівудських сценаристів та акторів, значною мірою спричинені страхами, що генеративний ШІ загрожує їхнім робочим місцям (Asemoglu, Johnson, 2023a). А з іншого — безперервний розвиток технологій штучного інтелекту, що має власну логіку й фактично не підлягає зупиненню, ставить суспільство перед неминучими змінами: постає не питання чи їх упродовжувати, а як інтегрувати, зберігаючи ключову роль людини. Від цього вибору залежа-

тиме як структура ринку праці, так і майбутня модель суспільства.

Деякі аналітики (McKay, Pollack, FitzPayne, 2019) застерігають, що поточна хвиля автоматизації може загострити існуючі проблеми нерівності: «Автоматизація ризикує поглибити поляризацію заробітків, нерівність доходів і застій доходів, що характеризували останнє десятиліття, розпалюючи соціальне напруження». Іншими словами, без активних заходів розвиток технологій може призвести до ситуації, за якої вигоди від них отримає обмежене коло осіб (власники капіталу, розробники вищого рівня), тоді як багато працівників втратять стабільну зайнятість або зазнають стагнації зарплати.

Для України це питання теж є надзвичайно актуальним, оскільки економіка з розвитком державних електронних сервісів (Дія, ProZorro, eHealth, nz.ua та ін.) переживає цифрову трансформацію, а ІТ-сектор став одним із провідних експортних напрямів. За даними Національного банку України² експорт ІТ-послуг зріс із близько 1,5 млрд дол. США у 2014 р. до рекордних 7,3 млрд у 2022 р.³ Після цього, на тлі війни та глобальної економічної нестабільності, спостерігалось незначне зниження: 6,7 млрд

² Національний банк України (2025). Статистика зовнішнього сектору <https://bank.gov.ua/ua/statistic/sector-external> (дата звернення: 06.07.2025).

³ Ukraine's IT Shift: From Outsourcing to Innovation (2025). *Digital State UA: Ukrainian Tech for Future Societies.* <https://digitalstate.gov.ua/news/it-outsourcing/ukraines-it-shift-from-outsourcing-to-innovation> (дата звернення: 29.06.2025).

дол. у 2023 р. та 6,45 — у 2024 р., проте навіть ці показники залишають ІТ-галузь найбільшим експортером послуг в Україні (рис. 1).

Цей феномен зумовлює «ефект магніту», тобто успіх галузі й високі доходи привертають увагу молоді та стимулюють масове набуття цифрових навичок. Як наслідок, формується потужний кадровий резерв для економіки знань. Згідно із звітом Європейського банку⁴ 40 % дорослих українців мають вищу освіту, а 82,4 % населення⁵ активно користується інтернетом. Однак повномасштабна війна й економічна криза підштовхують працездатне населення до трудової міграції в пошуках кращих можливостей: лише у 2014—2017 рр. Польща видала близько мільйона дозволів на роботу для громадян України⁶. Якщо післявоєнне відновлення економіки спиратиметься на застарілі підходи або неконтрольовану автоматизацію без інвестування в людський капітал, то постане ризик втрати цілої генерації талановитої молоді через міграцію кадрового потенціалу за кордон.

З урахуванням глибоких економічних змін, які наразі переживає Україна (від наслідків пандемії COVID-19 до викликів повномасштабної війни), виникає потреба в переосмисленні ролі штучного інтелекту у виробництві та оновленні підходів до його впровадження. Дослідження дозволяє зрозуміти, як розвиток людського капіталу може стати ключовим чинником успішної інтеграції штучного інтелекту та запобігти ризикам технологічного відставання українського суспільства.

Проблематика впливу автоматизації на ринок праці активно досліджується протягом останніх двох десятиліть як за кордоном, так і в Україні. Однією з перших масштабних робіт стала доповідь групи вчених під керівництвом Д. Отора (Autor, Levy, Murnane, 2003), які зафіксували

⁴ European Bank for Reconstruction and Development (2018). Skills, employment and automation. <https://2018.tr-ebrd.com/labourmarkets/index.htm> (дата звернення: 29.06.2025).

⁵ Ukraine — Individuals Using The Internet (% Of Population). (2025). *Trading economics*. <https://tradingeconomics.com/ukraine/individuals-using-the-internet-percent-of-population-wb-data.html> (дата звернення: 24.06.2025).

⁶ Українці на експорт: для кого готує Україна трудові ресурси (2017). *LB.ua*. https://lb.ua/blog/zhanna_balabaniuk/374156_ukraintsi_eksport_gotuie.html (дата звернення: 29.06.2025).

явище поляризації зайнятості в США та пов'язали його з комп'ютеризацією рутинних завдань. Подальші дослідження (McKay, Pollock, FitzPayne, 2019) підтвердили, що аналогічні тенденції спостерігаються і в Європі, тому що кількість середніх за рівнем навичок робочих місць скорочуються⁷, тоді як зайнятість зростає на полюсах — або за високооплачуваними професіями, або в низькооплачуваному секторі послуг. Питання поляризації праці, комп'ютеризації та нерівності активно досліджують Д. Отор (Autor, Levy, Murnane, 2003), К. Фрей (Frey, Osborne, 2017), А. де Гріп (Economics, 2002). Вони науково обґрунтували поняття поляризації та привернули увагу наукової спільноти до цієї проблематики. Вітчизняні науковці, такі як О. Черьомухіна, Ю. Чалюк, В. Кириленко (2021) також аналізують загальну тенденцію ринку праці. О. Новікова та Н. Азьмук (2023) розглядають ринок праці під впливом цифровізації (станом на 2021 р.), висвітлюючи можливий вплив на подальший розвиток галузі.

Однак ці питання потребують подальшого глибокого дослідження та регулярного оновлення емпіричних даних, оскільки динаміка технологічних змін постійно змінює ситуацію на ринку праці. Саме тому проаналізовано наявні статистичні показники й результати власного опитування, що дозволяють простежити актуальні тенденції та оцінити масштаби економічної поляризації в Україні.

Мета статті — визначення впливу автоматизації на структуру праці та економічну поляризацію, а також перевірка гіпотези про те, що співпраця людини та штучного інтелекту є найбільш ефективною та безпечною моделлю розвитку суспільства в умовах цифрової економіки. Іншими словами, чи здатен підхід доповнення людських можливостей штучним інтелектом пом'якшити негативні наслідки технологічного прогресу (нерівність, безробіття) порівняно з сценарієм повної автоматизації без участі людини.

Для досягнення зазначеної мети поставлено та вирішено такі завдання: проаналізувати теоретичні аспекти економічної поляризації та автоматизації; надати визначення ключовим

⁷ Emory University Academic Innovation (2021). Analysts Estimate Fewer Jobs and More Tech in Tomorrow's Job Market, Atlanta GA. <https://ai.emory.edu/articles/future-work-automation.html> (дата звернення: 24.06.2025).

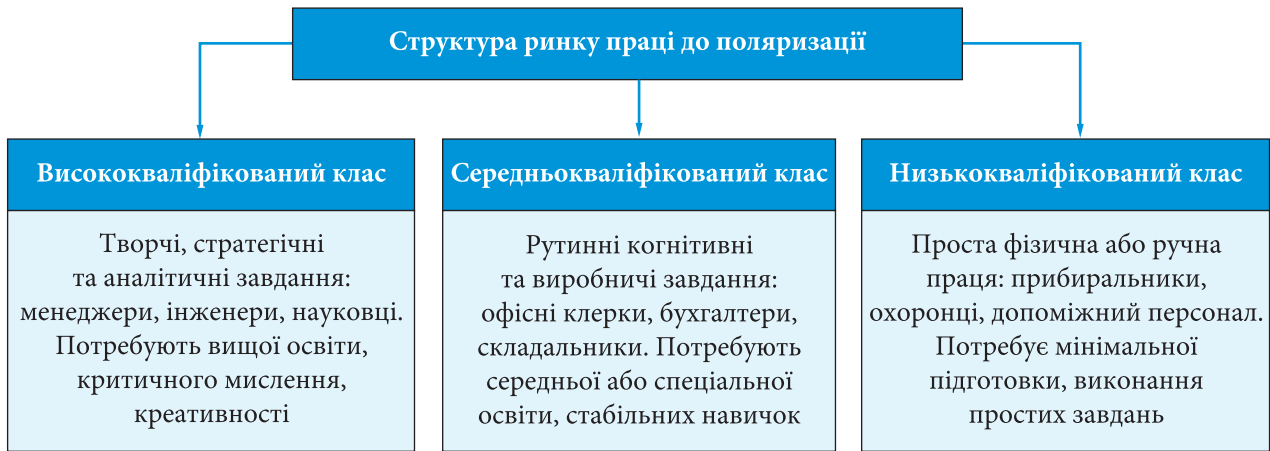


Рис. 2. Структура ринку праці до поляризації
 Джерело: розроблено на основі (Autor, Levy, Murnane, 2003b).

поняттям; розглянути механізми впливу технологій на ринок праці; описати модель «людина + ІІІ»; виконати емпіричне дослідження (онлайн-опитування) з метою оцінювання рівня цифрових навичок, використання ІІІ, сприйняття технологічних можливостей і нерівностей, а також життєвих планів (саморозвиток, еміграційні наміри) молодого покоління; сформулювати висновки і рекомендації, а саме узагальнити, до якого сценарію розвитку ведуть ті чи інші підходи до впровадження ІІІ в економіку та які дії необхідні (на рівні державної політики, бізнес-стратегій, освіти), щоб реалізувати сценарій співпраці людини та ІІІ на користь суспільства.

Теоретична основа. Доцільно розпочати з визначення понятійної основи дослідження, щоб уникнути різночитань і неточностей при подальшому аналізі. Особливо це стосується теми інтеграції штучного інтелекту у виробничі процеси, де поєднуються категорії з різних дисциплін — економіки, соціології, інженерії, менеджменту. Одним із ключових термінів, навколо якого вибудовується дослідження, є економічна, або зайнятісна, поляризація. Поняття *job polarization* увійшло в науковий обіг наприкінці ХХ — на початку ХХІ ст., коли дослідники ринку праці (Autor, Levy, Murnane, 2003a) зафіксували незвичну тенденцію: зникнення середньокваліфікованих робочих місць і водночас зростання попиту на висококваліфіковані професії та низькокваліфіковані послуги (рис. 2). Саме цю «двополюсність» — витіснення «середнього класу» з ринку праці та поси-

лення крайніх сегментів — відображає термін «поляризація». Надалі цей феномен почали активно вивчати в Європі та країнах, що розвиваються, оскільки автоматизація та цифровізація виробництва призвели до аналогічних процесів і в інших економіках світу.

Отже, під економічною поляризацією доцільно розуміти процес розшарування структури робочої сили (або структури зайнятості), за якого зростає частка високо- та низькооплачуваних робочих місць, тоді як середньокваліфіковані та середньооплачувані посади скорочуються. Іншими словами, відбувається поступове «вимивання» середнього класу: економіка дедалі більшою мірою складається з еліти висококваліфікованих професіоналів і менеджерів на верхньому щаблі та великої кількості працівників сфери послуг чи некваліфікованої праці на нижньому, тоді як проміжна ланка, що раніше формувала основу стабільного ринку праці, зникає.

У сучасних наукових дискусіях усе частіше висловлюється думка, що подальший розвиток технологій, зокрема штучного інтелекту та автоматизації, може призвести до структурного розшарування ринку праці. У цьому сценарії зберігається високий попит на фахівців, які виконують складні творчі та аналітичні завдання, а також на низькокваліфіковані послуги, що важко автоматизувати. Водночас професії середнього рівня, пов'язані з рутинними операціями, можуть поступово зникати під тиском технологічних змін, що становить потенційну загрозу економічній поляризації та зростання нерівності (рис. 3).

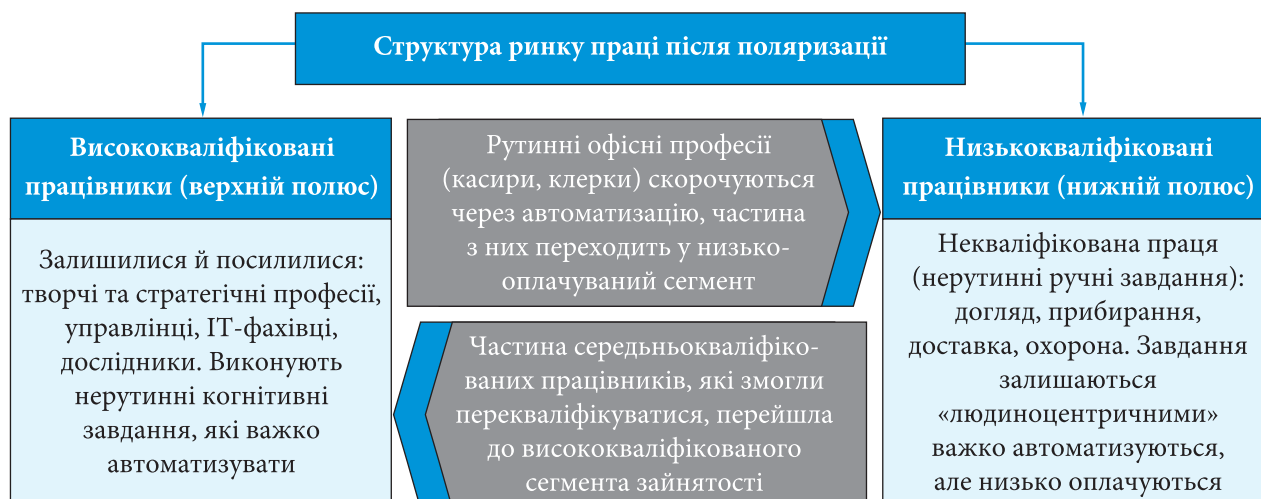


Рис. 3. Структура ринку праці після поляризації
Джерело: розроблено на основі (Autor, Levy, Murnane, 2003b).

Висококваліфіковані працівники виконують нерутинні когнітивні завдання, які потребують критичного мислення, творчості, комунікації, погано піддаються автоматизації. Такі працівники залишаються затребуваними й отримують високі доходи.

Низькокваліфіковані працівники виконують нерутинні ручні завдання (догляд, охорона, прибирання), які також є неавтоматизованими, проте генерують низьку додану вартість і, відповідно, низько оплачуються.

Працівники *середньої кваліфікації*, зайняті на рутинних виробничих або офісних операціях (наприклад, складальники на конвеєрі, оператори введення даних, бухгалтери середньої ланки та ін.), опиняються під ударом — їхні завдання є типово алгоритмізованими, а отже, можуть бути виконані машинами. Ця категорія становить основу традиційного середнього класу (сектор обробної промисловості, адміністратори, службовці), тож їхнє масове вивільнення є сутністю поляризації.

Концепцію подібної сегрегації ринку праці дослідники описали ще в 2007 р., метафорично поділивши роботу на «lovely and lousy jobs», тобто «чудові» висококваліфіковані та «нікчемні» низькокваліфіковані, зі зникненням «посередніх» (Goos, Manning, 2007). У зв'язку з цим необхідно проаналізувати небезпеку економічної нерівності, що виникає внаслідок поляризації ринку праці.

Цей чинник має не лише соціальний, а й економічний вимір, тобто зростання розриву між

високо- та низькокваліфікованими групами в довгостроковій перспективі стримує внутрішній попит, послаблює інноваційний потенціал і створює ризики соціальної напруженості. Для України, яка одночасно проходить цифрову трансформацію та відновлюється після масштабних економічних потрясінь, розуміння цих ризиків є критично важливим для формування збалансованої стратегії інтеграції штучного інтелекту у виробничі процеси.

Головним драйвером такого процесу є автоматизація — використання машин, роботів і програмних алгоритмів для виконання завдань із мінімальним залученням людини. Навіть поза науковими колами поширене занепокоєння, що автоматизація може витіснити професії, особливо ті, що складаються з повторюваних завдань. У публікації на сайті Світового банку⁸ підкреслюється, що технології, а саме роботи й алгоритми, здатні швидко виконувати рутинні операції. Тому робочі місця, які раніше вважалися стабільними, стають уразливими.

Наприклад, у професії перекладача рутинним завданням є буквальный переклад фраз за усталеними правилами, і сучасні онлайн-перекладачі вже роблять це майже не гірше за людину. Натомість нерутинні аспекти цієї ж професії (творчий літературний переклад, культурна адаптація тексту) поки що лишаються під контролем

⁸ World Bank Group (2017). Are you Afraid of Losing Your Job to Automation? <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2017/07/11/robotizacion-mercado-trabajo> (дата звернення: 24.06.2025).

людини. Те саме стосується інших сфер: рутинна фізична праця (на конвеєрі, на складі, в касових операціях) та рутинна когнітивна праця (облік, обробка даних, заповнення форм) виявилися найбільш вразливими до сучасних технологій. Це викликає відчуття невизначеності серед працівників і формує суспільну дискусію про те, як уникнути масового безробіття та знайти нові ролі для людей в умовах автоматизованої економіки.

Якщо розглядати вплив автоматизації крізь наукову призму, то слід зауважити, що більшість професій не зникають повністю, а зазнають трансформації. Технологічний прогрес змінює зміст виконуваних завдань, потребує від працівників нових навичок і підштовхує до інтелектуального розвитку. Цей процес добре простежується в історії: наприклад, поява комп'ютерів не знищила професію бухгалтера, але радикально змінила її — від ручних обчислень до роботи з програмним забезпеченням. Аналогічно, водії перейшли від механічного керування до роботи з навігаційними систе-

мами та автопілотами. Отже, автоматизація не стільки ліквідує професії, скільки створює нові їхні модифікації, підвищуючи вимоги до кваліфікації та стимулюючи розвиток людського капіталу. У табл. 1 наведено видозміни та трансформації професій під впливом автоматизації.

Хоча наведені приклади трансформації професій можуть здаватися очевидними, вони відображають фундаментальну закономірність, що сутність багатьох професій зберігається — змінюється лише спосіб виконання завдань під впливом технологій. Автоматизація не знищує потреби в людському розумі, а радше переводить його фокус із механічних дій на аналітичні, управлінські та творчі аспекти. Це означає, що головним викликом стає забезпечення паралельного розвитку двох складових: технологій і людського капіталу.

В іншому разі можливі два крайніх сценарії: за умови надмірної залежності від технологій люди можуть втратити мотивацію до інтелектуального зростання, перекинувши всі функції на машини; за умови ігнорування технологій

Таблиця 1. Приклади трансформації професій під впливом автоматизації

Початкова професія (до автоматизації)	Вплив автоматизації та технологічні зміни	Сучасна трансформована професія
Машиніст друкарських верстатів	Відбувся перехід на цифровий друк і автоматизовані верстати	Оператор цифрового друку
Секретар-друкар	Використання текстових редакторів і електронної пошти	Офіс-менеджер, адміністратор документообігу
Бухгалтер ручних обчислень	Упровадження бухгалтерського ПЗ та хмарних сервісів	Фінансовий аналітик, бухгалтер-експерт з ERP
Архіваріус паперових документів	Перехід до електронних баз даних та сканування	Фахівець з електронного документообігу
Касир на транспорті	Автоматичні системи оплати та турнікети	Контролер-інспектор, оператор електронних квитків
Телефоніст (оператор комутаторів)	Автоматизовані АТС та VoIP-технології	Фахівець із клієнтської підтримки, контакт-центр
Доставник друкованої преси	Перехід на цифрові медіа та онлайн-новини	Контент-менеджер, SMM-фахівець
Ретушер аналогових фото	Програми Photoshop/Lightroom і автоматична корекція	Дизайнер цифрових медіа
Туроператор класичного типу	Онлайн-букінг та системи самообслуговування	Менеджер онлайн-турів, консультант з travel-tech
Складальник на конвеєрі	Роботизація виробничих ліній і використання роботів	Оператор-налагоджувальник роботизованих систем

Джерело: розроблено на основі Eastwood B. (2024, January 10) These human capabilities complement AI's shortcomings. *MIT Sloan*. <https://mitsloan.mit.edu/ideas-made-to-matter/these-human-capabilities-complement-ais-shortcomings> (дата звернення: 24.06.2025).

суспільство ризикує залишитися в стані відставання, упустивши можливості для інновацій та економічного прориву.

Отже, нині людство фактично стоїть на пороговому виборі: або інтегрувати штучний інтелект як партнера, розвиваючи і машини, і людину, або зазнати ризику технологічної деградації. Саме модель співпраці людини та машини (людина + ШІ) відкриває шлях до збалансованого розвитку, де прогрес у сфері технологій поєднується з безперервним удосконаленням людських компетенцій та творчого потенціалу.

Теоретичною основою даного дослідження є уявлення про модель співпраці людини та штучного інтелекту (людина + ШІ), або модель доповненої інтелектуальності (augmented intelligence). Її суть полягає в тому, що машини не замінюють людину, а стають інструментом для посилення людських можливостей. ШІ-системи беруть на себе ті аспекти роботи, в яких вони перевершують людей (швидка обробка великих масивів даних, виконання чітких алгоритмів, оптимізація рутинних процесів), тоді як людина зосереджується на завданнях, де її сильні сторони є незамінними (творчість, стратегічне мислення, емоційний інтелект, етичні рішення)⁹.

Теоретично очікується, що такий симбіоз дасть синергійний ефект — продуктивність і якість рішень підвищаться більшою мірою, ніж при окремому функціонуванні або людини, або машини. Існуюча концепція «людина в центрі» також передбачає, що технології служать інтересам широкого загалу, а не витісняють його. Тож далі проаналізовано, наскільки ця модель підтверджується результатами наукових досліджень й емпіричними даними, а також які ризики виникають при альтернативному сценарії — повній автоматизації без участі людини.

Методологія дослідження. Для емпіричного аналізу впливу цифровізації на молодь застосовано метод онлайн-опитування. Розроблена анкета, яку розповсюджено в червні 2025 р. через соціальні мережі та месенджери серед української молоді, містить 20 запитань, які охоплюють такі блоки:

- соціально-демографічні дані респондента — вік, тип населеного пункту проживання, рівень освіти, приблизний середньомісячний дохід на одного члена сім'ї;

- доступ до технологій — наявність персонального пристрою (ноутбук, комп'ютер або планшет) та його якість; якість і швидкість домашнього інтернет-зв'язку;

- цифрова активність — скільки годин на день респондент використовує інтернет для навчання чи роботи; чи проходив онлайн-курси протягом останнього року; які інтернет-сервіси використовує найчастіше (Google, YouTube, чат-боти на кшталт ChatGPT, Copilot, та ін.);

- пошук роботи і цифрові навички — чи шукав роботу/підробіток онлайн; самооцінка рівня цифрової грамотності; самооцінка рівня володіння системами штучного інтелекту (з переліком прикладів AI-систем);

- саморозвиток і бар'єри — рівень задоволеності власним розвитком за останній рік; основні чинники, що обмежують розвиток (брак коштів, брак часу, брак бажання/мотивації, брак доступу до техніки);

- міграційні наміри — чи планує респондент еміграцію в найближчі 5 років; чи вважає еміграцію частиною свого розвитку;

- сприйняття нерівності можливостей — чи помічав, що інші люди мають більше можливостей через кращий доступ до технологій; чи відчуває нерівність у доступі до навчальних/професійних можливостей через брак доступу до технологій особисто;

- чинники успіху — на думку респондента, що найбільшою мірою впливає на його майбутній успіх (власне бажання, фінансові можливості, доступ до технологій, наявність наставника/зв'язків, сімейне виховання та ін.).

У результаті одержано 92 відповіді, які очищено від дублікатів і аномалій та зведено в електронну таблицю для аналізу. Хоча вибірка є відносно невеликою, вона дає певний зріз серед активної молоді, залученої до інтернету та сучасних технологій. Середній вік респондентів — 27,3 року, медіанний — 26,5; наймолодшому — 14 років, найстаршому — 51 (останній випадок є винятком, більшість віком 20—30 років).

За місцем проживання: приблизно 46 % мешкають у великих містах (обласні центри), 39 % — у невеликих містечках, 15 % — у селах. Рівень освіти є переважно високим: 38,5 %

⁹ Eastwood B. (2024, January 10) These human capabilities complement AI's shortcomings. *MIT Sloan*. <https://mitsloan.mit.edu/ideas-made-to-matter/these-human-capabilities-complement-ais-shortcomings> (дата звернення: 24.06.2025).

мають вищу освіту (бакалавр або магістр); 11,5 % — науковий ступінь; 19 % — закінчили коледж або технікум; 31 % мають лише середню шкільну освіту (у тому числі ще є школярами/студентами). За самооцінками доходу на одну особу в сім'ї половина опитаних (50 %) вказали на достаток понад 10 тис. грн на місяць, 38,5 % — між 5 і 10 тис. грн і лише 11,5 % — менше 5 тис. грн (що приблизно дорівнює або нижче прожиткового мінімуму).

Отже, вибірка характеризується досить високим освітнім рівнем респондентів і відносно кращим матеріальним становищем, ніж середне по країні, що є типовим для молоді, яка активно користується інтернетом. Це переважно молоді люди віком 20—30 років, здебільшого з вищою або середньою спеціальною освітою, які мешкають переважно у великих і малих містах і мають вище середнього рівень цифрової залученості й доходів.

Підхід до аналізу даних полягає в обчисленні розподілів відповідей (у відсотках) та виявленні ключових пропорцій, що інтерпретуються як тенденції. З урахуванням невеликого обсягу вибірки результати подано переважно у відсотковому форматі (інтерполюючи до умовних «100 респондентів» для наочності та зручності в розрахунках).

Методологія дослідження загалом має змішаний характер, а саме поєднує кількісні дані опитування з якісним аналізом сучасних тенденцій, що дозволяє розглядати проблему як макро-, так і мікрорівня — очима конкретної групи молодих людей, які перебувають в епіцентрі цифрових змін. Такий підхід відповідає поставленій меті — виявити не лише абстрактні тенденції, але і їхнє відображення в реальній ситуації, очікуваннях та поведінці респондентів.

Основні результати опитування. За результатами опитування можна скласти узагальнений портрет сучасної української молоді людини в контексті цифрових навичок і ставлення до технологій. Ключові статистичні показники (у відсотках від кількості респондентів) є такими:

- *Доступ до пристроїв й інтернету.* Переважна більшість опитаних мають у розпорядженні персональний комп'ютер чи близький еквівалент: 80,8 % відповіли, що мають власний ноутбук/комп'ютер; 15,4 % мають пристрій, але



Рис. 4. Відповіді респондентів на запитання щодо доступу до пристроїв та інтернету

Джерело: розроблено автором на основі результатів власного опитування.

«дуже старий і такий, що погано функціонує» і лише 3,8 % не мають жодного пристрою (тобто змушені обходитися не своїм смартфоном або позичати техніку).

Проблеми матеріального доступу до цифрових пристроїв у більшості респондентів мінімізовані. Щодо інтернет-з'єднання, то ситуація також є оптимістичною: 88,5 % оцінили свій домашній інтернет як високошвидкісний і тільки 11,5 % вказали на повільну швидкість. Тобто серед молоді, яка користується онлайн-освітою та роботою, доступність якісного інтернету вже близька до повної. Слід відзначити, що цей показник навіть дещо випереджає середньоукраїнський рівень: за даними Інформбюро¹⁰, у 2023 р. доступ до широкоплатформового інтернету мали близько 78 % домогосподарств, тож дана вибірка є більш актуальною за рахунок участі представників міських і більш забезпечених верств населення.

- *Інтенсивність використання інтернету.* Респонденти проводять онлайн значну частину дня, якщо йдеться про навчання чи робочі справи. Так, 42 % молодих людей повідомили, що витрачають «5 годин і більше» щодня на інтернет у контексті навчання/роботи; ще 27 % — від 2 до 5 годин щоденно. Лише 30 % обмежуються двома годинами або менше на день.

- *Онлайн-освіта і саморозвиток.* Незважаючи на високий рівень користування інтерне-

¹⁰ Доступ до фіксованого інтернету: дані за 2021—2023 роки (2023). *Скільки-скільки*. <https://skilky-skilky.info/u-2023-rotsi-fiksovanyy-internet-maiut-62-domohospodarstva-zi-sta> (дата звернення: 29.06.2025).

том, дещо більше третини опитаних активно здобували знання через формальні онлайн-курси: 38,5 % зазначили, що проходили такі курси, а решта 61,5 % — ні. Попри значний час, який молодь проводить в інтернеті, частка тих, хто використовує його для формального навчання, залишається відносно невисокою. Це може свідчити про переважання розважального або комунікаційного характеру онлайн-активності над освітнім. Щодо загальної задоволеності особистим розвитком, то розподіл відповідей має таку особливість: лише 30,8 % молодих людей дуже задоволені власним прогресом, більшість же вважає його недостатнім. Зокрема, 61,5 % обрали варіант «є бажання досягти кращого», тобто відчують, що могли б досягти більшого. Ще 7,7 % взагалі дуже не задоволені своїм розвитком. Це сигнал, що молодь відчуває потребу в більш ефективному навчанні та саморозвитку.

• *Популярні цифрові сервіси.* Серед найбільш уживаних онлайн-сервісів передбачувано лідирують пошукові системи та соцмережі. Практично всі респонденти згадали Google та YouTube серед своїх топ-сервісів. Цікаво, що значна частка молоді вже активно користується сервісами на основі ШІ: зокрема, 46 % опитаних прямо зазначили, що серед їхніх частих онлайн-інструментів є чат-боти (ChatGPT), програмні AI-помічники (Copilot), нові AI-платформи (як-от Google Gemini) тощо. Тобто майже половина респондентів уже інтегрували ШІ у своє повсякденне життя — для пошуку інформації, навчання, кодування чи вирішення інших завдань. Це надзвичайно високий показник, якщо врахувати, що масовий доступ до подібних технологій з'явився лише нещодавно. Він підтверджує припущення про те, що молодь виступає «новатором» у впровадженні нових AI-технологій. Решта (приблизно 54 %) поки що обмежується традиційними сервісами (без явного використання штучного інтелекту), хоча цілком імовірно, що деякі опосередковано користуються ШІ (наприклад, вбудованими функціями смартфонів або соцмереж), просто не усвідомлюючи цього.

• *Пошук роботи та цифрові навички.* Більше половини респондентів (54 %) мають досвід пошуку роботи або підробітку через інтернет. Це узгоджується із загальноосвітньою тенденцією переходу рекрутингу в онлайн і відображає підприємницький дух частини молоді (фріланс, віддалена робота тощо). Самооцінка рівня

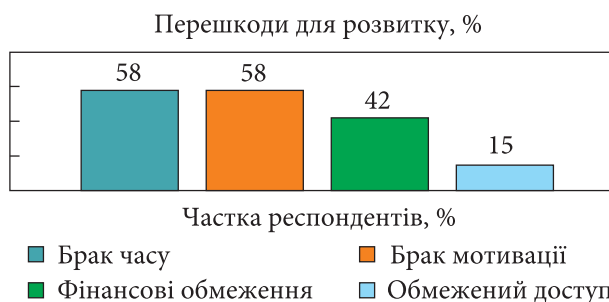


Рис. 5. Чинники, які респонденти вважають найбільш важливими перешкодами для саморозвитку

Джерело: розроблено автором на основі результатів власного опитування.

цифровій грамотності має такі результати: 38 % вважають свій рівень високим, 54 % — середнім і лише 8 % — низьким. Отже, переважна більшість молодих українців упевнені в своїх базових цифрових навичках (офісні програми, інтернет-сервіси, комунікації). Однак щодо володіння системами штучного інтелекту, то самооцінки дещо знизилися: лише 15 % назвали свій рівень обізнаності з AI-системами високим, 61,5 % — середнім, а 23 % — низьким. Слід зауважити, що хоча 46 % реально вже користуються AI-сервісами, далеко не всі з них відчувають себе «експертами» — для багатьох це новий інструмент, у якому вони поки орієнтуються на середньому рівні. Цей результат підкреслює потребу в розвитку цифрових навичок нового покоління, а саме щодо взаємодії з ШІ, роботи з даними, які наразі тільки формуються як масове явище.

• *Обмежувальні чинники розвитку.* Одним із важливих блоків опитування є вибір чинників, що найбільшою мірою заважають особистому розвитку. Відповіді (респонденти могли обрати кілька варіантів) розподілилися таким чином: найбільш часто згадуваним бар'єром став брак часу — 58 % опитаних; такий самий відсоток (58 %) зазначили про відсутність мотивації або бажання; на третьому місці — нестача коштів, фінансові труднощі (42 %). Найменш поширеним, але теж важливим чинником виявилася відсутність необхідної техніки або доступу до технологій (15 %) (рис. 5).

Проблеми пов'язані більшою мірою з особистими ресурсами (час, мотивація) та фінансами, ніж з технологічною забезпеченістю. Лише кожен сьомий респондент відчуває, що йому бракує техніки чи інтернету для розвитку — більшість цей мінімальний рівень мають, а от раці-

ональний розподіл часу та пошук джерел мотивації є серйозними викликами. Така «цифрова нерівність 2.0» може полягати не стільки в доступі до технологій, скільки в умінні ефективно їх використовувати.

• *Відчуття технологічної нерівності.* Одним із блоків є запитання про суб'єктивне сприйняття: чи помічають респонденти, що деякі люди досягають більшого успіху завдяки кращому доступу до технологій і чи відчувають самі, що програють у можливостях через обмежений доступ до технологій. Виявилось, що 65 % опитаних погоджуються з такою закономірністю: люди з кращою технічною оснащенням та навичками мають більше можливостей (кращі вакансії, доступ до знань тощо). Решта 35 % вважають, що «найголовніше — бажання», тобто мотивація та здібності переважають наявність технологій. Щодо особистого досвіду, то думки розділилися майже порівну: 46 % відчувають певну нерівність можливостей для себе через брак технологій (наприклад, повільний інтернет, відсутність специфічного софту чи девайсів зумовлювали не вигідне становище у навчанні/роботі), тоді як 54 % вважають, що все залежить передусім від особистого бажання і наполегливості. Така різниця між оцінкою ситуації «загалом по суспільству» і «для себе» може означати, що молодь визнає наявність цифрового розриву як явища, але багато з них особисто вже подолали базовий рівень доступу (мають пристрої, інтернет) і тому не вважають себе обмеженими. Фактично ті 15 %, хто скаржився на брак техніки, очевидно і відчувають нерівність. Натомість решта може визнавати, що десь у селах чи в малозабезпечених родинах їхні ровесники мають проблеми, але відносять себе до «бажаючих, а отже, досягаючих».

• *Чинники успіху молоді.* Відповіді на ключове відкрите питання про те, що, на думку респондентів, найбільшою мірою впливає на успіх у житті молодої людини, були доволі показовими. Абсолютна більшість респондентів (92 %) зазначили, що особисте бажання та мотивація є ключовими чинниками успіху. Це свідчить про віру в індивідуальні зусилля та проактивність. Більше половини опитаних (62 %) вважають критично важливим доступ до технологій — вони вказали його серед чинників успіху (разом із бажанням). Близько 35 % наголосили на фінансових можливостях (гро-

ші, матеріальна підтримка) як вирішальному чиннику. Лише поодинокі респонденти згадали такі чинники, як наявність хорошого наставника/керівника (4 %) чи правильне виховання (4 %). Однак загалом тренд полягає в такому: українська молодь схильна пояснювати успіх поєднанням власної мотивації та належних інструментів (технологій, фінансів). Отже, незважаючи на визнання ролі технологій, молоді люди не схильні детерміністично вважати їх єдиною запорукою успіху — людський чинник «жагуче бажання досягти» посідає перше місце.

Таким чином, українська молодь демонструє загальну готовність до викликів цифрової економіки, а саме: має базові засоби доступу, досить впевнено володіє цифровими навичками і навіть починає освоювати III. Разом із тим існують проблеми *soft skills* та мотиваційного плану (тайм-менеджмент, самомотивація), які стримують повну реалізацію потенціалу.

Аналітична частина. Результати опитування узгоджуються з низкою глобальних тенденцій, відображаючи специфіку українських реалій. Доцільно розглянути їх детальніше порівняно з даними інших досліджень, а також проаналізувати наявну доказову базу щодо ефективності моделі «людина + III» та ризики, які обумовлює використання протилежного підходу повної автоматизації.

Цифровий доступ і навички. Згідно з одержаними даними серед активної молоді базова забезпеченість технологіями (пристроями, інтернетом) є дуже високою — понад 85 % фактично не мають перешкод у цьому плані. Це дещо контрастує з усередненими показниками по населенню, але саме ті, хто має інтернет і комп'ютер, мали можливість взяти участь в онлайн-опитуванні. Світові джерела свідчать про поступове скорочення цифрового розриву між країнами, але в межах кожної країни нерівність за доступом ще існує. Згідно з OECD¹¹ станом на 2022 р. близько 95 % молоді (16—24 роки) у розвинутих країнах мають доступ до інтернету, тоді як серед людей старше 55 років — лише близько 75 %. Україна, попри війну, також рухається в напрямі повного забезпечення підключенням, особливо в містах.

¹¹ OECD (2024). Society at a Glance 2024: OECD Social Indicators. https://www.oecd.org/en/publications/society-at-a-glance-2024_918d8db3-en/full-report/online-activities_5f41a505.html (дата звернення: 29.06.2025).

Використання ШІ молодим поколінням. Майже половина респондентів зазначили про користування ChatGPT чи подібними системами. Це дуже високий показник, якщо врахувати, що глобально станом на 2023 р. частка людей, які активно використовують генеративні AI-сервіси, оцінювалася згідно з різними опитуваннями у 10—15 % (цей показник стрімко підвищується). Такий інтерес української молоді до ШІ можна пояснити кількома причинами: по-перше, високим освітнім рівнем і технічною грамотністю; по-друге, двомовністю (володіння англійською мовою значно полегшує використання чат-ботів); по-третє, прагненням набути конкурентних переваг на глобальному ринку (IT-сектор, фріланс). Молоде покоління швидко стає «digital native» не лише в інтернеті, але і в контексті використання систем ШІ. У рамках моделі «людина + ШІ» майбутні працівники вже на етапі навчання взаємодіють із штучним інтелектом як із помічником (наприклад, студент використовує Copilot для допомоги в написанні коду або ChatGPT для генерації ідей). У перспективі такі навички дозволять повною мірою реалізувати потенціал співпраці на робочих місцях.

Історичний аналіз, виконаний авторами (Asemoglu, Johnson, 2023b), свідчить, що стратегія «повної автоматизації» з 1980-х років призвела до падіння частки трудових доходів у ВВП і зростання нерівності в США. Якщо розвиток ШІ й надалі орієнтуватиметься лише на заміщення людей, то очікується посилення цього розриву. Натомість підхід, на основі якого технології доповнюють працю людини, як це було за часів «золотої доби» після Другої світової війни, сприяє створенню нових робочих місць, підвищенню рівня заробітної плати та зміцненню середнього класу. Науковці підкреслюють, що нинішня тенденція є ближчою до моделі «просто автоматизуй», проте цей курс можна змінити узгодженими діями держави, бізнесу та суспільства.

Отже, існує реальний ризик того, що повна автоматизація виробничих процесів без урахування соціальних наслідків призведе до посилення економічної поляризації та зростання нерівності¹². Проведене опитування це всебічно підтверджує: молоді люди, хоча й опти-

¹² Emory University Academic Innovation (2021). Analysts Estimate Fewer Jobs and More Tech in Tomorrow's Job Market. Atlanta GA. <https://ai.emory.edu/articles/future-work-automation.html> (дата звернення: 24.06.2025).

містичні щодо своїх сил, все ж відчувають, що технологічна нерівність існує і може впливати на успіх. Навіть якщо реалізується сценарій, згідно з яким ШІ замінює значну частину середньокваліфікованих позицій (такі прогнози вже є: наприклад, за оцінками агентства McKinsey (Manyika et al., 2017), до 2030 р. близько 15 % глобальної робочої активності може бути автоматизовано, а від 75 до 37 млн працівників потраплять під перекваліфікації), та створюватимуться нові робочі місця, немає гарантії, що всі вивільнені працівники зможуть успішно адаптуватися до нових вимог ринку та інтегруватися в інші сектори зайнятості. Повна заміна штучним інтелектом загрожує посиленням цієї тенденції, якщо його використовувати лише заради економії на людях.

Теоретично очікується, що тандем людини та штучного інтелекту перевершить як суто людські, так і суто машинні системи. Практичні експерименти це підтверджують, хоча й не без застережень. Наприклад, у галузі медицини і фінансів застосування ШІ у парі з лікарем або аналітиком дає менше помилок, ніж кожен окремо. Своєю чергою, системи ШІ швидко обробляють дані та не пропускають «сигналів», а людина привносить контекст і критичну оцінку.

Дослідження Массачусетського технологічного інституту (MIT) у сфері розпізнавання образів свідчить, що «людина + ШІ» досягають 90 % точності, тоді як окремо людина — 81 %, ШІ — 73 %¹³. Однак слід зауважити, що це за умови правильної організації взаємодії. В інших дослідженнях MIT Sloan зазначено, що інколи невдалі спроби інтеграції можуть давати гірший результат, ніж найкращий з окремих агентів^{14,15} (Ryder, 2021). Щоб реалізувати переваги моделі «людина + ШІ», потрібні правильні дизайни систем (розподіл ролей, нав-

¹³ Cullum, J. (2025, May 6). The Foundations of Human-AI Collaboration: Why It Matters Now. *Medium*. https://medium.com/@jamiacullum_22796/the-foundations-of-human-ai-collaboration-why-it-matters-now-c94e0c09e07b (дата звернення: 24.06.2025).

¹⁴ Ryder A. (2021). The Key to Success With AI Is Human-Machine Collaboration. *MIT Sloan*. <https://sloanreview.mit.edu/article/the-key-to-success-with-ai-is-human-machine-collaboration/> (дата звернення: 29.06.2025).

¹⁵ Humans and AI: Do they work better together or alone? (2024). *MIT Sloan*. <https://mitsloan.mit.edu/press/humans-and-ai-do-they-work-better-together-or-alone> (дата звернення: 29.06.2025).

чання як машин, так і людей працювати разом). Ті 10 % компаній, які одержали проривні вигоди від ШІ, досягли цього саме через продуману колаборацію, а не через хаотичне впровадження. Якщо екстраполювати на економіку загалом, то модель співпраці функціонує за наявності інвестицій у людський капітал — навчання працівників нових навичок, зміни освітніх програм, створення нових робочих місць, де поєднуються технологічна і гуманітарна складові.

Роль освіти як катализатора розвитку ШІ та адаптації ринку праці. Як свідчать результати опитування, незважаючи на наявність у молоді доступу до освіти, простежується формальне ставлення до процесу навчання: значна частина респондентів не усвідомлює його довгострокової цінності та важливості в умовах стрімких технологічних змін, а саме 61,5 % опитаних відчувають, що розвиваються недостатньо. Це можна трактувати як критику наявних можливостей для навчання. У рамках моделі «людина + ШІ» головним завданням є навчити людей ефективно користуватися штучним інтелектом, а системи штучного інтелекту — розуміти людей.

Підприємства, що впроваджують спільні робочі місця людини та машин, вказують на необхідність масштабної перепідготовки. Так, у матеріалах Всесвітнього економічного форуму зазначено, що до 2025 р. половині всіх працівників доведеться пройти перекваліфікацію або суттєве підвищення навичок, щоб відповідати новим вимогам ринку¹⁶. Особливо швидко зростає попит на технологічні навички (AI-інструменти, аналіз даних) і так звані *soft skills* — креативність, адаптивність, вміння навчатися протягом життя. Згідно з результатами опитування українська молодь загалом усвідомлює потребу в саморозвитку та визнає його важливість, а основною перешкодою називає власну недостатню мотивацію та самоорганізацію, а не брак зовнішніх можливостей чи підтримки.

Такий висновок є сигналом для державної політики: якщо не допомогти новому поколінню набути навичок XXI ст., то ШІ може стати

¹⁶ Leopold, T. (2025, January 8). Future of Jobs Report 2025: The Jobs of the Future — and the Skills You Need to Get Them. *World Economic Forum*. <https://www.weforum.org/stories/2025/01/future-of-jobs-report-2025-jobs-of-the-future-and-the-skills-you-need-to-get-them/>

не помічником, а загрозою. Водночас якщо такі умови створити, наприклад шляхом підтримки онлайн-курсів, модернізації шкільної та програми вищих навчальних закладів з акцентом на STEM (інтегровану освітню та професійну сферу: науки, технологій, інженерії та математики) і критичне мислення, то людський потенціал України та застосування сучасних технологій можуть дати проривний ефект у довгостроковій перспективі.

Ризики та застереження. На додаток до суто економічних ризиків (безробіття, нерівність) доцільно розглянути інтелектуально-соціальні наслідки сценарію «людина більше не потрібна».

По-перше, це загроза деградації навичок: якщо людина перестає виконувати інтелектуальну роботу (вирішувати завдання, приймати рішення) і стає пасивним споживачем, то з часом її здатності можуть атрофуватися. Це можна порівняти з надмірною залежністю від навігатора, яка призводить до втрати навичок орієнтування на місцевості, — тільки у значно більшому масштабі. Суспільство, де лише машини генерують нові ідеї, втрачає креативність й інноваційність, оскільки більшість проривних відкриттів здійснювалися на межі інтуїції, натхнення, міждисциплінарного мислення — сфер, де людина традиційно сильніша за машину.

По-друге, соціальна ізоляція та втрата сенсів. Праця є не тільки джерелом доходу, а й сенсоутворюючим чинником, основою самоповаги та соціальних зв'язків. Якщо багато людей виявляться «непотрібними» в економічному механізмі, то це може спричинити кризу ідентичності, посилення депресії, девіантної поведінки. Певною мірою це вже відбувається в регіонах, де згорання промисловості залишило тисячі людей без роботи. Наприклад, міста «іржавого поясу» США чи деякі мономіста у Східній Європі (Mueller B., Linz G., & Finka M., 2005). Повна автоматизація може масштабувати цей ефект, якщо не буде загальної зайнятості в нових сферах (наприклад, у творчих або доглядових професіях, які машині не під силу).

По-третє, існує ризик технологічних збоїв і втрати контролю: система, в якій відсутня людина-наглядач, є більш вразливою до непередбачуваних сценаріїв. Людина, навіть менш точна, часто здатна вчасно розпізнати нестандартну ситуацію та прийняти позаштатне рішення. Натомість автономні ШІ-системи можуть продов-

жувати функціонувати навіть у разі помилки, що може спричинити суттєві наслідки — від збоїв у фінансових алгоритмах (наприклад, біржових системах високочастотної торгівлі) до втрати контролю за автономним озброєнням. Тому навіть з точки зору безпеки участь людини в контролі залишається критично важливою.

Реальні приклади реалізації моделі «людина + ШІ»:

- виробничі підприємства, які впровадили коботів (collaborative robots) — роботів, що працюють поряд із людьми, відзначають зростання продуктивності діяльності без скорочення персоналу. Наприклад, на заводі Mercedes-Benz¹⁷ використання роботів-асистентів на конвеєрі дозволило кастомізувати продукти та пришвидшити складання, але при цьому роль людини змістилася до більш творчих завдань (налаштування процесів, контроль якості), і завод не скоротив працівників, а навпаки, виникла потреба у фахівцях з інженерним мисленням;

- у сфері охорони здоров'я система Watson for Oncology¹⁸ спільно з лікарями демонструвала високі результати при лікуванні онкопациєнтів. ШІ пропонував варіанти на основі мільйонів історій захворювань, а лікар приймав фінальне рішення, враховуючи індивідуальні особливості пацієнта;

- IT-індустрія вже сьогодні працює як «людина + ШІ»: розробники користуються інтелектуальними підказчиками (Copilot, Code-Whisperer) для рутинного кодингу та завдяки цьому можуть більше часу приділити архітектурі системи і творчим аспектам. Попит на програмістів не зменшився, а навпаки, зростає, хоча багато функцій автоматизовано.

У контексті економічних результатів моделі співпраці демонструють вищий рівень інновацій. Компанії, які позиціонують себе як

«AI-фасилітатори для працівників», повідомляють про швидше виведення продуктів на ринок, більш гнучкі бізнес-моделі. Наприклад, згідно з дослідженням¹⁹ стартапи, які впроваджують ШІ для розширення можливостей своїх команд, залучають більше інвестицій, ніж ті, що намагаються повністю автоматизувати сервіс, тому що перші можуть масштабувати якість без втрати людської взаємодії.

Виявлені ризики підтверджуються не лише теоретичними оцінками, а й статистичними даними та емпіричними спостереженнями. Порівняння досвіду різних економік, доповнене результатами проведеного опитування, свідчить, що модель співпраці «людина + ШІ» забезпечує найбільш збалансований соціально-економічний ефект. Водночас сценарії, що орієнтуються на повне витіснення людини, несуть значні загрози щодо посилення нерівності та руйнування трудового балансу.

Таким чином, емпіричні дані підтверджують доцільність використання моделі «людина + ШІ» як більш збалансованої та перспективної. Автоматизація без участі людини дійсно спричиняє ризик поглиблення поляризації в суспільстві — як за доходами, так і за доступом до самореалізації. Встановлено, що українська молодь загалом готова до співпраці з технологіями та прагне використати їх для саморозвитку. Водночас залишаються соціальні виклики (мотивація, освіта, робочі місця), які треба подолати, щоб взаємодія людини та ШІ виявилася результативною.

Рекомендації та сценарії розвитку. Сформовано два полярних сценарії на майбутнє (та проміжні), які залежать від реакції суспільства та держави на виклики автоматизації:

1. *Сценарій співпраці (людина + ШІ).* Цей підхід передбачає активну участь людини у цифровій економіці за умов цілеспрямованої політики перекваліфікації, заохочення бізнесу впроваджувати ШІ не як засіб скорочення персоналу, а як інструмент підтримки працівників. У межах такого сценарію важливу роль відіграють публічно-приватні освітні ініціативи, навчання цифрових навичок, інтеграція етики

¹⁷ Bloomberg (2016). Why Mercedes Is Halting Robots' Reign on the Production Line. *IndustryWeek*. <https://www.industryweek.com/technology-and-iiot/automation/article/21971128/why-mercedes-is-halting-robots-reign-on-the-production-line> (дата звернення: 29.06.2025).

¹⁸ SABCS (2016, December 9). SABCS 2016: IBM Watson For Oncology shows high degree of concordance with physician recommendations. Latest Resources. *Ecaner*. <https://ecancer.org/en/news/10661-sabcs-2016--ibm-watson-for-oncology-shows-high-degree-of-concordance-with-physician-recommendations> (дата звернення: 29.06.2025).

¹⁹ AI Won't Replace Humans – But Humans With AI Will Replace Humans Without AI (2023). *Harvard Business Review*. <https://hbr.org/2023/08/ai-wont-replace-humans-but-humans-with-ai-will-replace-humans-without-ai> (дата звернення: 30.06.2025).

III та підготовка до командної взаємодії з машинами в системі освіти. Продуктивність у цьому випадку зростає більш рівномірно, оскільки більшість людей залишаються економічно активними, виконуючи творчі та більш інтелектуальні завдання, у той час як рутинні функції делегуються алгоритмам. Сценарій близький до концепції Індустрії 5.0, яка, на відміну від Індустрії 4.0, орієнтованої переважно на автоматизацію та заміну людини в процесах, передбачає використання людиноцентричного підходу, взаємодію людини з технологією, етичність і сталий розвиток. У разі реалізації такого підходу в Україні може сформуватись інноваційна економіка, де IT-фахівець, фермер і лікар однаково застосовують III як інтелектуального помічника у своїй галузі. Основними викликами є потреба в значних інвестиціях у людський капітал і час на системні зміни в освіті й управлінні. Втім саме цей шлях вважається найбільш сталим у довгостроковій перспективі.

2. *Сценарій відчуження (Full Automation)*. З точки зору бізнесу це шлях найменшого опору, оскільки передбачає масове впровадження роботів, скорочення персоналу, відсутність програм підтримки для вивільнених працівників. У короткостроковому вимірі може дати збільшення прибутку та підвищення конкурентоспроможності окремих фірм чи секторів, але в довгостроковій перспективі загрожує суспільними потрясіннями. Для України цей сценарій міг би реалізуватися, наприклад, якщо після війни будуть масово купуватися імпортовані автоматизовані лінії, а місцевих робітників не залучатимуть; або якщо III-системи керуватимуть фінансовими чи адміністративними процесами без людського контролю. Наслідком може стати високий рівень безробіття (особливо серед середньокваліфікованих кадрів, які є неконкурентними в hi-tech і витіснені з традиційних сфер), подальша еміграція талановитих фахівців, концентрація економічної влади в руках кількох технокорпорацій.

3. *Порівняння сценаріїв: співпраця чи відсторонення людини*. Доцільно розглянути ширший контекст наукових досліджень, спрямованих на оцінювання наслідків різних підходів до автоматизації. У роботі (Acemoglu, Johnson, 2023b) запропоновано чітку рамку двох альтернативних шляхів розвитку штучного інтелекту:

«просто автоматизуй» — III розглядається як засіб заміни якомога більшої кількості людських завдань і скорочення витрат на робочу силу; «доповни людину» — III спрямовується на створення нових завдань для людей, посилення їхньої продуктивності, а не на її мінімізацію.

Реальна ситуація може перебувати поміж цих двох протилежних підходів. Завдання науковців, політиків і бізнес-лідерів полягає в сприянні зрушенню балансу до сценарію співпраці. Для цього необхідно:

- інвестувати в людський капітал, а саме реалізація програм навчання цифрових і STEM-навичок, перекваліфікація працівників, розвиток компетенцій, які доповнюють III (креативність, комунікації, підприємництво). Це рекомендація № 1 від OECD та WEF для всіх урядів в епоху III;

- створювати стимули для бізнесу до наймання та перенавчання персоналу, а не лише до купівлі послуг. Наприклад, податкові пільги на підвищення кваліфікації персоналу, чи навпаки — податки на роботів (як пропонував Б. Гейтс) для вирівнювання балансу «людина vs машина» в затратах;

- упроваджувати етичні стандарти III, а саме вимоги, щоб у критичних сферах (медицина, юстиція, транспорт) III-системи перебували під наглядом людини. Це не лише запобігатиме помилкам, а й забезпечуватиме зайнятість висококваліфікованих кадрів, які відіграють роль остаточного експерта;

- розвивати ті сектори, де людська праця є принципово важливою, — креативні індустрії, догляд за людьми (медицина, освіта, соціальна робота), «зелені» проекти. У цих сферах III може тільки допомагати, але людська емпатія, творчість, фізична присутність лишатимуться затребуваними. Держава могла б спрямувати зусилля на підтримку саме таких сфер (гранти, промоція), щоб збалансувати вплив автоматизації в інших галузях.

Майбутнє людства значною мірою залежить від обраної траєкторії взаємодії з технологіями²⁰. Модель «людина + III» являє собою компроміс, що дозволяє і скористатися вигодами штучного інтелекту, і зберегти центральну роль людини

²⁰ Доступ до фіксованого інтернету: дані за 2021-2023 роки (2023). *Скільки-скільки*. <https://skilky-skilky.info/u-2023-rotsi-fiksovanuy-internet-maiut-62-domohospodarstva-zi-sta> (дата звернення: 29.06.2025).

як творця, вирішувача та бенефіціара прогресу. Для України, яка перебуває одночасно перед викликами відбудови та можливістю стрибка в нову економіку, вибір на користь співпраці людини та ШІ може стати запорукою успішного розвитку в ХХІ ст. — без надмірної поляризації, а з максимальним залученням таланту кожного громадянина. Інклюзивна, людиноцентрична траєкторія розвитку технологій є найбільш безпечною для соціальної системи та має потенціал, щоб забезпечити довгострокове суспільне процвітання.

Висновки

Підтверджено гіпотезу про переваги моделі співпраці людини та штучного інтелекту. Теоретичний аналіз і наявні світові дані свідчать, що підхід, згідно з яким людина залишається в центрі виробничих процесів із застосуванням потужних інструментів ШІ, є найбільш перспективним для збереження соціально-економічної рівноваги. І навпаки, сценарій повної автоматизації з відстороненням людини призводить до продовження тренду поляризації, а саме до зростання нерівності, зникнення середнього класу, потенційного технологічного безробіття та інших негативних явищ.

Під впливом технологій скорочується зайнятість на середньокваліфікованих посадах, тоді як збільшуються сегменти високо- та низькокваліфікованої роботи. Результати опитування підтверджують усвідомлення молоддю цієї тенденції: більшість помічає, що технології надають переваги тим, хто вміє ними користуватися, і усвідомлює необхідність постійного розвитку навичок, щоб не опинитися «в програші».

Якщо ШІ використовувати лише для заміщення праці та максимізації прибутку, то вигоди одержить лише вузьке коло (власники технологій), а більшість працівників втратять доходи або будуть вимушені перейти на менш оплачувані посади. Це вже спостерігається останнім часом при автоматизації виробництва, а генеративний ШІ може зачепити ще ширший спектр професій (у тому числі творчих та офісних). Окрім економічних наслідків, такий шлях є небезпечним з точки зору людського розвитку — пасивізація людини та втрата нею виконуваної ролі можуть спричинити деградацію навичок, кризу сенсу життя і нестабільність.

Комбінація людської творчості, критичного мислення, емпатії з алгоритмічною потужніс-

тю ШІ (швидкі обчислення, пам'ять, оптимізація) дає найкращі результати при вирішенні різних завдань — від бізнесових до наукових. Людина залишається джерелом ідей і кінцевих рішень, а ШІ — ефективним генератором варіантів й аналізатором даних. Важливо, що максимальний ефект досягається за умов навчання як персоналу, так і алгоритмів спільно працювати: люди повинні розуміти можливості та обмеження ШІ, а ШІ має проєктуватися з урахуванням реальних потреб і особливостей людини.

Респонденти опитування, які представляють молоде покоління, переважно виявляють готовність до такого співробітництва: вони не бояться ШІ, застосовують його на практиці та водночас цінують власну роль. Це становить психологічно сприятливе підґрунтя для реалізації моделі «людина + ШІ» в Україні.

Отже, для забезпечення економічного розвитку України система освіти та ринок праці мають трансформуватися в напрямі підготовки фахівців, здатних створювати й обслуговувати технології (інженери, аналітики, фахівці з аналізу даних) та розвивати сфери, де вирішальними залишаються людські якості (освіта, медицина, творчі професії). Доведено, що економіка України може використати потенціал штучного інтелекту для прискореного зростання лише за умови інвестування в людський капітал, забезпечуючи кадри, здатні ефективно співпрацювати з технологіями. В іншому разі посилюється ризик відпливу кваліфікованих працівників за кордон, де умови для такої співпраці є більш сприятливими.

Для України модель «людина + ШІ» являє собою можливість перестрибнути через стадії розвитку. Історично індустріалізація рухалася від ремесла до фабрик, комп'ютеризація — від великих ЕОМ до ПК. Україна може оминати етапи важкої автоматизації старого зразка (наприклад, не відновлювати застарілі заводи з мінімумом людей на конвеєрі) та відразу будувати «розумну» економіку, де людина, озброєна ШІ, працює продуктивніше й безпечніше. Це може бути особливо актуальним у повоєнний період відбудови, оскільки передбачатиме використання робототехніки для відновлення інфраструктури спільно з вітчизняними інженерами, упровадження ШІ-систем управління міськими сервісами за участю місцевих фахівців.

ЛІТЕРАТУРА

- Новікова О., Азьмук Н. Цифровізація — чинник посилення резильєнтності соціально-трудової сфери та повенного відновлення України. *Економіка та суспільство*. 2023. № 53. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-53-27>
- Черьмухіна О., Чалюк Ю., Кириленко В. Сучасний вимір ринку праці в умовах цифровізації. *Економіка та суспільство*. 2021. № 34. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-34-85>
- Acemoglu D., Johnson S. *Choosing AI's Impact on the Future of Work*. Stanford Social Innovation Review. 2023. URL: <https://ssir.org/articles/entry/ai-impact-on-jobs-and-work> (дата звернення: 24.06.2025).
- Acemoglu D., Johnson S. *Power and Progress: Our Thousand-Year Struggle Over Technology and Prosperity*. PublicAffairs, 2023. 560 p.
- Autor D. H., Levy F., Murnane R. J. The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration. *The Quarterly Journal of Economics*. 2023. Vol. 118, No. 4. P. 1279—1333. <https://doi.org/10.1162/003355303322552801>
- Economics of Skills Obsolescence* / ed. by A. de Grip, J. van Loo, K. Mayhew. ELSEVIER ; Emerald Group Publishing Limited, 2002. [https://doi.org/10.1016/s0147-9121\(2002\)21](https://doi.org/10.1016/s0147-9121(2002)21)
- Frey C. B., Osborne M. A. The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change*. 2017. Vol. 114. P. 254—280. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.019>
- Goos M., Manning A. Lousy and Lovely Jobs : The Rising Polarization of Work in Britain. *Review of Economics and Statistics*. 2007. Vol. 89, No. 1. P. 118—133. <https://doi.org/10.1162/rest.89.1.118>
- Manyika J. et al. *Jobs Lost, Jobs Gained: Workforce Transitions in a Time of Automation*. McKinsey Global Institute. 2017, December. URL: <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Public%20and%20Social%20Sector/Our%20Insights/What%20the%20future%20of%20work%20will%20mean%20for%20jobs%20skills%20and%20wages/MGI-Jobs-Lost-Jobs-Gained-Executive-summary-December-6-2017.pdf> (дата звернення: 24.06.2025).
- McKay C., Pollack E., FitzPayne A. *Automation and a Changing Economy*. Part I : The Case for Action. Washington, DC : Aspen Institute Future of Work Initiative. 2019. 41 p. URL: https://www.aspeninstitute.org/wp-content/uploads/2019/04/Automation-and-a-Changing-Economy_The-Case-for-Action_April-2019.pdf (дата звернення: 24.06.2025).
- Rise and Decline of Industry in Central and Eastern Europe* / ed. by Mueller B., Linz G., Finka M. Germany: Springer Verlag, 2005.

Надійшла до редакції 11.07.2025 р.

Прийнята до друку 28.07.2025 р.

REFERENCES

- Novikova, O., & Azmuk, N. (2023). Digitalization as a Factor of Strengthening the Resilience of the Socio-Labor Sphere and Post-War Recovery of Ukraine. *Economica ta suspilstvo*, 53. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-53-27> [in Ukrainian].
- Cheremukhina, O., Chaliuk, Y., & Kyrylenko, V. (2021). Modern Measurement of the Labor Market in the Context of Digitalization. *Economica ta suspilstvo*, 34. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-34-85> [in Ukrainian].
- Acemoglu, D., & Johnson, S. (2023a). Choosing AI's Impact on the Future of Work. *Stanford Social Innovation Review*. <https://ssir.org/articles/entry/ai-impact-on-jobs-and-work>
- Acemoglu, D., & Johnson, S. (2023b). *Power and Progress: Our Thousand-Year Struggle Over Technology and Prosperity*. PublicAffairs.
- Autor, D. H., Levy, F., & Murnane, R. J. (2003). The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration. *The Quarterly Journal of Economics*, 118 (4), 1279—1333. <https://doi.org/10.1162/003355303322552801>
- De Grip, A., van Loo, J., & Mayhew, K. (Eds.). (2002). *The Economics of Skills Obsolescence*. Emerald Group Publishing Limited. [https://doi.org/10.1016/s0147-9121\(2002\)21](https://doi.org/10.1016/s0147-9121(2002)21)
- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2017). The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation? *Technological Forecasting and Social Change*, 114, 254—280. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.019>
- Goos, M., & Manning, A. (2007). Lousy and Lovely Jobs : The Rising Polarization of Work in Britain. *Review of Economics and Statistics*, 89 (1), 118—133. <https://doi.org/10.1162/rest.89.1.118>
- Manyika, J., et al. (2017, December). *Jobs Lost, Jobs Gained: Workforce Transitions in a Time of Automation*. McKinsey Global Institute. <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Public%20and%20Social%20Sector/Our%20Insights/What%20the%20future%20of%20work%20will%20mean%20for%20jobs%20skills%20and%20wages/MGI-Jobs-Lost-Jobs-Gained-Executive-summary-December-6-2017.pdf>
- McKay, C., Pollack, E., & FitzPayne, A. (2019). *Automation and a Changing Economy*. The Case for Action (Part I). Aspen Institute Future of Work Initiative. https://www.aspeninstitute.org/wp-content/uploads/2019/04/Automation-and-a-Changing-Economy_The-Case-for-Action_April-2019.pdf
- Mueller, B., Linz, G., & Finka, M. (Eds.) (2005). *Rise and Decline of Industry in Central and Eastern Europe*. Springer Verlag, Germany.

Received: 11.07.2025

Accepted: 28.07.2025

Bohdan I. Lohvinenko, PhD

E-mail: bodya00728@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-7956-2916>

Institute of Industrial Economics of NAS of Ukraine

2 Maria Kapnist Street, Kyiv, 03057, Ukraine

ECONOMIC POLARIZATION AND THE DIGITAL TRANSFORMATION OF THE LABOR MARKET: THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

The study is devoted to identifying the impact of automation and artificial intelligence technologies on the labor structure and the phenomenon of economic polarization in the context of the digital transformation of the labor market. Its objective is to test the hypothesis that the human — AI collaboration model represents the most effective and safe trajectory for societal development. A comprehensive approach was applied to analyze contemporary theoretical concepts, global research, and empirical data, complemented by an original online survey conducted among Ukrainian youth (92 respondents). The first part of the research defines the conceptual framework and examines the phenomenon of labor market polarization, whereby technological progress leads to a decline in medium-skilled positions, while demand concentrates in high- and low-skilled segments. Risks to social structure and economic stability are outlined, supported by historical examples (the USA and Europe after the 1980s) and modern forecasts. The empirical stage included designing a questionnaire and conducting a survey that covered access to technology, digital skills, attitudes toward artificial intelligence, motivational barriers, and migration intentions. The results indicate a high level of technical access among young people but also a formal attitude toward learning. Nearly half already use AI services (ChatGPT, Copilot); however, their understanding of the technology remains moderate. It was determined that, to ensure Ukraine's sustainable economic development, the education system and labor market must reorient toward training specialists capable of creating and maintaining modern technologies (engineers, analysts, data specialists), as well as developing sectors where the human component remains critical — education, healthcare, and creative industries. The findings confirm that Ukraine's economy can harness the potential of artificial intelligence for accelerated growth only if investments are made in human capital and in developing a workforce capable of effective collaboration with technology; otherwise, there is a risk of increased outmigration of skilled workers. The Human + AI model offers Ukraine the opportunity to leapfrog intermediate stages of industrial development and build a "smart" economy from the outset — a particularly vital advantage during post-war recovery, where deploying robotics for infrastructure reconstruction, implementing AI systems in urban governance, and creating new high-skilled jobs can generate rapid economic gains and sustainable growth.

Keywords: economic polarization, labor market, digital transformation, artificial intelligence, human + AI, digital inequality.

<http://doi.org/10.15407/econindustry2025.03.076>

УДК 621.382:338.45:004.8

JEL: L63, O33, O14, F14

Максим Владиславович УТЮЖ, аспірант

E-mail: utiuzhmv@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9497-0262>

Інститут економіки промисловості НАН України

вул. Марії Капніст, 2, м. Київ, 03057, Україна

НАПІВПРОВІДНИКОВА ГАЛУЗЬ: ДОСВІД КРАЇН ЄС ТА ПЕРСПЕКТИВИ УКРАЇНИ

Напівпровідникова галузь відіграє провідну роль у зміцненні економічної та технологічної безпеки, є важливим чинником інноваційного розвитку. У відповідь на глобальні виклики Європейський Союз упроваджує комплекс заходів: законодавчу ініціативу EU Chips Act, формування виробничих кластерів, підтримку інновацій і співпрацю з Японією, Південною Кореєю та Тайванем. Значну увагу приділено узгодженню промислової та енергетичної політики, розвитку нових матеріалів (GaAs, SiGe, InP), формуванню стратегічної автономії з метою зменшення залежності від іноземних постачальників. Виявлено можливість адаптації цього досвіду в Україні для модернізації напівпровідникового сектору як базису інноваційно-технологічного розвитку країни.

Ключові слова: промислова політика, напівпровідникова промисловість, інновації, технологічний суверенітет, стратегічна автономія, економічна безпека.

Промислова політика становить основу стратегічного розвитку інноваційної сфери в провідних країнах світу, а її ефективність безпосередньо впливає на темпи економічного зростання, рівень технологічної незалежності та міжнародну конкурентоспроможність. У контексті загострення глобальної технологічної конкуренції, дестабілізаційних чинників, які виникли внаслідок повномасштабної війни, а також зростаючої залежності від імпорту критично важливих технологій питання формування сучасної промислової політики набуло для України особливої актуальності. З урахуванням стратегічного курсу держави на європейську інтеграцію доцільним є аналіз досвіду Європейського Союзу щодо підтримки високотехнологічних ви-

робництв, цифрової трансформації та інноваційного прориву як потенційної бази для формування національної промислової стратегії.

Комплексна модель промислової політики ЄС реалізується через низку таких взаємопов'язаних програм: «Важливі проекти спільного європейського інтересу» (IPCEI), науково-дослідні ініціативи Horizon Europe, план промислової трансформації Green Deal Industrial Plan і законодавчий акт Chips Act. Ці механізми забезпечують як фінансову підтримку виробників, так і стимулювання ланцюгів постачання, інвестиції в людський капітал і трансфер технологій (Bulfone, Di Carlo, Bontadini & Meliciani, 2024; Šmejkal, 2024). Їх вивчення дає змогу виокремити ті інституційні, організаційні та науково-техно-

Цитування: Утюж М. В. Напівпровідникова галузь: досвід країн ЄС та перспективи України. *Економіка промисловості*. 2025. № 3 (111). С. 76—87. <http://doi.org/10.15407/econindustry2025.03.076>

© Видавець ВД «Академперіодика» НАН України, 2025. Стаття опублікована на умовах відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

логічні інструменти, які можуть бути адаптовані в індустріальному середовищі України, особливо у сфері мікроелектроніки.

Національна промислова політика тривалий час залишалася несистемною, фрагментарною та другорядною порівняно з пріоритетами макроекономічної стабільності та зовнішньої торгівлі. Це призвело до втрати критичних компетенцій у деяких галузях, зниження рівня технологічного суверенітету, зростання імпортозалежності в стратегічних секторах, зокрема у виробництві мікросхем і напівпровідникових компонентів (Биткін, Критська, Мокій, 2022). За умов повоєнного відновлення країни стратегічно необхідним постає перехід до нової моделі промислової політики, орієнтованої на розвиток наукоємного виробництва, інтелектуального капіталу, технологічного підприємництва та інтеграції у глобальні ланцюги постачання (Кіндзерський, 2023) ¹.

Посилення наукового інтересу до промислової політики в контексті мікроелектроніки в ЄС та Україні супроводжується переосмисленням ролі держави в управлінні стратегічними ресурсами. Зокрема, Дж. Рак (Ruck, 2024) інтерпретує політику ЄС у галузі мікроелектроніки як форму геоекономічного реагування на посилення конкуренції з боку США, Китаю, Південної Кореї та Тайваню. В українському контексті Ю. Кіндзерський (2023) обґрунтовує необхідність формування індустріальної політики саме у зв'язку з повоєнною реконструкцією країни, враховуючи як світовий досвід, так і внутрішні обмеження — фінансові, кадрові та матеріальні.

Ключовими бар'єрами для становлення національної мікроелектронної галузі є такі: хронічне недофінансування наукових досліджень і розробок, відсутність інфраструктури для масштабування виробництва, дефіцит кваліфікованих фахівців у галузях електроніки, мікросистемної техніки, правового регулювання інтелектуальної власності (Xiong, Wu & Yeung, 2025) ². Зростає геоекономічне напруження

¹ Hunder M. (2023, December 14). Ukraine touts ambitions for chip manufacturing, AI growth. *Reuters*. <https://www.reuters.com/technology/ukraine-touts-ambitions-chip-manufacturing-ai-growth-2023-12-14> (дата звернення: 02.06.2025).

² UkraineInvest (2025). Electronics manufacturing in Ukraine [PDF report]. <https://ukraineinvest.gov.ua/wp-content/uploads/2025/05/elektronika-eng-ui.pdf> (дата звернення: 02.06.2025).

актуалізує потребу в диверсифікації постачання стратегічно важливих матеріалів (неону, палладію, аргіну), створенні національних резервів і впровадженні форвардного ціноутворення як інструменту ризик-менеджменту ^{3,4}.

Станом на 2025 р. політика стратегічної автономії ЄС розглядається не лише як економічний інструмент, але і як політична відповідь на залежність від глобальних постачальників критичних технологій. Саме тому напівпровідникова галузь посідає центральне місце в оновленій індустріальній стратегії ЄС. Країни-члени ЄС (зокрема Нідерланди, Німеччина, Швеція, Фінляндія) демонструють стабільно високі позиції в міжнародних рейтингах конкурентоспроможності, що свідчить про ефективність застосовуваних підходів до підтримки інноваційного виробництва ⁵.

Метою статті є комплексний аналіз сучасної моделі промислової політики ЄС у галузі мікроелектроніки з акцентом на інституційні та фінансові інструменти реалізації Chips Act, а також розроблення пропозицій щодо адаптації відповідних практик для стратегічного відновлення напівпровідникової промисловості України в умовах глобальної конкуренції, воєнних обмежень і технологічної залежності.

Етапи становлення та трансформації промислової політики Європейського Союзу в контексті напівпровідникового розвитку

Формування промислової політики ЄС стало відповіддю на зростаючу складність глобальних ланцюгів доданої вартості, загострення геоекономічної конкуренції та посилення позицій ринків, що розвиваються. Інституційні засади було закладено в 1990-х роках після підписання Маастрихтського договору, що започатку-

³ Hong P., Sarkis J. & Mo Y. (2022, May 10). The crisis in Ukraine spells more trouble for semiconductor supply. *MIT Sloan Management Review*. <https://sloanreview.mit.edu/article/russias-invasion-spells-more-trouble-for-semiconductor-supply> (дата звернення: 02.06.2025).

⁴ Tyson L. & Zysman J. (2022, March 22). From sanctions to semiconductor resilience and security. *Project Syndicate*. <https://www.project-syndicate.org/commentary/how-the-west-can-secure-its-semiconductor-supply-chain-by-laura-tyson-and-john-zysman-2022-03> (дата звернення: 02.06.2025).

⁵ International Institute for Management Development (2023). World Competitiveness Ranking. <https://www.imd.org/centers/wcc/world-competitiveness-center/rankings/> (дата звернення: 02.06.2025).

вав новий етап інтеграційної політики ЄС. У центрі уваги постає розвиток малого та середнього бізнесу як ключового носія інновацій і джерела зайнятості. Створення єдиного ринку супроводжувалося структурною перебудовою індустріального середовища, активізацією міждержавної координації у сфері НДДКР, регіонального розвитку та конкурентної політики, що сприяло підвищенню глобальної конкурентоспроможності (Šmejkal, 2024)⁶.

На початку 2000-х років, у відповідь на нові виклики, Європейська комісія сформувала концепцію «горизонтальної промислової політики», що мала забезпечити рівні умови для всіх галузей без дискримінації за секторами. Особливу роль відіграли програми підтримки малих і середніх підприємств, зокрема COSME, а також системи державної допомоги, орієнтовані на адаптацію до регіональних диспропорцій і потреб сталеливарної, енергетичної та високотехнологічної промисловості (Bulfone, Di Carlo, Bontadini & Meliciani, 2024).

Від 2020 р., у контексті нових стратегічних викликів, зокрема пандемійних обмежень, війни в Україні та глобального дефіциту мікросхем, було оновлено індустріальну стратегію ЄС. Нова рамкова політика акцентує увагу на зміцненні технологічного суверенітету, захисті інтелектуальної власності та стратегічних ланцюгів постачання. Основу цієї трансформації становить Європейський закон про мікросхеми (Chips Act), який передбачає інвестування 43 млрд євро в розбудову напівпровідникової інфраструктури з метою досягнення 20 % частки глобального ринку мікросхем до 2030 р. (Ruck, 2024)⁷.

У даному контексті велике значення має стабільне функціонування єдиного ринку, який розглядається як стартова платформа для європейських виробників на шляху до глобаль-

ної конкуренції. Водночас посилюється роль регуляторного забезпечення: гармонізація технічних норм, сприяння стандартизації, прозорість державних закупівель і захист від антиконкурентних практик. Пріоритетними напрямками стали розвиток цифрової інфраструктури, екологічної модернізації виробництва та формування умов для «зеленого переходу» в індустрії⁸. На рис. 1 наведено основні напрями інвестицій ЄС у розбудову напівпровідникових заводів за рамками Chips Act.

Найбільший обсяг інвестицій за програмою The EU Chips Act припадає на Німеччину — 12,5 млрд дол., що відображає стратегічне позиціонування цієї країни як головного індустріального центру мікроелектроніки в ЄС. З урахуванням наявності кластера «Кремнієва Саксонія» та активної участі компаній Infineon, Bosch і GlobalFoundries у розвитку нових техпроцесів, саме Німеччина виступає ядром майбутнього технологічного суверенітету ЄС.

Друге місце за обсягом фінансування посідає Франція (9,2 млрд дол.), що свідчить про посилення позицій Гренобльського регіону в сегменті FD-SOI, виробництва пластин і IoT-компонентів. Показово, що Нідерланди (6,1 млрд дол.), попри відносно невелику територію, фокусуються на підтримці критичних виробничих елементів, таких як фотолітографічні установки ASML і компоненти для автомобільної електроніки компанії NXP.

Значущим є внесок Італії (4,8 млрд дол.) у розширення потенціалу силової електроніки на основі SiC та GaN, особливо в контексті виробничих майданчиків STMicroelectronics. Аналогічно, інвестиції Іспанії (3,3 млрд дол.) спрямовані переважно на розвиток технологій тестування, пакування та фотоніки, що доповнює архітектуру загальноєвропейського ланцюга створення вартості.

Слід відзначити консолідовану категорію «інші країни ЄС», на яку припадає 11,6 млрд дол., або близько 24 % загального обсягу інвестицій. Це свідчить про прагнення Європейської комісії забезпечити територіальну диверсифікацію напівпровідникової інфраструктури і включи-

⁶ Institut Montaigne (2022, March). Semiconductors in Europe: The return of industrial policy. Policy report on EU Chips Act. <https://www.institutmontaigne.org/ressources/pdfs/publications/europe-new-geopolitics-technology-1.pdf> (дата звернення: 02.06.2025).

⁷ European Union (2023, September, 18). Regulation (EU) 2023/1781 of the European Parliament and of the Council of 13 September 2023. Establishing a framework of measures for strengthening Europe's semiconductor ecosystem and amending Regulation (EU) 2021/694 (Chips Act). *Official Journal of the European Union*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32023R1781>

⁸ Hong P., Sarkis J. & Mo Y. (2022, May 10). The crisis in Ukraine spells more trouble for semiconductor supply. *MIT Sloan Management Review*. <https://sloanreview.mit.edu/article/russias-invasion-spells-more-trouble-for-semiconductor-supply> (дата звернення: 02.06.2025).

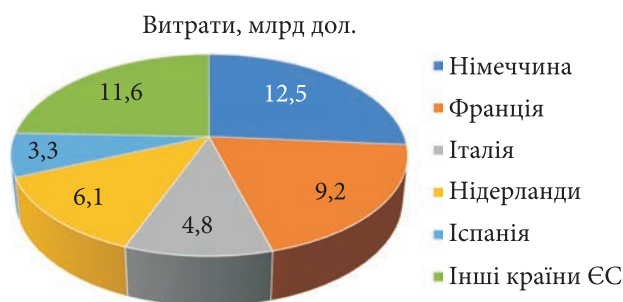


Рис. 1. Витрати ЄС згідно з The EU Chips Act на будівництво напівпровідникових заводів у Європі

Джерело: складено на основі: European Union (2023, September, 18). Regulation (EU) 2023/1781 of the European Parliament and of the Council of 13 September 2023. Establishing a framework of measures for strengthening Europe's semiconductor ecosystem and amending Regulation (EU) 2021/694 (Chips Act). *Official Journal of the European Union*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32023R1781>

ти до процесу країни Балтії, Центрально-Східної Європи та Скандинавії. У таких країнах створюються спеціалізовані дизайн-центри, хаби підготовки кадрів, R&D-платформи з моделювання та автоматизації виробництва, а також налагоджуються поставки хімічних компонентів і технічних газів.

Динаміка світового попиту та очікування учасників ринку

На сучасному етапі мікросхеми є критичним компонентом у всіх секторах — від смартфонів та «розумних» авто до оборонних і космічних систем. Пандемійні обмеження 2020—2021 рр., логістичні збої та геополітичне напруження спричинили гострий дефіцит чипів, виявивши вразливі місця глобальних ланцюгів постачання⁹. У відповідь Європейський Союз активізував власні сильні сторони — технологічні кластери Дрездена, Гренобля та Ейндговена, науково-дослідну мережу Horizon Europe і фінансовий ресурс Chips Act — з метою закріплення позицій у стратегічно важливій галузі (Bulfone, Di Carlo, Bontadini & Meliciani, 2024; Ruck, 2024).

Незважаючи на високий науковий потенціал, у межах ЄС досі бракує підприємств, здатних серійно виробляти мікросхеми за передовими техпроцесами. Переважна більшість європей-

⁹ Hong P., Sarkis J. & Mo Y. (2022, May 10). The crisis in Ukraine spells more trouble for semiconductor supply. *MIT Sloan Management Review*. <https://sloanreview.mit.edu/article/russias-invasion-spells-more-trouble-for-semiconductor-supply> (дата звернення: 02.06.2025).

ських фабрик функціонує на рівні 28/22 нм, тоді як глобальні лідери (TSMC, Samsung, SK Hynix та MediaTek) з 2022 р. перейшли до виробництва 3 нм і нижче. ЄС намагається ліквідувати цей технологічний розрив шляхом залучення інвестицій Intel, TSMC і Samsung для будівництва підприємств у межах Союзу (Intel Magdeburg, TSMC Dresden), а також розширення експертизи в галузі силової та радіочастотної електроніки, де Infineon і NXP уже демонструють конкурентні переваги¹⁰.

Разом із цим у світовому масштабі відбувається масштабне фінансування напівпровідникової галузі: США реалізують програму CHIPS & Science Act на суму 52,7 млрд дол., а Японія, Південна Корея та Китай розгортають власні державні програми підтримки, що включають субсидії та податкові пільги¹¹. У такій ситуації для Європейського Союзу принципово важливо не тільки залучити якірних інвесторів, а й забезпечити повний ланцюг доданої вартості — від досліджень і виробництва сировини до пакування й тестування.

За прогнозами Європейської комісії до середини наступного десятиліття обсяг глобального ринку напівпровідників сягне одного трильйона доларів США. Основними рушіями зростання залишатимуться смартфони, центри обробки даних і автомобільна електроніка (Šmejkal, 2024)¹². Chips Act розглядається як ключовий інструмент для зменшення залежності від зовнішніх шоків. Однак, як зазначають аудитори ЄС, без координації національних стратегій і спрощення процедур державної допомоги задекларовані цілі можуть не реалізуватись.

Очікування учасників ринку підтверджуються результатами галузевого опитування Deloitte Global Semiconductor Industry Survey

¹⁰ Hong P., Sarkis J. & Mo Y. (2022, May 10). The crisis in Ukraine spells more trouble for semiconductor supply. *MIT Sloan Management Review*. <https://sloanreview.mit.edu/article/russias-invasion-spells-more-trouble-for-semiconductor-supply> (дата звернення: 02.06.2025).

¹¹ Tyson L. & Zysman J. (2022, March 22). From sanctions to semiconductor resilience and security. *Project Syndicate*. <https://www.project-syndicate.org/commentary/how-the-west-can-secure-its-semiconductor-supply-chain-by-laura-tyson-and-john-zysman-2022-03> (дата звернення: 02.06.2025).

¹² European Commission (2022). European Chips Report. https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/strategy/digital-transformation/european-chips-report_en?utm (дата звернення: 02.06.2025).

2024: 81 % опитаних керівників прогнозують зростання виручки своїх компаній у 2025 р., тоді як лише 64 % очікують на загальний підйом усього сектору. Найперспективнішими сегментами ринку вони вважають автомобільну електроніку, хмарні обчислення та IoT, тоді як інтерес до рішень для метавсесвіту істотно знизився. Також понад 40 % респондентів відзначили, що війна в Україні залишається головним ризиком для стабільності постачання неону та паладію. На рис. 2 відображено очікувану динаміку зростання прибутків у п'яти ключових сегментах ринку напівпровідників за підсумками зазначеного дослідження.

На рис. 2 відображено очікуване зростання доходів у ключових сегментах напівпровідникової галузі згідно з результатами глобального опитування, проведеного у IV кварталі 2023 р. Дані демонструють пріоритетність автомобільної електроніки (41 % респондентів) як найбільш перспективного напрямку розвитку у 2024—2026 рр. Другу позицію посіли хмарні обчислення (23 %), далі — Інтернет речей (IoT) із 17 %. Смартфони, які традиційно були драйверами галузі, отримали лише 12 %. Сегмент метавсесвіту втратив актуальність, отримавши лише 7 % згадувань. Подібне зміщення фокусу підтверджує переорієнтацію глобального ринку з масових споживчих продуктів на галузеві рішення з високою доданою вартістю, що створює можливості для спеціалізації України, зокрема у сфері SiGe-радіочастотних та GaN-силових напівпровідників¹³.

Стратегічне партнерство ЄС із Японією та технологічна безпека в напівпровідниковій галузі

Починаючи з 2022 р., у відповідь на загострення геоекономічних ризиків, зокрема залежності від Китаю, Європейський Союз упроваджує оновлену стратегію Нової промислової політики. Її ключовим вектором стало поглиблення стратегічного партнерства з Японією у сферах виробництва напівпровідників, штучного інтелекту, квантових технологій та кібербезпеки. Основні пріоритети цієї стратегії охоплюють: цифровізацію

¹³ Deloitte (2023). Global Semiconductor Outlook 2024. Deloitte Insights. <https://www.deloitte.com/global/en/Industries/tmt/perspectives/semiconductor-industry-outlook.html>

єдиного ринку, підтримку інноваційної промисловості, розвиток циркулярної економіки, професійну підготовку кадрів та фінансування критичних технологій.

Японія, що займає 9,9 % світового ринку напівпровідникових компонентів, володіє стратегічними активами у вигляді корпорацій Renesas Electronics, Toshiba, Tokyo Electron, що робить її природним союзником для ЄС у побудові диверсифікованої технологічної архітектури. У 2023 р. за ініціативи уряду Японії через державну структуру Japan Investment Corporation було оголошено про придбання компанії JSR, одного з лідерів у сфері фотолітографічних матеріалів, за 6,3 млрд дол. США¹⁴. Крім того, започатковано Digital Partnership Council, що координуватиме двосторонні проекти у сфері суперкомп'ютерів, квантових обчислень та кіберзахисту¹⁵.

На тлі загострення конкуренції з боку Китаю співпраця ЄС та Японії трансформується в стратегічну коаліцію з акцентом на технологічний суверенітет. Її ключова мета — зниження залежності від іноземних постачальників із посиленням контролю за критичними технологіями. Японія стала першою країною Азії, яка підтримала європейську ініціативу з диверсифікації джерел постачання сировини для напівпровідників, зокрема неорганічних матеріалів та оптичних компонентів.

Разом із тим ЄС запроваджує політику «зменшення ризиків» (de-risking), спрямовану не на повне від'єднання від Китаю (decoupling), як у США, а на формування стабільних, диверсифікованих і контрольованих ланцюгів постачання¹⁶. У межах цієї логіки стратегічним зав-

¹⁴ Reuters (2023, June 24). Japan's JSR says it is considering being bought by state-backed JIC. <https://www.reuters.com/markets/deals/japan-investment-corp-7-bln-deal-talks-with-chipmaker-jsr-nikkei-2023-06-23/>

¹⁵ European Commission & Digital Agency, Government of Japan (2025, May 12). Joint Statement of the third meeting of the European Union–Japan Digital Partnership Council. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/joint-statement-third-meeting-european-union-japan-digital-partnership-council>

¹⁶ Ball C. & Doorley E. (2024). The EU's China strategy: "de-risking, but not decoupling" (Dods EU Political Intelligence). Dods Political Intelligence. https://www.dodspoliticalintelligence.com/wp-content/uploads/2024/07/EU-China-Strategy-derisking-but-not-decoupling.pdf?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 02.06.2025).

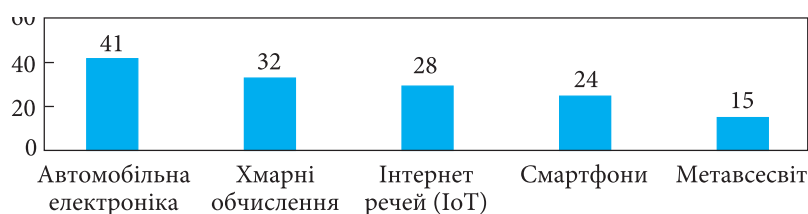


Рис. 2. Очікуване зростання доходів у ключових сегментах напівпровідникової галузі за результатами глобального опитування 2023 р., % респондентів
Джерело: Deloitte Global Semiconductor Industry Survey (2024).

данням стало формування технологічного альянсу з Японією, Тайванем і Південною Кореєю.

Нідерланди — батьківщина компанії ASML, що спеціалізується на виробництві фотолітографічного обладнання, — у 2023 р. запровадили експортні обмеження на постачання передових DUV та EUV-систем до Китаю, посиливши режим експортного контролю. Такі кроки підтверджують єдину позицію країн ЄС у сфері обмеження доступу до чутливих технологій.

Європейська комісія у відповідь на виклики пропонує багаторівневу модель модернізації напівпровідникової галузі, яка включає:

- підтримку цифрової трансформації у промисловості;
- стимулювання замкнених циклів виробництва;
- посилення захисту інтелектуальної власності;
- формування державно-приватного партнерства;
- інвестиції в інженерну освіту та перекваліфікацію кадрів;
- створення інфраструктури кіберзахисту; розвиток ринків чистих технологій;
- підвищення стійкості до глобальних шоків через локалізацію виробництва.

Усі ці заходи об'єднані спільною стратегічною метою — сформувати суверенну, стійку й конкурентоспроможну технологічну архітектуру, здатну забезпечити ЄС провідні позиції в глобальному перерозподілі ролей у сфері критичних технологій. Цей пакет заходів є інтегрованим підходом до перетворення економіки та промисловості Європейського Союзу до 2030 р., щоб зробити його лідером у цифровій сфері та найбільш конкурентоспроможним у сфері інновацій. Також у 2020 р. Європейська комісія представила довгострокову програму економічного розвитку Євросоюзу «Європейська зелена угода», яка передбачає структурні зміни в діяльнос-

ті ЄС і країн-членів до 2050 р. для забезпечення комплексного підходу до створення умов, що мотивують економічних гравців вирішувати завдання екологічної та цифрової трансформації з метою збереження конкурентоспроможності¹⁷.

Конкуренція між США та Євросоюзом за прискорене розгортання виробництв у напівпровідниковій галузі та повернення виробництв із Китаю створює можливості для України. Однак передусім потрібна реанімація власної промислової політики, і актуальним завданням постає формування системних засобів відбудови безпосередньо в Україні виробництва напівпровідникових матеріалів, дискретних приладів та інтегральних мікросхем для виготовлення високотехнологічної військової техніки для оборонних потреб і розширення їх експорту до розвинутих країн, зокрема США. Найбільшим попитом користуватимуться арсенід галію (GaAs), нітрид галію (GaN), фосфід індію (InP) і кремній із радіочастотними властивостями, яким є ізовалентно легований германієм кремній (SiGe). Стратегування засобів відбудови напівпровідникової галузі України доцільно здійснювати відповідно до трендів розвитку глобального ринку мікроелектроніки, вироби якої (ІМС, планарні дискретні та силові напівпровідникові прилади) є надважливою складовою військової, економічної та промислової бази держав-лідерів¹⁸. Україна не має іншої альтернативи, ніж від-

¹⁷ European Commission (2020). Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: The European Green Deal (COM (2019) 640 final). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52019DC0640>

¹⁸ Clarke S. (2021). Extraordinary semiconductor cycle triggered by one-time events: Geopolitics reshapes supply chains. Deutsche Bank Research. https://www.dbresearch.com/PROD/RPS_ENPROD/

новити вітчизняне виробництво електронної компонентної бази (ЕКБ) для військової техніки та озброєння.

Як свідчить аналіз застосування досвіду ЄС щодо промислової політики в напівпровідниковій галузі України, війна загострює проблеми з ланцюгом поставок напівпровідників, що може призвести до дефіциту мікросхем, які вже вплинули на галузь напівпровідникової промисловості за останні два роки. Безпосередня загроза виникає у зв'язку з постачанням різних матеріалів, зокрема неону та паладію, що використовуються у виробництві напівпровідників. Вплив інфляції та непрямі наслідки в ланцюгу поставок вважаються контрольованими на майбутнє, однак потенційний вплив у довгостроковій перспективі ще не визначений і залежатиме від подальшого розвитку воєнних подій¹⁹.

Ключовими сферами застосування напівпровідникових компонентів на основі SiGe є такі: мобільна телефонія, у тому числі як власне апарати, так і базові станції; однокристалні радіоприймальні пристрої комунікаційних систем із високою радіаційною стійкістю; волоконна оптика та відповідні системи; бездротові комп'ютерні мережі та Bluetooth; пристрої зберігання даних у частині лазерних драйверів та електроніки контролю функціонування приводу, що потребують інтегральних схем швидкої дії для систем прецизійного позиціонування в оптичних і магнітних системах; швидкісні системи обробки сигналів для широкого класу обчислювальних задач — від прогнозування погоди в режимі реального часу до використання алгоритмів радарів в anti-stealth технологіях протиповітряної оборони, бортових авіаційних радіолокаційних станціях (таке обладнання потребує вдосконалених компонентів для власне обчислювальних задач і пристроїв оптичного зберігання даних із високою щільністю); прийнятні з економічної точки зору радари запобігання зіткненням на транспортних засобах та

інших бортових системах; GPS-навігаційні системи для військового та цивільного застосування; пристрої космічного зв'язку для цифрових каналів передавання голосової та телеметричної інформації тощо.

У частині науково-технічних рішень, що задовольняють потреби сучасної мікроелектроніки та сонячної енергетики, на експорт можуть бути запропоновані різні матеріали та промислові технології: монокристали кремнію, леговані германієм у діапазоні концентрацій $10^{18} \dots 10^{20} \text{ см}^{-3}$ з керованим вмістом кисню та вуглецю, а також технологія їх виробництва для інтегральних схем і дискретних напівпровідникових приладів із підвищеною стійкістю до радіаційних чинників; використання середовища азоту (разом і замість використовуваного аргону) у разі кристалізації кремнію для підвищення його механічних властивостей; застосування γ -опромінення для покращення експлуатаційних характеристик тиглів із кварцу та якості бездислокаційних монокристалів кремнію; радіаційно-технологічні процеси у технологіях приладобудування. У межах реалізації Chips Act у Європі вже сформувалися технологічні вузли з чіткою профільною спеціалізацією (табл. 1), які забезпечують критичну масу компетенцій та інфраструктури для локального виробництва чіпів.

Аналіз даних табл. 1 дозволяє виокремити низку стратегічно важливих тенденцій у просторовій організації виробництва мікроелектроніки в межах нової промислової політики ЄС. По-перше, спостерігається чітка спеціалізація кожного регіонального кластера відповідно до потреб галузей, які демонструють найбільший попит на напівпровідникову продукцію. Зокрема, «Кремнієва Саксонія» в Німеччині фокусується на виробництві автомобільних і промислових чіпів, що є логічним з урахуванням домінування Німеччини у структурі європейської автопромисловості та промислового машинобудування. Компанії Infineon, Bosch і GlobalFoundries є не лише локальними виробниками, а й світовими експортерами відповідних мікросистем. По-друге, хаб «Кремнієва долина Гренобля» (Франція) концентрується на випуску чіпів для мобільних технологій, Інтернету речей (ІоТ) та побутової елек-

PROD000000000522983/Extraordinary_semiconductor_cycle_triggered_by_one.PDF

¹⁹ KPMG LLP (2022). Russia-Ukraine war: Impact on the semiconductor industry. <https://www.kpmg.com/ua/en/insights/2022/05/russia-ukraine-war-impact-semiconductor-industry.html>

Таблиця 1. Основні технологічні хаби ЄС у сфері мікроелектроніки

Технологічний хаб	Країна	Основні компанії	Спеціалізація
Кремнієва Саксонія	Німеччина	Infineon, Bosch, GlobalFoundries	Автомобільні та промислові чіпи
Кремнієва долина Гренобля	Франція	STMicroelectronics, Soitec	Чіпи для смартфонів та IoT
Ейндговен	Нідерланди	ASML, NXP Semiconductors	Обладнання для виробництва чіпів

Джерело: складено на основі даних з офіційних презентацій компаній Infineon, ASML, Bosch, STMicroelectronics: https://www.infineon.com/about/investor/reports-presentations/presentations-conference-calls?utm_source=chatgpt.com); з урахуванням аналітики European Chips Act (2023) (https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-chips-act_en?utm_source=chatgpt.com); Clark M., Gibson M., Signorino I. (2023, February). Navigating short-term volatility in the semiconductor industry. *KRGM*. <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/sk/pdf/2023/global-semiconductor-industry-outlook-2023.pdf> (дата звернення: 02.06.2025).

троніки. Присутність STMicroelectronics і Soitec як провідних резидентів забезпечує високий рівень вертикальної інтеграції — від матеріалів до фінального складання мікросхем. Це дозволяє Франції позиціонуватися як центр інновацій для сегментів із високою динамікою зростання. Третім елементом є кластер в Ейндговені (Нідерланди), який має стратегічне значення завдяки розміщенню компанії ASML — єдиного у світі виробника екстремально ультрафіолетових (EUV) фотолітографічних систем, які є критичними для виготовлення чіпів найменших технологічних норм. Разом із ASML діє також NXP Semiconductors, один із лідерів у сфері радіочастотних і вбудованих систем, що створює синергетичний ефект у межах кластера.

Отже, європейська модель розвитку напівпровідникової інфраструктури демонструє поєднання функціональної диверсифікації та регіональної концентрації. Вона дозволяє, з одного боку, мінімізувати дублювання ресурсів, а з іншого — формувати локальні екосистеми з високим рівнем самодостатності. Такий підхід є особливо релевантним у контексті реалізації Chips Act, який передбачає не лише збільшення обсягів виробництва, а й зменшення залежності від азійських постачальників.

Для України така логіка хабового розвитку може бути використана як модель трансформації індустріальної політики: формування принаймні одного вузькоспеціалізованого кластера, наприклад у галузі SiGe або GaN-рішень, із перспективою інтеграції до виробничих і наукових альянсів ЄС. Своєю чергою, доступ

до таких кластерів може бути здійснений як через експорт матеріалів (неон, паладій, аргон), так і через залучення R&D-команд до спільних проєктів, що підтримуються європейськими програмами Horizon Europe, Digital Europe, EDIH та ін. Розбудова суверенної напівпровідникової екосистеми в межах Європейського Союзу потребує не лише стратегічного планування, а й суттєвих фінансових вкладень з боку як наднаціональних інституцій, так і окремих держав-членів. У цьому контексті Європейська комісія ініціювала масштабні інвестиційні програми, спрямовані на стимулювання виробництва, розвиток інфраструктури, підтримку інновацій і створення нових виробничих потужностей у сфері мікроелектроніки. Основні параметри таких програм і національних ініціатив наведено в табл. 2.

Дані табл. 2 демонструють високий рівень політичної та фінансової залученості ЄС та його держав-членів до розвитку стратегічно важливої напівпровідникової галузі. Найбільш масштабною за обсягом фінансування виступає ініціатива European Chips Act, яка передбачає загальні інвестиції в обсязі 43 млрд євро на період 2023—2030 рр. Ця програма закладає основи для формування суверенітету ЄС у виробництві мікроелектроніки з акцентом на розширення наукових досліджень, виробничих ліній і технологічних інфраструктур.

Окремо слід відзначити регіональні ініціативи Франції та Італії, які спільно інвестують 8 млрд євро в модернізацію та розширення передових виробничих об'єктів у галузі напівпровідників,

Таблиця 2. Зведені дані основних інвестицій у напівпровідникову галузь Європейського Союзу на період 2023—2030 рр.

Країна	Проект / програма	Обсяг інвестицій, млрд євро	Період реалізації, роки
Європейський Союз	Європейський закон про чіпи (European Chips Act)	43,0	2023—2030
Франція, Італія	Інвестиції в передові об'єкти з виробництва напівпровідників	8,0	2023—2027
Німеччина (Infineon Technologies)	Новий завод із виробництва чіпів у Дрездені	5,0	2023—2026
Європейський Союз	Важливі проекти, що становлять спільний європейський інтерес (IPCEI)	8,1	2023—2028

Джерело: складено на основі European Union (2023, September, 18). Regulation (EU) 2023/1781 of the European Parliament and of the Council of 13 September 2023. Establishing a framework of measures for strengthening Europe's semiconductor ecosystem and amending Regulation (EU) 2021/694 (Chips Act). *Official Journal of the European Union*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32023R1781>.

що вказує на прагнення цих країн зберігати технологічну незалежність і зміцнювати внутрішній ринок. Крім того, приклад Німеччини (проект будівництва нового заводу компанії Infineon Technologies у Дрездені з інвестиціями в обсязі 5 млрд євро) засвідчує амбіції щодо створення локальних високотехнологічних хабів із фокусом на енергозалежні та автомобільні застосування.

Важливе місце посідає також механізм IPCEI (Important Projects of Common European Interest), який передбачає обсяг фінансування 8,1 млрд євро до 2028 р. Цей інструмент спрямований на підтримку міждержавних інноваційних кластерів, зокрема в галузі матеріалів нового покоління, дизайн-центрів й інфраструктури передачі знань. Таким чином, сукупна динаміка представлених інвестиційних потоків свідчить про системне формування умов для переосмислення ролі ЄС як незалежного глобального актора у сфері мікроелектроніки.

Європейський Союз продовжує активно впроваджувати комплексні інституційні заходи для підвищення глобальної конкурентоспроможності власної промислової системи. Згідно з Індексом глобальної конкурентоспроможності 2019 р. до лідерів ЄС увійшли Нідерланди (4 місце), Німеччина (7), Швеція (8), Данія (10), Фінляндія (11), Франція (15) та Люксембург (18), що вказує на високий рівень промислової зрілості цих держав (World Economic Forum, 2019)²⁰.

²⁰ World Economic Forum (2019). The Global Competitiveness Report 2019. <https://www.weforum.org/>

Для посилення структурної бази та технологічної модернізації промисловості ЄС було ініційовано низку стратегічних інструментів, зокрема програму Clean Industrial Deal, спрямовану на скорочення енергоспоживання, розвиток замкнених виробничих циклів і стимулювання інновацій у галузі сталеливарної та хімічної промисловості. Паралельно діє Affordable Energy Action Plan, який передбачає реформу енергетичного ринку шляхом відокремлення цін на електроенергію від волатильних ринків газу, модернізацію електромереж і спрощення процедур видачі дозволів на інфраструктурні проекти.

У рамках підтримки індустріальної трансформації планується створення *Індустріального банку декарбонізації* з фінансуванням в обсязі 100 млрд євро, який забезпечить кредити для проектів чистої енергетики та стимулювання енергоефективного виробництва²¹. Разом із цим передбачається адаптація правил державної допомоги та їхнє спрощення в частині стратегічних промислових ініціатив.

У середньостроковій перспективі компаніям рекомендовано поглиблено аналізувати структуру ланцюгів постачання та оптимізувати логістичні ризики, що виникають унаслідок воєнних конфліктів і режимів санкцій. У довгостро-

reports/how-to-end-a-decade-of-lost-productivity-growth?utm_source=chatgpt.com

²¹ European Commission (2025, February 26). Clean Industrial Deal: proposal to establish an Industrial Decarbonisation Bank with €100 billion of funding. European Commission Press Corner. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_25_550

ковому вимірі йдеться про необхідність інвестування у виробничі потужності щодо виготовлення мікросхем з урахуванням геополітичної турбулентності. Особливої актуальності набуває розроблення планів на випадок непередбачених обставин, у тому числі пошук альтернативних джерел постачання критично важливих елементів, таких як неон і паладій, а також упровадження форвардних контрактів для захисту від цінових коливань на стратегічні матеріали^{22,23}.

Висновки

Встановлено, що сучасна промислова політика Європейського Союзу, яка являє собою адаптивну відповідь на глобалізаційні виклики, сприяє системному розвитку галузей і підприємств. Інституційна модель ЄС базується на інтеграції соціальних, екологічних і цифрових орієнтирів у стратегії промислового зростання. Наголошено на створенні умов для конкурентоспроможності шляхом вільного обміну технологіями та знаннями, здійснення активної інноваційної політики, підтримки цифровізації економіки та екологізації виробництва. Такий підхід є найближчим до стратегії індустріалізації через інновації, яка орієнтована на посилення глобальних конкурентних переваг підприємств. Визначено, що модель європейської промислової політики характеризується гнучкістю, узгодженістю з принципами сталого розвитку й ефективним використанням ринкових механізмів для модернізації промисловості.

²² World Trade Organization (2024). World Trade Report 2024: Trade and inclusiveness – How to make trade work for all (Executive summary and report). Geneva: WTO. https://www.wto.org/english/res_e/reser_e/wtr24_e/wtr24_e.pdf

²³ Bruegel Institute (2023). Resilience of Global Supply Chain: Facts and Implications. Brussels: Bruegel. <https://www.bruegel.org/report/resilience-global-supply-chain-facts-and-implications>

ЛІТЕРАТУРА

- Биткін С. В., Критська Т. В., Мокій А. І. Відбудова продуктивноспроможної напівпровідникової галузі в контексті подолання негативних тенденцій розвитку промисловості України. *Соціально-економічні проблеми сучасного періоду України* : зб. наук. пр. / ДУ «Інститут регіональних досліджень імені М. І. Долішнього НАН України». Львів, 2022. Вип. 6 (158). С. 3—13. <https://ird.gov.ua/sep/doi/sep2022.06.003>
- Кіндзерський Ю. Промислова політика для економічного розвитку: до проблеми її обґрунтування з позицій світового досвіду та в контексті необхідності використання у воєнний період та при повоєнному відновленні в Україні. *Економічний аналіз*. 2023. Т. 33. № 3. С. 110—129. <https://doi.org/10.35774/econa2023.03.110>

Для України критичним завданням є ідентифікація стратегічно перспективних напрямів відновлення мікроелектронної та силової електроніки з орієнтацією на експортоспроможність і високу додану вартість. Ідеться насамперед про нестандартні технологічні рішення, зокрема радіаційні технології, які можуть стати драйверами формування технологічного суверенітету. Доцільним є застосування методів технологічного маркетингу для підвищення продуктивної спроможності на зовнішніх ринках. Обґрунтовано, що фізико-технологічна спроможність вітчизняного виробництва напівпровідникової техніки має реальний потенціал для відновлення за умови впровадження відповідних організаційно-економічних механізмів підтримки з боку держави.

Описано сучасні тенденції формування промислової політики ЄС у високотехнологічному секторі, зокрема в системному аналізі оновленої стратегії European Industrial Strategy та регуляторного пакета EU Chips Act, що має на меті забезпечення автономності у сфері мікросхем. Геополітичний вимір цієї політики визначає її спрямованість на технологічну незалежність від Китаю, США, Південної Кореї та інших лідерів через розвиток внутрішньоєвропейської виробничої інфраструктури.

Згідно з результатами дослідження доцільним є застосування системного підходу до відновлення напівпровідникової галузі України, зокрема за рахунок виробництва арсеніду галію (GaAs), нітриду галію (GaN), фосфіду індію (InP) та легованого кремнію (SiGe), які мають стратегічне значення для оборонної та цивільної індустрії. Визначено сфери їх потенційного застосування: мобільна комунікація, оптичні та радіолокаційні системи, GPS, високошвидкісна обробка сигналів, космічний зв'язок, компоненти антистелс-технологій, радари на транспорті тощо.

- Шевченко А. В. Напрями та завдання промислової політики України в умовах війни та повоєнного відновлення. *Економіка і організація управління*. 2023. № 3. 128—133. <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2023-3-128-133>
- Bulfone F., Di Carlo D., Bontadini F., Meliciani V. Adjusting to New Geopolitical Realities: Semiconductors Industrial Policy in the US and EU. *Conference: IAI Transatlantic Security Symposium 2023*. 2024. Papers 24, May 13. URL: https://www.researchgate.net/publication/381135135_Adjusting_to_New_Geopolitical_Realities_Semiconductors_Industrial_Policy_in_the_US_and_EU/citations (дата звернення: 02.06.2025).
- Ruck J. A geoeconomic fix? European industrial policy on semiconductors amidst global competition. *Journal of Common Market Studies*. 2024. P. 1—20. <https://doi.org/10.1111/jcms.13710>
- Šmejkal V. The EU Chips Act as a Challenge to Power-Sharing and Convergence within the European Union. *Prague Law Working Papers*. 2024. Series No. III/2. <https://doi.org/10.2139/ssrn.5026448>
- Xiong W., Wu D. D., Yeung J. H. Y. Semiconductor supply chain resilience and disruption: Insights, mitigation, and future directions. *International Journal of Production Research*. 2025. Vol. 63, No. 9. P. 3442—3465. <https://doi.org/10.1080/00207543.2024.2387074>

Надійшла до редакції 24.06.2025 р.
Прийнята до друку 18.07.2025 р.

REFERENCES

- Bytkin, S., Krytska, T., & Moki, A. (2022). Recovery and development of Ukraine's semiconductor industry in a global context. *Sotsialno-ekonomichni problemy suchasnoho periodu Ukrayiny*, 6 (158), 3—13. <https://ird.gov.ua/sep/doi/sep2022.06.003> [in Ukrainian].
- Kindzerskii, Yu. (2023). Industrial policy for economic development: To the problem of its justification from the standpoint of world experience and in the context of the need for use during the war period and post-war recovery in Ukraine. *Economichnyi Analiz*, 33 (3), 110—129. <https://doi.org/10.35774/econa2023.03.110> [in Ukrainian].
- Shevchenko, A. V. (2023). Directions and tasks of Ukraine's industrial policy during war and post-war recovery. *Economics and Management Organization*, 3, 128—133. <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2023-3-128-133> [in Ukrainian].
- Bulfone, F., Di Carlo, D., Bontadini, F., & Meliciani, V. (2024, May 13). Adjusting to New Geopolitical Realities: Semiconductors Industrial Policy in the US and EU. *Conference: IAI Transatlantic Security Symposium 2023*. Papers 24. https://www.researchgate.net/publication/381135135_Adjusting_to_New_Geopolitical_Realities_Semiconductors_Industrial_Policy_in_the_US_and_EU/citations
- Ruck, J. (2024). A geoeconomic fix? European industrial policy on semiconductors amidst global competition. *Journal of Common Market Studies*, 1—20. <https://doi.org/10.1111/jcms.13710>
- Šmejkal, V. (2024). The EU Chips Act as a Challenge to Power-Sharing and Convergence within the European Union. *Prague Law Working Papers*, Series No. III/2. <https://doi.org/10.2139/ssrn.5026448>
- Xiong, W., Wu, D. D., & Yeung, J. H. Y. (2025). Semiconductor supply chain resilience and disruption: Insights, mitigation, and future directions. *International Journal of Production Research*, 63 (9), 3442—3465. <https://doi.org/10.1080/00207543.2024.2387074>

Received 24.06.2025

Accepted 18.07.2025

Maksym V. Utiuzh, postgraduate student

E-mail: utiuzhmv@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0009-9497-0262>

Institute of Industrial Economics of NAS of Ukraine

2 Maria Kapnist Street, Kyiv, 03057, Ukraine

SEMICONDUCTOR INDUSTRY: EU COUNTRIES' EXPERIENCE AND PROSPECTS FOR UKRAINE

The semiconductor industry is a cornerstone of the European Union's economic resilience and technological sovereignty, forming a critical pillar of modern industrial policy. In response to growing geo-economic tensions, supply chain vulnerabilities, and technological dependence on third countries, the EU has intensified its efforts to regain strategic autonomy. These efforts are embodied in the adoption of the EU Chips Act, which provides a comprehensive regulatory and financial framework to expand semiconductor production capacities within the EU. Complementary initiatives include the creation of regional innovation clusters (Silicon Saxony, Grenoble Valley, Eindhoven), the development of next-generation materials such as gallium arsenide (GaAs), silicon-germanium (SiGe), and indium phosphide (InP), and the reduction of critical material dependencies through diversification of imports and strategic partnerships with like-minded nations, including Japan, South Korea, and Taiwan. In this context, the article provides

a systematic analysis of the EU's semiconductor policy and identifies tools that can be adapted to Ukraine's post-war recovery and long-term economic development. Given Ukraine's legacy in microelectronics, scientific potential, and role as a key supplier of rare gases such as neon and palladium, the country possesses the foundations to rebuild a resilient semiconductor ecosystem. The study highlights Ukraine's opportunity to develop specialized production capacities in SiGe-based radiofrequency chips and GaN-based power electronics, which are in high demand for defense, space, and next-generation communication systems. Special attention is paid to institutional constraints, such as underfunded R&D, workforce shortages, and weak IP protection, which hinder Ukraine's technological revival. The paper proposes practical policy recommendations, including the implementation of forward-looking industrial policy, integration into EU value chains, and alignment with European research initiatives (Horizon Europe, Digital Europe). It also emphasizes the importance of building domestic production hubs, developing export-oriented competencies, and leveraging public-private partnerships to attract investments in the semiconductor sector. Overall, the paper underscores the strategic potential of adapting the EU's industrial model to Ukraine's context, advocating for the formation of a high-tech national semiconductor strategy. Such an approach would not only strengthen Ukraine's defense capabilities and economic sovereignty but also position the country as a valuable partner in the broader European technology landscape.

Keywords: industrial policy, semiconductor industry, innovation, technological sovereignty, strategic autonomy, economic security.

<http://doi.org/10.15407/econindustry2025.03.088>

УДК 338.45:621.382:339.9

JEL: D24, L61, M11

Олександр Вікторович КАСПРУК, аспірант

E-mail: o.v.kaspruk@nuwm.edu.ua; <https://orcid.org/0009-0009-4675-6229>

Національний університет водного господарства та природокористування
вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028, Україна

МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ОЦІНЮВАННЯ ОПЕРАЦІЙНОЇ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ НА ПРИКЛАДІ ПІДПРИЄМСТВА З ВИРОБНИЦТВА ЦЕМЕНТУ

Мета статті полягає в удосконаленні методичних засад розрахунку Індексу операційної конкурентоспроможності, який є релевантним для підприємств із виробництва цементу. Для розрахунку Індексу використано низку часткових показників, таких як рентабельність продажів, рентабельність EBITDA, рівень собівартості продукції, рентабельність чистих активів і приріст EBITDA. Апробацію розроблених методичних засад здійснено на прикладі компанії CRH.

Ключові слова: конкурентоспроможність, підприємство, операційна діяльність, активи, собівартість, рентабельність, індекс, виробництво цементу, промисловість.

Сучасний стан цементної промисловості відзначається посиленням конкуренції як на внутрішньому, так і на міжнародному ринках, а також нестабільністю економічного середовища. З урахуванням важливої ролі галузі в розвитку будівельної сфери та інфраструктурних проектів (Станкевич *та ін.*, 2024) забезпечення її стабільного функціонування є ключовим завданням національної економіки. Водночас через високу капіталомісткість, значні витрати на енергоресурси та сировину, а також жорсткі екологічні вимоги підприємства з виробництва цементу постали перед суттєвими викликами щодо конкурентоспроможності.

У даному контексті виникає потреба у використанні комплексних інструментів оцінювання, які дозволяють не лише визначити рівень конкурентоспроможності підприємств із ви-

робництва цементу, а й виявити ключові чинники, що впливають на їхню операційну ефективність. Існуючі підходи до оцінювання конкурентоспроможності підприємств переважно сфокусовані на окремих фінансових або ринкових показниках. Проте такий фрагментарний підхід не дає змоги врахувати комплексність чинників, що впливають на конкурентні позиції підприємств, особливо в складних капіталомістких галузях, таких як цементна промисловість.

У зв'язку з цим актуальним є питання розроблення методичних засад оцінювання конкурентоспроможності, які б поєднували фінансові та економічні параметри. Такий підхід дозволить більш точно відобразити взаємозв'язок між ефективністю виробництва, управлінням витратами та фінансовими результатами, що є

Цитування: Каспрук О.В. Методичні засади оцінювання операційної конкурентоспроможності на прикладі підприємства з виробництва цементу. *Економіка промисловості*. 2025. № 3 (111). С. 88—97. <http://doi.org/10.15407/econindustry.2025.03.088>

© Видавець ВД «Академперіодика» НАН України, 2025. Стаття опублікована на умовах відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

критично важливим для сталого розвитку підприємств із виробництва цементу.

Оцінювання конкурентоспроможності промислових підприємств є важливим напрямом наукових досліджень в Україні та за кордоном. Показники, які застосовуються в рамках загально визнаних методів оцінювання, зазвичай відображають найбільш суттєві аспекти функціонування промислових підприємств. Ці індикатори охоплюють ключові результати їхньої внутрішньої діяльності, вплив чинників зовнішнього середовища, а також оцінюють наявний потенціал для майбутнього розвитку (Семенова & Біленко, 2023; Кравченко *та ін.*, 2024). Водночас підходи до оцінювання конкурентоспроможності промислових підприємств можуть змінюватися залежно від вибору показників, що становлять основу такого оцінювання. Так, Е. Пахуча та В. Бабика (Пахуча & Бабика, 2024) методи оцінювання конкурентоспроможності підприємства класифікують на індексні, матричні, графічні та аналітичні. На думку О. Шапурової, процес оцінювання конкурентоспроможності має враховувати не тільки кількісні й експертні методи — він має бути ширшим і системним. Запропонована авторкою методика оцінювання конкурентоспроможності враховує статистичні методи для рангування (присвоєння бала) та графічну частину бенчмаркінгу (Шапурова, 2018). А. Череп із колегами як основні складові впливу на конкурентоспроможність промислових підприємств визначили обсяг реалізації, чистий прибуток, ринкову частку на ринку продукції, інтенсивність конкуренції в галузі, відношення ринкової частки аналізованого підприємства до лідера ринку (Череп *та ін.*, 2021). А. Суханова стверджує, що існування найрізноманітніших методологічних підходів до оцінювання конкурентоспроможності компанії приводить до виявлення груп методів і загальної класифікації. Основні методи оцінювання конкурентоспроможності компанії базуються на показниках життєвого циклу товару, частки ринку, ефективній теорії конкуренції, конкурентних перевагах, оцінюванні конкурентоспроможності товару тощо (Суханова, 2021).

У роботі (Тукхтенко *et al.*, 2021) використано комплекс методів для оцінювання конку-

рентоспроможності підприємства, зокрема експертні методи — для дослідження впливу ринкових чинників і ресурсного потенціалу на конкурентоспроможність; економіко-математичні методи — для розрахунку інтегрального показника конкурентоспроможності підприємства. При визначенні інтегрального показника конкурентоспроможності підприємства автори застосували таксономічний аналіз із додатковим урахуванням питомої ваги впливу кожного чинника на інтегральний показник конкурентоспроможності підприємства. Слід зауважити, що інтегральний підхід є одним із найбільш поширених при оцінюванні конкурентоспроможності промислових підприємств (Grabowska & Saniuk, 2022; Schaefer *et al.*, 2021; Golovchenko *et al.*, 2022).

У дослідженнях вітчизняних і зарубіжних науковців проблематиці оцінювання конкурентоспроможності підприємств із виробництва цементу приділяється значно менше уваги. Більшість публікацій із даної тематики зосереджені на викликах сталого розвитку для цементної промисловості (декарбонізація, циркулярна економіка) (Qi *et al.*, 2021; Tang *et al.*, 2022; Barbhuiya *et al.*, 2024). Так, для вивчення цього впливу в роботі (Du *et al.*, 2022) побудовано модель системної динаміки для цементного підприємства з трьома підсистемами: «попит і виробництво», «економічна ефективність» та «викиди вуглецю та торгівля викидами вуглецю» на основі теорії конкурентоспроможності компанії. Автори (Tsai & Lin, 2024) пропонують інтегровану імітаційну модель ABC-TOC (Activity-Based Costing - Theory of Constraints), адаптовану до підприємств із виробництва цементу, яка дозволяє оцінити вплив податку на вуглець і витрат на вуглецеві кредити на прибутковість і виробничі рішення, що є критично важливим для конкурентоспроможності в сучасних умовах. Учені також досліджують вплив на конкурентоспроможність підприємств із виготовлення цементу інновацій (Iyobhebhe *et al.*, 2025), інформаційних технологій (Mohd Mansour *et al.*, 2021; Мисник, 2024), штучного інтелекту (Amaugo, 2024).

Таким чином, наразі фактично відсутні комплексні методики оцінювання конкурентоспроможності підприємств з виробництва цементу. Це свідчить про недостатнє теоретичне

та методологічне опрацювання специфічних аспектів конкурентоспроможності в цементній промисловості, яка характеризується значною капітало-, енергоємністю, високим екологічним навантаженням і жорсткою залежністю від будівельного ринку.

Метою статті є вдосконалення методичних засад розрахунку Індексу операційної конкурентоспроможності, який є релевантним для підприємств цементної промисловості.

Для досягнення поставленої мети вирішено такі завдання:

- обрати та обґрунтувати показники для розрахунку Індексу операційної конкурентоспроможності підприємства з виробництва цементу;
- сформулювати Індекс операційної конкурентоспроможності підприємства з виробництва цементу на основі обраних показників;
- виконати апробацію методичних засад оцінювання на прикладі міжнародної корпорації CRH за 2014—2024 рр.;
- визначити переваги практичного застосування даної методики оцінювання конкурентоспроможності підприємства з виробництва цементу.

Для розроблення методичних засад оцінювання конкурентоспроможності підприємства з виробництва цементу доцільно визначити систему показників, яка б відображала найсуттєвіші аспекти його операційної діяльності. Вибір операційної діяльності як центрального об'єкта є обґрунтованим з урахуванням специфіки галузі та сучасних підходів до управління. Операційна діяльність становить основу бізнес-процесів будь-якого підприємства, оскільки саме вона генерує основний дохід через виробництво та реалізацію продукції (Adeniran *et al.*, 2024). Для цементної промисловості, яка є капітало- та енергоємною, ефективність операційних процесів безпосередньо визначає собівартість продукції, що є вирішальним чинником у ценовій конкуренції. Висока ефективність операцій дозволяє мінімізувати витрати, максимізувати обсяги виробництва та, відповідно, генерувати стабільний операційний прибуток. Водночас операційна діяльність безпосередньо контролюється менеджментом підприємства, тож її оцінювання дозволить виявити сильні та слабкі сторони у внутрішній організації діяль-

ності, ефективність управління та здатність до оптимізації виробничих процесів (Sytnyk *et al.*, 2022). На відміну від загальних фінансових показників, операційні показники меншою мірою залежать від впливу фінансової політики, структури капіталу чи податкових аспектів діяльності (Handoyo *et al.*, 2023). Відтак акцент на оцінюванні операційної діяльності дозволить визначити дійсний рівень конкурентоспроможності підприємства з виробництва цементу, оскільки саме операційна складова найбільше відображає внутрішню ефективність функціонування підприємства, його здатність генерувати економічну цінність та адаптуватися до сучасних викликів. Такий підхід забезпечить не лише кількісне оцінювання поточних результатів функціонування підприємства, а й дозволить здійснювати порівняльний аналіз ефективності управління ресурсами та динаміки розвитку.

Визначено п'ять ключових показників для розрахунку Індексу операційної конкурентоспроможності підприємства з виробництва цементу, які складають мінімально можливу сукупність для оцінювання рівня конкурентоспроможності та є релевантними для підприємств цементної галузі. Детальну характеристику зазначених індикаторів, а також аргументацію їхнього включення до методичного інструментарію наведено в табл. 1.

Таким чином, запропоновані показники забезпечують комплексне оцінювання операційної конкурентоспроможності підприємства цементної промисловості з урахуванням як поточної ефективності діяльності, так і потенціалу до зростання та адаптації до змін. Побудова Індексу операційної конкурентоспроможності базується на агрегуванні окремих часткових показників. Для їхнього коректного агрегування застосовано процедуру нормалізації, що дозволяє уніфікувати шкали вимірювання, забезпечуючи порівняльність і збалансованість внеску кожного показника в інтегральний індекс. Нормалізацію виконано з використанням методу «мінімакс», який є одним із найпоширеніших та інтуїтивно зрозумілих способів нормалізації. Його сутність полягає в масштабуванні початкових значень кожного показника до діапазону від 0 до 1 на основі мінімального та максимального значень цього показника в досліджуваній сукупності. Для по-

Таблиця 1. Характеристика показників для розрахунку Індексу операційної конкурентоспроможності підприємства з виробництва цементу

Показник	Умове позначення	Характеристика
Рентабельність продажів, %	X ₁	Рентабельність продажів є ключовим індикатором економічної ефективності, що характеризує рівень прибутковості операційної діяльності з урахуванням усіх витрат, податків і відсоткових зобов'язань. Для підприємств цементної промисловості, що функціонують у середовищі з високим рівнем конкуренції та значними коливаннями цін на енергоносії та сировину, здатність генерувати прибуток із кожної гривні реалізованої продукції є критично важливою
Рентабельність EBITDA, %	X ₂	Рентабельність EBITDA характеризує ефективність основної господарської діяльності підприємства до вирахування фінансових витрат і податкових зобов'язань. Цей показник дозволяє порівнювати підприємства з різною капітальною структурою та податковим навантаженням, що особливо важливо в промислових секторах із високими амортизаційними витратами. Урахування EBITDA дає змогу усунути вплив різних облікових політик і показати реальну операційну ефективність підприємства. У випадку підприємств цементної промисловості, де значні інвестиції в обладнання та інфраструктуру формують високі амортизаційні витрати, цей показник є більш точним мірилом ефективності
Рівень собівартості продукції, %	X ₃	Рівень собівартості є ключовим показником ефективності виробничих процесів. У цементній промисловості цінова конкуренція є критично важливою через стандартизований продукт, тому витрати на виробництво (собівартість) безпосередньо впливають на можливість встановлювати ринкову ціну. Підприємства з нижчою собівартістю можуть витримати ринкові коливання, залишаючись при цьому прибутковими. Відтак даний показник безпосередньо впливає на здатність підприємства конкурувати на ринку виробництва цементу. Рівень собівартості є показником-дестимулятором, тобто чим менше значення показника, тим ефективніше працює підприємство, оскільки воно витрачає менше коштів на виробництво одиниці продукції
Рентабельність чистих активів (RONA), %	X ₄	Рентабельність чистих активів виступає важливим компонентом оцінювання операційної конкурентоспроможності в умовах цементного виробництва, де ключовим чинником є ефективність використання ресурсів у капіталомісткому середовищі. Оскільки діяльність підприємств із виробництва цементу характеризується значними інвестиціями в обладнання, інфраструктуру та технології, їхня здатність отримувати прибуток на вкладені активи є критичним критерієм оцінювання конкурентоспроможності. RONA в цьому контексті відображає не лише фінансову результативність, а й рівень операційної раціональності — наскільки ефективно підприємство експлуатує свої основні фонди в поєднанні з оборотним капіталом. З урахуванням специфіки цементної промисловості саме RONA забезпечує глибше розуміння стратегічної спроможності підприємства утримувати стабільні конкурентні позиції на ринку
Приріст EBITDA, %	X ₅	Показник приросту EBITDA відображає операційну ефективність і стійкість бізнесу. Це ключовий показник у фінансовому аналізі конкурентоспроможності — він використовується інвесторами, аналітиками, рейтинговими агентствами. Для цементної промисловості з її значними капіталовкладеннями та операційними витратами саме динаміка EBITDA демонструє, наскільки успішно підприємство оптимізує виробничі процеси і збільшує свою операційну рентабельність із часом. Аналіз темпів приросту цього показника дозволяє оцінити стійкість бізнес-моделі та потенціал підприємства для довгострокового зростання, що є критично важливим у контексті підтримки конкурентних позицій на ринку цементу

Джерело: розроблено автором.

казників-стимуляторів (X_1, X_2, X_4, X_5) нормалізоване значення обчислюється за формулою:

$$X_i^{\text{норм}} = \frac{X_i - X_{\text{мін}}}{X_{\text{макс}} - X_{\text{мін}}},$$

де X_i — фактичне значення показника підприємства з виробництва цементу в i -му році; $X_{\text{макс}}$ — максимальне значення показника в загальній сукупності років; $X_{\text{мін}}$ — мінімальне значення показника в загальній сукупності років.

Для показника-дестимулятора (X_3) формула трансформується таким чином:

$$X_i^{\text{норм}} = \frac{X_{\text{макс}} - X_i}{X_{\text{макс}} - X_{\text{мін}}},$$

У результаті всі нормалізовані показники набувають значень у межах від 0 до 1, де 1 відповідає найкращому результату серед досліджуваної сукупності, а 0 — найгіршому.

Після нормалізації окремих показників Індекс операційної конкурентоспроможності підприємства з виробництва цементу розраховується як просте середнє значення нормалізованих компонентів

$$IOK_i = \frac{\sum_{j=1}^n X_{ij}^{\text{норм}}}{n},$$

де IOK_i — значення Індeksu операційної конкурентоспроможності підприємства з виробництва цементу в i -му році; $n=5$ — кількість часткових показників; $X_{ij}^{\text{норм}}$ — нормалізоване значення j -го показника для підприємства в i -му році.

Таким чином, Індекс операційної конкурентоспроможності відображає сутність і цілі показника, який розробляється для комплексного оцінювання ефективності діяльності підприємства цементної промисловості. Конкурентоспроможність у цьому контексті розглядається через призму операційних результатів, що є критично важливими для сталого розвитку та позиціонування підприємства на ринку.

Запропонований індекс урахує специфіку цементного виробництва шляхом включення ключових показників, які відображають капіталомісткість і високу енергоємність галузі. Значну увагу приділено собівартості продукції, оскільки ефективне управління витратами є критичним чинником конкурентоспроможності в цьому ресурсозалежному секторі. Показник рентабельності EBITDA дозволяє оцінити операційну ефективність підприємства з

урахуванням особливостей виробничих процесів. Приріст EBITDA відображає здатність підприємства адаптуватися до змін ринкової кон'юнктури та впроваджувати інновації для покращення фінансових результатів. Таким чином, індекс забезпечує комплексне оцінювання конкурентоспроможності, враховуючи як фінансові, так і операційні аспекти, характерні саме для цементної промисловості.

Для підтвердження практичної придатності та аналітичного потенціалу розробленого Індeksu операційної конкурентоспроможності підприємства з виробництва цементу здійснено його апробацію на прикладі одного з провідних гравців світового ринку цементу — міжнародної корпорації CRH plc. CRH — активний постачальник рішень у сфері будівельних матеріалів, налічує 80 тис. найманих працівників у понад 3800 операційних точках у 28 країнах, займає лідерські позиції на ринку Північної Америки та Європи¹. Дослідження рівня операційної конкурентоспроможності охоплює період з 2014 по 2024 р., що дозволило проаналізувати динаміку ключових параметрів операційної діяльності підприємства в умовах змін кон'юнктури ринку, пандемійних викликів і макроекономічної нестабільності. Фактичні, мінімальні, максимальні та нормалізовані значення показників, а також значення IOK у 2014—2024 рр. наведено в табл. 2.

На основі виконаних розрахунків Індeksu операційної конкурентоспроможності компанії CRH за 2014—2024 рр. виявлено поступове та переважно стабільне зростання інтегрального показника. Така динаміка відображає позитивні зміни у внутрішніх управлінських процесах, раціоналізацію витрат, підвищення ефективності діяльності. Початково низьке значення IOK у 2014 р. вказує на наявність внутрішніх резервів і необхідність удосконалення операційної моделі, тоді як подальше покращення свідчить про реалізацію ефективних управлінських рішень, спрямованих на зміцнення конкурентних позицій компанії. У період 2017—2020 рр. значення IOK коливалося в межах 0,384—0,574, що свідчить про стабілізацію операційної ефективності на досягнутому рівні з одночасною реакцією на галузеві виклики та коливання попиту на ринку цементу. Водночас з 2022 р. спо-

¹ CRH (2025). At a Glance. <https://www.crh.com/about-crh/at-a-glance> (дата звернення: 06.06.2025).

Таблиця 2. Розрахунок Індексу операційної конкурентоспроможності компанії CRH у 2014—2024 рр.

Рік	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₁ ^{норм}	X ₂ ^{норм}	X ₃ ^{норм}	X ₄ ^{норм}	X ₅ ^{норм}	ІОК
2014	3,09	8,68	71,00	7,40	11,25	0,000	0,000	0,000	0,000	0,306	0,061
2015	3,08	9,39	69,36	7,60	35,22	0,000	0,066	0,244	0,025	1,000	0,267
2016	5,12	12,02	66,83	9,70	34,29	0,232	0,310	0,622	0,284	0,973	0,484
2017	7,61	12,47	67,02	10,60	5,57	0,514	0,351	0,593	0,395	0,141	0,399
2018	9,41	12,56	67,76	9,60	6,96	0,719	0,359	0,484	0,272	0,181	0,403
2019	6,18	15,92	67,04	10,00	33,08	0,352	0,670	0,591	0,321	0,938	0,574
2020	4,22	16,78	66,79	10,10	3,39	0,129	0,750	0,628	0,333	0,078	0,384
2021	8,46	17,27	66,15	12,30	15,55	0,611	0,795	0,724	0,605	0,430	0,633
2022	11,88	16,47	66,95	13,30	0,71	1,000	0,721	0,604	0,728	0,000	0,611
2023	8,79	17,67	65,77	15,30	14,63	0,648	0,832	0,780	0,975	0,403	0,728
2024	9,90	19,48	64,29	15,50	12,21	0,774	1,000	1,000	1,000	0,333	0,821
Максимальне значення	11,88	19,48	71,00	15,50	35,22	-	-	-	-	-	0,821
Мінімальне значення	3,08	8,68	64,29	7,40	0,71	-	-	-	-	-	0,061

Джерело: розраховано за даними CRH (2024). 2024 Annual Report. URL: <https://www.crh.com/media/5582/crh-2024-annual-report.pdf>; CRH (2021). 2021 Annual Report and Form 20-F. URL: <https://www.crh.com/media/4081/crh-annual-report-2021.pdf>; CRH (2018). 2018 Annual Report and Form 20-F. URL: <https://www.crh.com/media/1019/2018-annual-report-20-f.pdf>; CRH (2015). 2015 Annual Report. URL: <https://www.crh.com/media/1492/2015-annual-report.pdf>

стерігається чітка тенденція до зростання індексу. Так, у 2022 р. значення становило 0,611, у 2023 р. — 0,728, а в 2024 р. — 0,821. Відтак можна стверджувати, що динаміка ІОК за аналізований період є індикатором позитивної трансформації операційної моделі компанії CRH, що відображає її здатність до адаптації, інноваційного розвитку й ефективного використання внутрішнього потенціалу для забезпечення стійкої конкурентної переваги.

Таким чином, Індекс операційної конкурентоспроможності демонструє високу аналітичну цінність як інструмент оцінювання здатності підприємства з виробництва цементу ефективно функціонувати в умовах складного та мінливого ринкового середовища. Його застосування забезпечує комплексне уявлення про реальний стан внутрішньої ефективності діяльності, дозволяє не лише відстежувати тенденції розвитку, а й своєчасно ідентифікувати напрями для підвищення операційної результативності. У даному контексті важливо окреслити ключові переваги застосування ІОК як інструменту оцінювання реального рівня конкурентоспроможності підприємства цементної промисловості, а саме:

- комплексність оцінювання — ІОК охоплює ключові аспекти операційної діяльності, що дозволяє уникнути однобічності аналізу, притаманної методам, заснованим лише на фінансових або ринкових показниках;

- адаптивність до специфіки галузі — урахування рентабельності та собівартості як визначальних характеристик капіталомісткої та енерговитратної цементної галузі, що робить індекс релевантним саме для підприємств даного сектору;

- простота розрахунку та інтерпретації — розрахунок ІОК ґрунтується на відкритих даних річних звітів підприємств із виробництва цементу та передбачає використання прозорого методу нормалізації (мінмакс), що забезпечує простоту й ефективність практичного застосування в практичній діяльності підприємств, інвесторів та аналітиків;

- динамічний характер — використання показника приросту ЕВІТДА дозволяє не лише фіксувати статичний стан конкурентоспроможності, а й відстежувати його зміну в часовому розрізі, що є важливим для стратегічного планування.

Висновки

У результаті дослідження розроблено методичні засади оцінювання конкурентоспроможності підприємства з виробництва цементу шляхом побудови Індексу операційної конкурентоспроможності, який поєднує п'ять ключових показників: рентабельність продажів, рентабельність ЕВІТДА, рівень собівартості продукції, рентабельність чистих активів і приріст ЕВІТДА. Така структура індексу забезпечує комплексне охоплення як прибутковості, так і ефективності витрат та динаміки розвитку підприємства. На відміну від традиційних методик, де оцінка базується лише на кінцевих фінансових результатах, запропонований індекс ураховує внутрішню операційну ефективність, що є критично важливою в умовах високої ресурсоемності та нестабільного зовнішнього середовища.

Розроблений Індекс операційної конкурентоспроможності може ефективно використовуватись як аналітичний інструмент для оцінювання та моніторингу діяльності підприємства цементної промисловості. Індекс дає змогу об'єктивно відстежувати зміни в операційній ефективності підприємства на тлі коливань ринкового середовища, цін на енергоносії, логістичних витрат і сировинних ресурсів, які є критичними для цементної промисловості. Аналітична структура індексу дозволяє ідентифікувати слабкі ланки в системі управління витратами чи прибутковістю, що сприятиме формуванню обґрунтованих управлінських рішень. Крім того, даний індекс може служити інструментом бенчмаркінгу: по-

рівняння показників діяльності підприємств цементної промисловості за однаковою методикою дозволить виявити лідерів та аутсайдерів, а також діагностувати чинники їхньої конкурентної переваги чи навпаки — відставання. Для інвесторів наявність інтегрального показника конкурентоспроможності спрощує оцінювання ефективності використання ресурсів і потенціалу підприємства. Індекс операційної конкурентоспроможності також може бути інтегрований у системи внутрішнього моніторингу підприємства — як складова збалансованої системи показників (Balanced Scorecard) або моделі КРІ, що уможливорює поєднання стратегічних цілей з операційними результатами.

У подальших дослідженнях доцільно не лише розширити спектр аналізу, включаючи соціальні й екологічні аспекти діяльності підприємства з виробництва цементу, але і враховувати взаємозв'язки між окремими показниками, які формують Індекс операційної конкурентоспроможності. Зокрема, необхідно дослідити взаємодію показників, оскільки недооцінка взаємного впливу може спричинити некоректну оцінку їхнього внеску в загальний результат. Особливого значення набуває аналіз впливу практик корпоративної соціальної відповідальності та соціальних інвестицій на економічні результати й операційну стійкість підприємств. Такий багатofакторний і системний підхід відповідає сучасним тенденціям, які акцентують увагу на ESG-критеріях як на ключових детермінантах операційної ефективності та інвестиційної привабливості підприємств цементної промисловості.

ЛІТЕРАТУРА

- Кравченко М. С., Будагян А. С., Ревякін О. О. Управління конкурентними потенціалом та стратегією промислових підприємств. *Економічний вісник Донбасу*. 2024. № 1—2 (75—76). С. 92—97. [https://doi.org/10.12958/1817-3772-2024-1-2\(75-76\)-92-97](https://doi.org/10.12958/1817-3772-2024-1-2(75-76)-92-97)
- Мисник К. П. Інтеграція механізму цифрового економічного форензіку в систему управління підприємствами. *Економіка промисловості*. 2024. № 2 (106). С. 64—76. <http://doi.org/10.15407/econindustry2024.02.064>
- Пахуча Е. В., Бабука В. О. Методичні засади оцінки конкурентоспроможності підприємства як критерію стійкості бізнесу. *Ефективна економіка*. 2024. № 1. <https://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.1.63>
- Семенова Т., Біленко О. Оцінка конкурентоспроможності промислового підприємства. *Економічний простір*. 2023. № 188. С. 137—141. <https://doi.org/10.32782/2224-6282/188-23>
- Станкевич І. В., Яцкевич І. В., Ширяєва Н. Ю., Сахацький М. П., Сакун Г. О., Бедрій Д. І., Окландер І. М. *Будівельні організації: сучасні тренди, виклики та трансформації в цифрових умовах ведення бізнесу*: монографія. Одеса: ОДАБА, 2024. 198 с.
- Суханова А. Методичні підходи до оцінювання конкурентоспроможності підприємства. *Економіка та суспільство*. 2021. № 26. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-26-62>
- Череп А., Берідзе Т., Бараник З., Корінев В., Дашко І. Assessment of the competitiveness of industrial enterprise activities. *Фінансово-кредитна діяльність: проблеми теорії і практики*. 2021. № 3 (38). С. 272—280. <https://doi.org/10.18371/fcaptr.v3i38.237457>

- Шапурова О. О. Методи оцінки конкурентоспроможності промислових підприємств. *Вісник ХДУ. Серія Економічні науки*. 2018. № (31). С. 152—155. URL: <https://ej.journal.kspu.edu/index.php/ej/article/view/390> (дата звернення: 04.06.2025).
- Adeniran I. A., Efunniyi C. P., Osundare O. S., Abhulimen A. O., OneAdvanced U. K. The role of data science in transforming business operations: Case studies from enterprises. *Computer Science & IT Research Journal*. 2024. Vol. 5, Iss. 8. <https://doi.org/10.51594/csitrj.v5i8.1490>
- Amaugo O. Impact of AI Adoption on Business Process Automation and Competitiveness in Manufacturing Industry in Nigeria. *International Journal of Research and Innovation in Social Science*. 2024. Vol. 8, Iss. 3s. P. 5321—5330. <https://dx.doi.org/10.47772/IJRISS.2024.803398S>
- Barbhuiya S., Das B. B., Adak D. Roadmap to a net-zero carbon cement sector: Strategies, innovations and policy imperatives. *Journal of Environmental Management*. 2024. Vol. 359. Art. 121052. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121052>
- Du J., Zhao M., Zhu J. The Impact of carbon quota benchmark allocation on cement company competitiveness: A system dynamics approach. *Buildings*. 2022. Vol. 12, Iss. 10. Art. 1599. <https://doi.org/10.3390/buildings12101599>
- Golovchenko O., Saiensus M., Sorokoumov H. V., Onofriichuk O., Zubko O., Liu L. Management of efficiency and competitiveness of enterprises. *Economic Affairs*. 2022. Vol. 67, No. 03. P. 317—326. <https://doi.org/10.46852/0424-2513.3.2022.24>
- Grabowska S., Saniuk S. Assessment of the competitiveness and effectiveness of an open business model in the Industry 4.0 environment. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*. 2022. Vol. 8, Iss. 1. Art. 57. <https://doi.org/10.3390/joitmc8010057>
- Handoyo S., Suharman H., Ghani E. K., Soedarsono S. A business strategy, operational efficiency, ownership structure, and manufacturing performance: The moderating role of market uncertainty and competition intensity and its implication on open innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*. 2023. Vol. 9, Iss. 2. Art. 100039. <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100039>
- Iyobhebhe I., Majekodunmi S. A., Ogundele J. I. Innovation and organization competitiveness: a study of Dangote Cement Plc., Nigeria. *Jurnal Intelek*. 2025. Vol. 20, Iss. 1. P. 1—11. <https://doi.org/10.24191/ji.v20i1.3766>
- Moh'd Mansour A. M., Qtaishat H. R., Samara E. A. J., Al Husamie R. Y. Information technology practice in cement industry. *WSEAS Transactions on Business and Economics*. 2021. Vol. 18. P. 855—864. <https://doi.org/10.37394/23207.2021.18.81>
- Qi S. Z., Zhou C. B., Li K., Tang S. Y. The impact of a carbon trading pilot policy on the low-carbon international competitiveness of industry in China: An empirical analysis based on a DDD model. *Journal of Cleaner Production*. 2021. Vol. 281. Art. 125361. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125361>
- Schaefer J. L., Baierle I. C., Sellitto M. A., Siluk J. C. M., Furtado J. C., Nara, E. O. B. Competitiveness scale as a basis for Brazilian small and medium-sized enterprises. *Engineering Management Journal*. 2021. Vol. 33, Iss. 4. P. 255—271. <https://doi.org/10.1080/10429247.2020.1800385>
- Sytnyk H., Silakova H., Blazhenko S. Controlling of operational activity of trade enterprises. *Scientia fructuosa*. 2022. Vol. 6. P. 35—48. [https://doi.org/10.31617/1.2022\(146\)03](https://doi.org/10.31617/1.2022(146)03)
- Tang Y., Xia N., Varga L., Tan Y., Hua X., Li, Q. Sustainable international competitiveness of regional construction industry: Spatiotemporal evolution and influential factor analysis in China. *Journal of Cleaner Production*. 2022. Vol. 337. Art. 130592. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130592>
- Tsai W. H., Lin, W. H. Production Decision Model for the Cement Industry in Pursuit of Carbon Neutrality: Analysis of the Impact of Carbon Tax and Carbon Credit Costs. *Sustainability*. 2024. Vol. 16, Iss. 6. Art. 2251. <https://doi.org/10.3390/su16062251>
- Тюкхтенко Н., Макаренко С., Олійник Н., Португал Е. Innovative approaches to enterprise competitiveness assessment. *Marketing and Management of Innovations*. 2021. Iss. 1. P. 278—289. <https://doi.org/10.21272/mmi.2021.1-21>

Надійшла до редакції 13.06.2025 р.

Прийнята до друку 09.07.2025 р.

REFERENCES

- Kravchenko, M. S., Budagyan, A. S., & Revyakin, O. O. (2024). Management of competitive potential and strategy of industrial enterprises. *Economichnyi visnyk Donbasu*, 1—2 (75—76), 92—97. [https://doi.org/10.12958/1817-3772-2024-1-2\(75-76\)-92-97](https://doi.org/10.12958/1817-3772-2024-1-2(75-76)-92-97) [in Ukrainian].
- Mysnyk, K. P. (2024). Integration of the mechanism of digital economic forensics into the enterprise management system. *Econ. promysl.*, 2 (106), 64—76. <http://doi.org/10.15407/econindustry2024.02.064> [in Ukrainian].
- Pahucha, E. V., & Babyka, V. O. (2024). Methodological principles of assessing the competitiveness of an enterprise as a criterion of business sustainability. *Effectivna Economica*, 1, <https://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.1.63> [in Ukrainian].
- Semenova, T., & Bilenko, O. (2023). Assessment of the competitiveness of an industrial enterprise. *Economichnyi prostir*, 188, 137—141. <https://doi.org/10.32782/2224-6282/188-23> [in Ukrainian].
- Stankevich, I. V., Yatskevich, I. V., Shiryayeva, N. Yu., Sakhatsky, M. P., Sakun, G. O., Bedriy, D. I., & Oklander, I. M. (2024). Construction organizations: modern trends, challenges and transformations in digital business conditions: monograph. *Odesa: ODABA* [in Ukrainian].

- Sukhanova, A. (2021). Methodological approaches to assessing the competitiveness of an enterprise. *Economica ta sus-pilstvo*, 26. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-26-62> [in Ukrainian].
- Cherep, A., Beridze, T., Baranyk, Z., Korinyev, V., & Dashko, I. (2021). Assessment of the competitiveness of industrial enterprise activity. *Finansovo-kredytna diialnist: problemy teorii ta praktyky*, 3 (38), 272—280. <https://doi.org/10.18371/fcaptop.v3i38.237457> [in Ukrainian].
- Shapurova, O. O. (2018). Methods of assessing the competitiveness of industrial enterprises. *Visnyk KhDU. Serii Ekonomichni nauky*, 31, 152—155. <https://ejournal.kspu.edu/index.php/ej/article/view/390> [in Ukrainian].
- Adeniran, I. A., Efunniyi, C. P., Osundare, O. S., Abhulimen, A. O., & OneAdvanced, U. K. (2024). The role of data science in transforming business operations: Case studies from enterprises. *Computer Science & IT Research Journal*, 5 (8). <https://doi.org/10.51594/csitrj.v5i8.1490>
- Amaugo, O. (2024). Impact of AI Adoption on Business Process Automation and Competitiveness in Manufacturing Industry in Nigeria. *International Journal of Research and Innovation in Social Science*, 8 (3s), 5321—5330. <https://dx.doi.org/10.47772/IJRISS.2024.803398S>
- Barbhuiya, S., Das, B. B., & Adak, D. (2024). Roadmap to a net-zero carbon cement sector: Strategies, innovations and policy imperatives. *Journal of Environmental Management*, 359, 121052. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121052>
- Du, J., Zhao, M., & Zhu, J. (2022). The Impact of carbon quota benchmark allocation on cement company competitiveness: A system dynamics approach. *Buildings*, 12 (10), 1599. <https://doi.org/10.3390/buildings12101599>
- Golovchenko, O., Saiensus, M., Sorokoumov, H. V., Onofriichuk, O., Zubko, O., & Liu, L. (2022). Management of efficiency and competitiveness of enterprises. *Economic Affairs*, 67 (03), 317—326. <https://doi.org/10.46852/0424-2513.3.2022.24>
- Grabowska, S., & Saniuk, S. (2022). Assessment of the competitiveness and effectiveness of an open business model in the industry 4.0 environment. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 8 (1), 57. <https://doi.org/10.3390/joitmc8010057>
- Handoyo, S., Suharman, H., Ghani, E. K., & Soedarsono, S. (2023). A business strategy, operational efficiency, ownership structure, and manufacturing performance: The moderating role of market uncertainty and competition intensity and its implication on open innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 9 (2), 100039. <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100039>
- Iyobhebhe, I., Majekodunmi, S. A., & Ogundele, J. I. (2025). Innovation and organization competitiveness: a study of Dangote Cement Plc., Nigeria. *Jurnal Intelek*, 20 (1), 1—11. <https://doi.org/10.24191/ji.v20i1.3766>
- Moh'd Mansour, A. M., Qtaishat, H. R., Samara, E. A. J., & Al Husamie, R. Y. (2021). Information technology practice in cement industry. *WSEAS Transactions on Business and Economics*, 18, 855—864. <https://doi.org/10.37394/23207.2021.18.81>
- Qi, S. Z., Zhou, C. B., Li, K., & Tang, S. Y. (2021). The impact of a carbon trading pilot policy on the low-carbon international competitiveness of industry in China: An empirical analysis based on a DDD model. *Journal of Cleaner Production*, 281, 125361. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125361>
- Schaefer, J. L., Baierle, I. C., Sellitto, M. A., Siluk, J. C. M., Furtado, J. C., & Nara, E. O. B. (2021). Competitiveness scale as a basis for Brazilian small and medium-sized enterprises. *Engineering Management Journal*, 33 (4), 255—271. <https://doi.org/10.1080/10429247.2020.1800385>
- Sytnyk, H., Silakova, H., & Blazhenko, S. (2022). Controlling of operational activity of trade enterprises. *Scientia fructuosa*, 6, 35—48. [https://doi.org/10.31617/1.2022\(146\)03](https://doi.org/10.31617/1.2022(146)03)
- Tang, Y., Xia, N., Varga, L., Tan, Y., Hua, X., & Li, Q. (2022). Sustainable international competitiveness of regional construction industry: Spatiotemporal evolution and influential factor analysis in China. *Journal of Cleaner Production*, 337, 130592. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130592>
- Tsai, W. H., & Lin, W. H. (2024). Production Decision Model for the Cement Industry in Pursuit of Carbon Neutrality: Analysis of the Impact of Carbon Tax and Carbon Credit Costs. *Sustainability*, 16 (6), 2251. <https://doi.org/10.3390/su16062251>
- Tyukhtenko, N., Makarenko, S., Oliinyk, N., & Portugal, E. (2021). Innovative approaches to enterprise competitiveness assessment. *Marketing and Management of Innovations*, 1, 278—289. <https://doi.org/10.21272/mmi.2021.1-21>

Received: 13.06.2025

Accepted: 09.07.2025

Oleksandr V. Kaspruk, postgraduate student

E-mail: o.v.kaspruk@nuwm.edu.ua; <https://orcid.org/0009-0009-4675-6229>

National University of Water and Environmental Engineering
11 Soborna Str., Rivne, 33028, Ukraine

METHODICAL PRINCIPLES OF ASSESSING OPERATIONAL COMPETITIVENESS ON THE EXAMPLE OF AN ENTERPRISE FOR CEMENT PRODUCTION

The purpose of the article is to develop methodological principles for assessing the competitiveness of a cement production enterprise based on the calculation of the Operational Competitiveness Index. A number of partial indicators were used to calculate the Index, in particular, sales profitability, EBITDA profitability, production cost level, profitability of net assets and EBITDA growth, since they comprehensively reflect the operational efficiency of the enterprise in conditions of capital-intensive production. In the cement industry, which is characterized by a high level of energy consumption, significant material intensity and sensitivity to cost fluctuations, these indicators allow an objective assessment of the enterprise's ability to maintain sustainable profitability. The proposed indicators provide a comprehensive assessment of the operational competitiveness of a cement industry enterprise, taking into account both current operational efficiency and the potential for growth and adaptation to changes. The construction of the Operational Competitiveness Index is based on the aggregation of individual partial indicators. For their correct aggregation, the author applied the normalization procedure using the "minimax" method. In order to confirm the practical applicability and analytical potential of the developed Operational Competitiveness Index of a cement manufacturing enterprise, the author tested it on the example of one of the leading players in the global cement market - the international corporation CRH plc. Based on the calculations of the Operational Competitiveness Index of CRH for the period 2014–2024, a gradual and mostly stable growth of the integral indicator was revealed. Such dynamics reflects positive changes in internal management processes, cost rationalization, and increased efficiency of operations. The developed Operational Competitiveness Index can be effectively used as an analytical tool for assessing and monitoring the activities of a cement industry enterprise. The index makes it possible to objectively track changes in the operational efficiency of the enterprise against the background of fluctuations in the market environment, in particular energy prices, logistics costs and raw materials, which are critical for the cement industry. The analytical structure of the index allows identifying weak links in the cost or profitability management system, which will contribute to the formation of sound management decisions.

Keywords: competitiveness, enterprise, operating activities, assets, cost, profitability, index, cement production, industry.

