

ТРАНСФОРМАЦІЙНИЙ ВПЛИВ ІНДУСТРІЇ 4.0 НА ГЛОБАЛЬНІ МЕРЕЖІ ВИРОБНИЦТВА ТА ЛАНЦЮГИ ВАРТОСТІ

Розкрито особливості трансформаційного впливу Індустрії 4.0 на цифрові екосистеми у межах глобальних мереж виробництва. Проаналізовано напрями горизонтального та вертикального оцифрування ланцюгів вартості компаній на шляху до цифрового лідерства та інтегрованої екосистеми. Розроблено матрицю мережевої готовності та доданої вартості у промисловості країн Європи.

Ключові слова: Індустрія 4.0, глобальні мережі виробництва, оцифрування ланцюгів вартості, цифрові екосистеми, мережева готовність.

JEL: F62, L60, O140.

Розвиток інновацій розширює географічні межі компаній та сприяє їх експансії, що змінює структуру світового виробництва та торгівлі внаслідок формування глобальних ланцюгів вартості (ГЛВ). Ланцюг вартості включає повний спектр процесів, які компанії в усьому світі виконують для виробництва та кінцевого використання продукції [1]. Реконфігурація секторів промисловості призвела до географічної фрагментації виробництва та зростання вертикальної спеціалізації ланцюгів постачань і глобальних мереж виробництва.

Стрімкий розвиток інформаційних технологій дозволив суттєво вдосконалити процес управління виробництвом, оптимізувати та автоматизувати його ланки, а також підвищити ефективність контролю за якістю [2]. На сьогодні практично всі ланки створення доданої вартості включно з розробкою, дизайном, виготовленням, тестуванням, маркетингом та

реалізацією можливо перевести у цифровий формат, а розвиток «Інтернету речей» дозволяє налагодити взаємодію між машинами та людьми з небувалою до цього точністю й ефективністю [3]. Це зменшує витрати, пришвидшує шлях від створення до виготовлення і продажу нових видів продукції, оптимізує та координує взаємодію з постачальниками і партнерами, спрощує адміністрування й можливість кастомізації продуктів для кращого задоволення потреб споживачів [4]. Упровадження таких фундаментальних інновацій у практику спричинить суттєве переформатування структури світової економіки та ГЛВ, що важливо враховувати в економічній політиці держави в умовах реформування та пошуку моделей сталого розвитку на основі інноваційно-інвестиційного підходу [5]. Сучасна світова промисловість перебуває ще переважно на стадії 3.0 [6, с. 20], але трансформація найближчі 10 років є не-

минуваю, тому усвідомлення, передбачення даного процесу та створення умов для підвищення конкурентоспроможності вітчизняної економіки в умовах Індустрії 4.0 є одним із головних економічних завдань уряду України.

Світові лідери промисловості переводять у цифровий формат основні функції виробництва у межах внутрішніх вертикальних та зовнішніх горизонтальних операційних процесів, що формують глобальний ланцюг вартості [2]. Окрім того, активно розширюється пропозиція товарів і послуг з упровадженням й удосконаленням, зокрема, інноваційних послуг, що базуються на цифрових технологіях. З 2011 р. у Німеччині започатковано ініціативу "Індустрія 4.0" (англ. Industry 4.0) з основним акцентом на систематичних взаємозв'язках існуючих виробничих систем у новому "проекті майбутнього": поєднання технологій, інформаційних систем, людського капіталу, процесів регулювання та стандартизації [3, с. 6]. Автономні виробничі системи відіграють вирішальну роль у формуванні ГЛВ, оскільки забезпечують: а) горизонтальну інтеграцію через мережі та ланцюги вартості; 2) комплексну цифрову інтеграцію технологій уздовж цілого ланцюга вартості; 3) вертикальну інтеграцію та мережеві системи виробництва [4].

Глобальні тенденції впровадження цифрових інновацій сприяють переходу успішних промислових компаній на новий рівень, основою якого є фізичні товари, доповнені цифровими інтерфейсами та інноваційними послугами [7]. Згідно з результатами дослідження Pricewaterhouse Coopers (PwC), що охопили понад дві тисячі компаній серед дев'яти основних промислових секторів у 26 країнах, понад 70% планують зайняти передові позиції ринку завдяки впровадженню цифрових технологій [2]. Цифрові компанії працюватимуть разом із спожи-

вачами та постачальниками у промислових цифрових екосистемах¹.

Сьогодні автоматизація виробництва є вирішальним чинником міжнародної конкурентоспроможності та продуктивності. Упровадження нових технологій Індустрії 4.0 видозмінює структуру процесів виробництва та веде до скорочення ГЛВ внаслідок повернення виробництва у розвинені країни (решорингу). Вагомий внесок у дослідження питань впливу Індустрії 4.0 на ГЛВ здійснили експерти Всесвітнього економічного форуму (описано вплив новітніх технологій на ланцюги вартості, логістику й управління ланцюгами постачань [9]; проаналізовано роль 3D-друку у промисловому виробництві [5]); фахівці агентства PwC (досліджено переваги оцифрування горизонтальних і вертикальних ланцюгів вартості компаній [2] та оцінено вплив промислового Інтернету на ГЛВ [10]); експерти Deloitte (запропоновано алгоритм побудови "смарт" ланцюгів постачань [11]) та ін. Однак з урахуванням динамічності розвитку мережевої структури Індустрії 4.0 та її значного впливу на ГЛВ ця тема потребує подальшого аналізу.

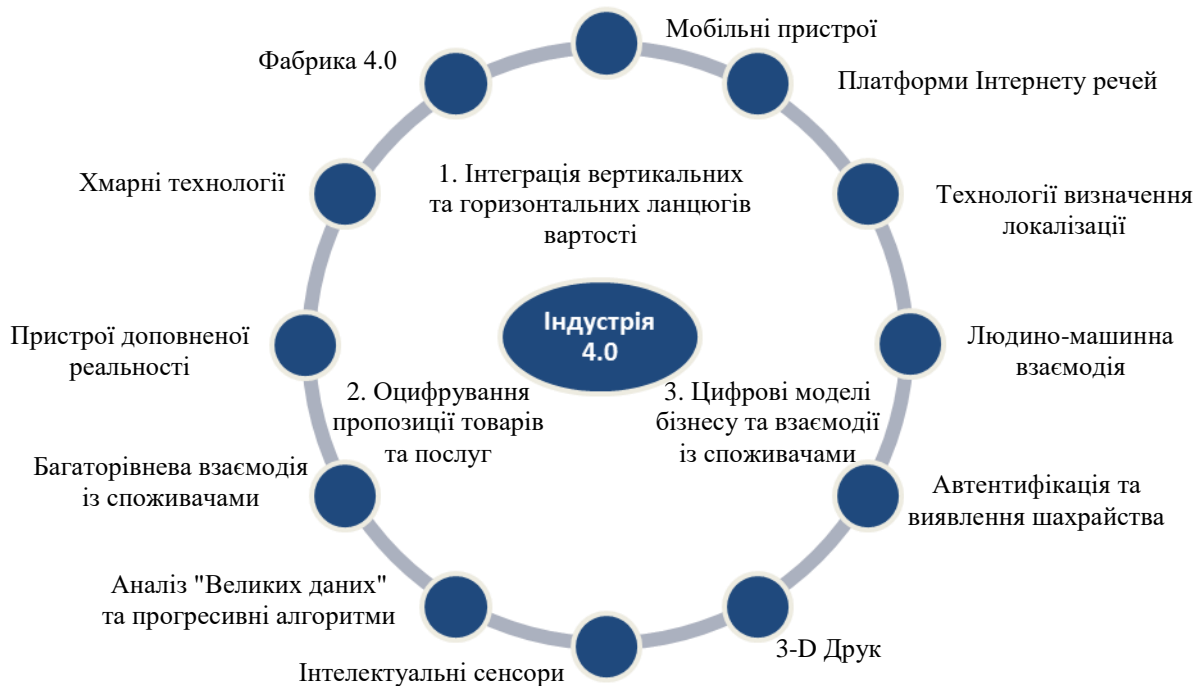
Метою статті є дослідження особливостей впливу Індустрії 4.0 на трансформацію глобальних мереж створення доданої вартості та аналіз готовності країн Європи до четвертої промислової революції.

Генерація, аналіз і передача інформації прискорюють зростання доходів в Індустрії 4.0, що об'єднує широкий спектр нових технологій для створення доданої вартості. У той час як промисловість 3.0 зосереджена на автоматизації

¹ Цифрова екосистема – це відкрита соціально-технічна система з властивостями самоорганізації, масштабності та стійкості за зразком природних екосистем, зокрема щодо аспектів, пов'язаних із конкуренцією та співпрацею між різними суб'єктами [8].

окремого обладнання та процесів, Індустрія 4.0 передбачає комплексне оцифрування всіх фізичних ресурсів та інтеграції у цифрові екосистеми в межах ланцюга вартості. Згідно з оцінками експертів PwC [2] основою Індустрії 4.0 є:

- 1) інтеграція вертикальних та горизонтальних ланцюгів вартості;
- 2) оцифрування пропозиції товарів та послуг;
- 3) цифрові моделі бізнесу та взаємодії із споживачами (рис. 1).



Складено за джерелом [2].

Рис. 1. Основні цифрові технології Індустрії 4.0

Індустрія 4.0 інтегрує вертикально процеси організації виробництва, починаючи від розробки продукту і закінчуючи логістикою та обслуговуванням. Інформація про операційні процеси, ефективність, управління якістю та планування є доступними в режимі реального часу та підтримуються засобами доповненої реальності, що уможлиблює оптимізацію створення доданої вартості в інтегрованій мережі. Оцифрування пропозицій товарів та послуг дозволяє розширити асортимент існуючих товарів, зокрема внаслідок додавання інтелектуальних сенсорів або пристроїв аналізу даних, а також створення нових цифрових товарів, зосереджених на інтегрованих рішеннях [2].

Розвиток цифрових бізнес-моделей передбачає, що провідні промислові компанії не лише розширюють пропозицію товарів та послуг за рахунок інновацій, а передусім створюють цифрові бізнес-моделі, які фокусуються на зростанні доходів та оптимізації взаємодії із споживачами в цифрових екосистемах.

ГЛВ формують особливий тип мережевої співпраці, що є своєрідною екосистемою для спільного створення доданої вартості. Регіональні інноваційні кластери розвивають спеціалізацію з метою залучення у ГЛВ як географічно локалізовані мережеві вузли. Сьогодні ГЛВ горизонтально перетинають країни та території, створюючи додану вартість, що

циркулює між їх кластерними вузлами. Отже, ГЛІВ виступають горизонтально фрагментованою екосистемою створення доданої вартості, сформованою мережею функціонально незалежних взаємопов'язаних суб'єктів, що співпрацюють між країнами та територіями в рамках спільного проекту [12]. Учасники ГЛІВ створюють базові та проміжні продукти (знання, технології, товари, послуги), які рухаються уздовж ланцюга вартості та впроваджують продуктивність у динамічну кластерну екосистему.

Виробники в сучасних умовах динамічного розвитку бізнесу повинні швидко реагувати на зміни, щоб залишатися конкурентоспроможними. Передусім зростає потреба у кастомізованій продукції [13]. Незважаючи на те що масове виробництво є важливим для зниження собівартості продукції та збереження конкурентоспроможності, окремі компанії все більше орієнтуються на кастомізацію продукції та скорочують ланцюги вартості за рахунок автоматизації та робототехніки при розміщенні фабрик у промислових країнах¹. Для успішної стратегії масової кастомізації ланцюги вартості мають бути гнучкими, щоб швидко адаптуватися до змін. По-друге, зростає вартість робочої сили у країнах із перехідною економікою. Зокрема, в Китаї спостерігаються високі темпи зростання заробітної плати (понад 10% щороку), відповідно виробники шукають шляхи обмеження витрат та переміщуються до інших країн [15]. По-третє, набуває важливості обмін знаннями [16]. Використання технологій Індустрії 4.0 дозволяє

¹ Прикладом є компанія Adidas, яка у 2016 р. запровадила автоматизовані "Speed-factories" у Німеччині з використанням сучасної робототехніки, що виконує роботу у 20 разів швидше, ніж працівники з урахуванням індивідуальних характеристик товарів для різних регіонів/країн світу [14].

підвищити продуктивність, але одночасно потребує управління з боку висококваліфікованої робочої сили, а також можливості для обміну знаннями для набуття конкурентних переваг.

Інтеграція у глобальні мережі "Інтернету речей" здійснює трансформацію промислового виробництва. Основні характеристики Індустрії 4.0 розкривають величезний потенціал для модернізації традиційної промисловості (рис. 2).

Першою ознакою мережевої структури Індустрії 4.0 є формування вертикальних мереж "смарт" виробничих систем (1), що передбачає використання кібер-фізичних систем виробництва (КФСВ) (*англ.* Cyber-Physical Production Systems) для швидкого реагування на зміни вимог ринків. Зазвичай виробництво орієнтується на індивідуальні особливості замовлень, що потребує високої інтеграції баз даних і застосування смарт-сенсорів моніторингу автономної структури [17]. Джерела ресурсів, матеріалів, комплектуючих і деталізація поставок поєднані у мережу, що регулюється в режимі реального часу, охоплюючи всі етапи виробничого процесу. Значна увага приділяється ефективності виробництва, зокрема ефективному використанню матеріалів, енергії та людських ресурсів.

Горизонтальна інтеграція через нове покоління мереж глобальних ланцюгів вартості (2) охоплює нові мережі створення вартості з високим рівнем гнучкості, прозорості й оптимізації. Локальні та глобальні мережі пов'язані через КФСВ, що дозволяє відстежувати "історію" продукту або деталі вздовж ланцюга вартості (т.з. "пам'ять продукту") [11]. Відповідно адаптація до вимог замовника/споживача може здійснюватися динамічно на всіх етапах створення вартості одночасно з контролем якості, ризиків, вартості чи охороною довілля в реальному часі.



Складено за джерелом [11].

Рис. 2. Мережева структура Індустрії 4.0

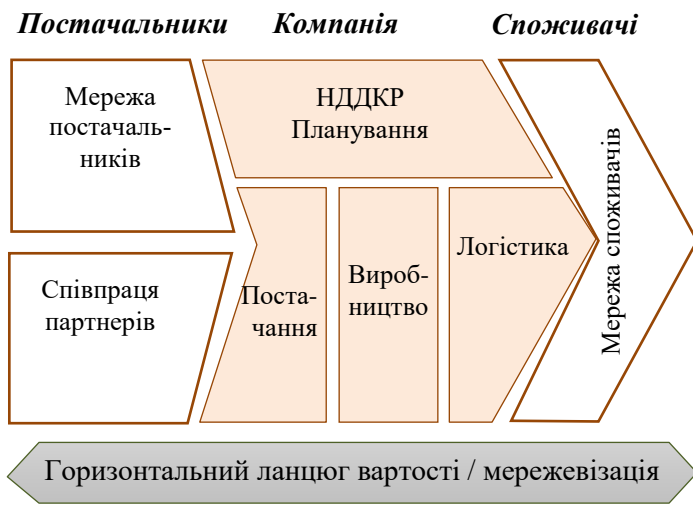
Третьою основною рисою Індустрії 4.0 є супровід інженерних рішень вздовж усього ланцюга вартості (3). Нові товари потребують нових / модифікованих виробничих систем, які є інтегрованими та координуються з урахуванням тенденцій розвитку продукту і процесів виробництва. Супровід інженерних рішень вздовж усього ланцюга вартості передбачає, що дані та інформація є доступними на всіх стадіях виробництва, – це додає гнучкості (наприклад, моделювання прототипів).

Четверта ознака Індустрії 4.0 враховує вплив експонентних технологій як значних каталізаторів, що стимулюють індивідуальні рішення, гнучкість та оптимізацію витрат у процесах виробництва. Використання експонентних технологій, зокрема штучного інтелекту та робототехніки, не лише поліпшує управління ланцюгами постачань, але і допомагає знайти нові рішення проектування та дизайну для вдосконалення співпраці між людиною та машинами. Найбільш яскравим прикладом експонентної технології, що пришвидшує впровадження Індустрії 4.0, є 3D-друк. Використання 3D-друку значно розширює можливості виробництва та пропонує нові рішення для ланцюгів постачань, що має наслідком виникнення нових бізнес-моделей (наприклад,

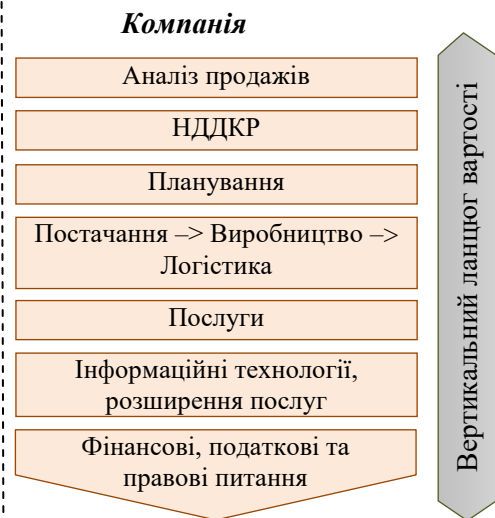
зменшення кількості учасників ланцюга вартості та інтеграція споживачів).

Дослідження країн ЄС свідчать, що рівень оцифрування ланцюгів вартості в майбутньому швидко зростатиме. Згідно з результатами опитування 235 промислових компаній високотехнологічного сектору Німеччини до 2020 р. понад 80% із них здійснять повне оцифрування ланцюгів вартості [10]. За оцінками експертів, ця тенденція охопить 86% горизонтальних і 80% вертикальних ланцюгів вартості (рис. 3), що є важливою передумовою посилення конкурентоспроможності з урахуванням швидких темпів розвитку інновацій в усіх галузях промисловості. Оцифрування горизонтального ланцюга вартості інтегрує та оптимізує потік інформації та товарів від мережі постачальників, через компанію, до мережі споживачів і у зворотному напрямі. Цей процес передбачає інтеграцію та активне управління за допомогою цифрових технологій усіма внутрішніми підрозділами компанії (зокрема, постачання, виробництво, логістика та планування). Мережеві зв'язки також містять аналіз даних щодо всіх зовнішніх партнерів ланцюга вартості, необхідних для задоволення потреб споживачів і забезпечення необхідних послуг.

Горизонтальний ланцюг вартості



Вертикальний ланцюг вартості



Складено за джерелом [10].

Рис. 3. Горизонтальний та вертикальний ланцюги вартості компанії

З іншого боку, вертикальне оцифрування пов'язане із забезпеченням послідовного потоку інформації від аналізу продажів через розробку продукту до виробництва та логістики. Підвищення показників якості та гнучкості з одночасним зниженням витрат можна досягти завдяки оптимальному взаємозв'язку виробничих систем та кращим аналітичним здібностям. Наприклад, компанія BOSCH, провідний виробник компонентів електроніки, досягла високого рівня оцифрування окремих ланцюгів вартості [18] шляхом упровадження різних процесів оптимізації, у тому числі:

а) вертикальної доступності та інтеграції всіх даних виробництва і постачання в динаміці;

б) ефективного управління даними та поліпшеного аналізу в режимі реального часу;

в) індивідуальних IP-адрес для всіх систем і компонентів виробництва;

г) автоматизації всіх важливих етапів процесу;

д) постійного вимірювання параметрів і контролю всіх процесів та їх оптимізація.

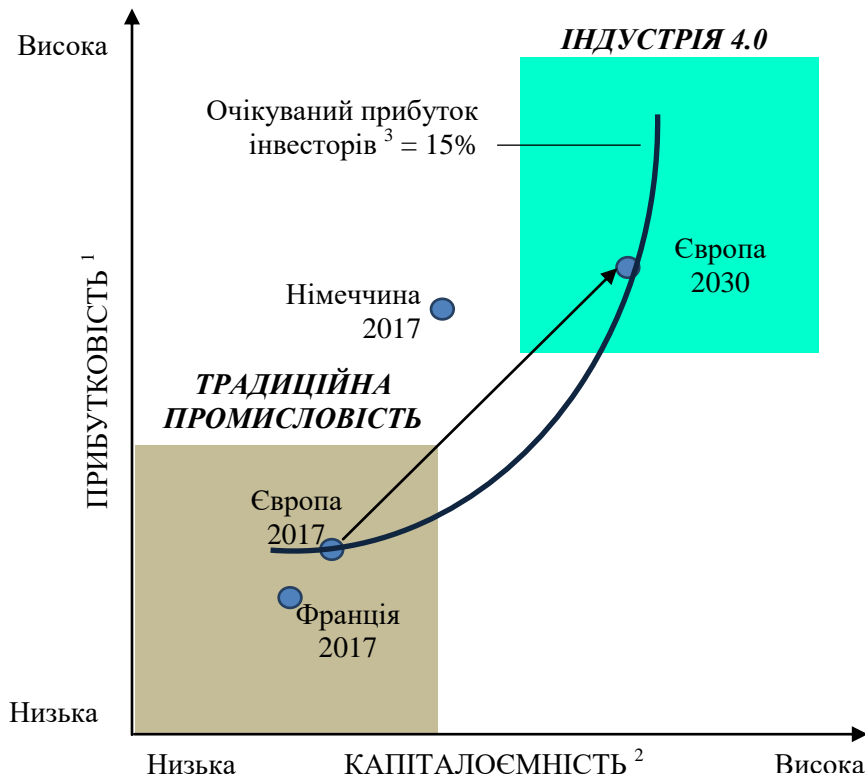
Це привело до значного підвищення продуктивності на рівні фабрики та знизило рівень пошкоджень і помилок. Для більшості промислових компаній ЄС оцифрування ланцюгів вартості є стратегічним кроком у напрямі підвищення ефективності виробництва та оптимізації використання ресурсів.

Індустрія 4.0 створює нові можливості для зміни економічних основ функціонування сучасної промисловості, зокрема подолання тенденцій деіндустріалізації, які є характерними для розвинених країн, у тому числі європейських. Для збереження конкурентного статусу Європи відносно країн із низькою вартістю робочої сили, необхідні наступні кроки: а) орієнтація на продукцію з високим вмістом доданої вартості; б) розвиток автоматизованих виробництв та оптимізація; в) впровадження передового досвіду промислового виробництва [19, с. 13]. Із

розвитком Індустрії 4.0 попит на висококваліфіковані послуги стимулюватиме суміжні галузі для підтримки більш ускладненого виробництва.

З економічної точки зору, якщо промисловість має на меті залучити інве-

стиції, варто продемонструвати більше стимулів, враховуючи ризиковість. Припустимо, що інвестори очікують прибуток 15 %, що становить середній показник для промисловості країн Європи (рис. 4).



¹ Операційний прибуток у відсотках до доданої вартості (англ. Earnings Before Interest and Taxes); маржа: низька – менше 5%, висока – понад 20%.

² Капіталоемність / додана вартість; маржа: низька – менше 0,5, висока – понад 1,3.

³ Капіталовіддача = Прибутковість × Капіталоемність (англ. Return on Capital Employed).

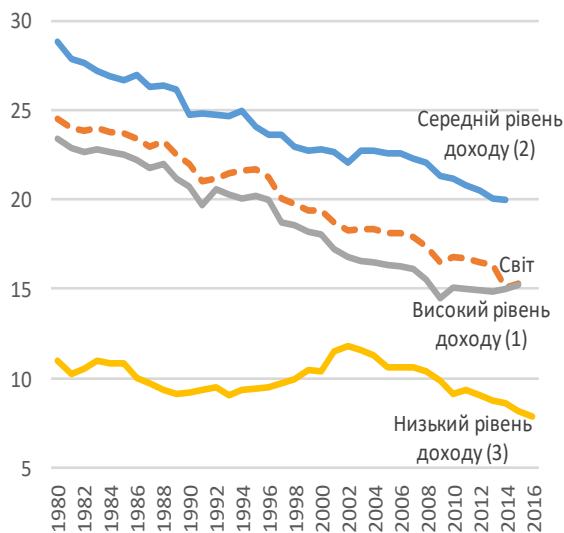
Складено за джерелами [19; 21].

Рис. 4. Вплив Індустрії 4.0 на прибутковість та капіталоемність

У прямокутнику "Традиційна промисловість" розміщені країни, що досягають очікуваного прибутку при низькому рівні капіталоемності та спеціалізації в секторах із низькою доданою вартістю. Відповідно країни з низькою вартістю робочої сили застосовують працезмісні виробництва та менш прогресивні технології. Така ситуація зрідка зустрічається у країнах ЄС, однак згідно з оцінками ана-

літиків є характерною для Франції, Іспанії та Великобританії [20]. Унаслідок зменшення інвестування впродовж останніх років їх промислові активи поступово втрачали свою вартість. У той же час витрати на оплату праці залишаються високими, тому прибутковість знижується і, відповідно, зменшується конкурентоспроможність. У прямокутнику "Індустрія 4.0" розташовані країни, які володі-

ють сучасними виробничими процесами. Вони є більш конкурентоспроможними (завдяки автоматизації та ефекту масштабу) та характеризуються вищим рівнем прибутковості, що забезпечує потреби в капіталі. На рис. 4 показано розташування країн Європи у 2017 р., а також Німеччини та Франції. Німеччина позиціонується вищим показником капіталовіддачі, ніж середнє значення для країн Європи (15%). Таким чином, отриманий прибуток допоможе країні нарощувати інвестування у майбутні технологічні галузі. Натомість Франція на сьогодні отримує значно менші прибутки від промисловості, що обмежує майбутні інвестиції та знижує конкурентоспроможність.



(1) – дохід на душу населення понад 12475 дол.; (2) – дохід на душу населення 1026-12475 дол.; (3) – дохід на душу населення менше 1025 дол.

Складено за даними джерела [21].

Рис. 5а. Частка доданої вартості у промисловості країн за рівнем доходу, % у ВВП (1980-2016 рр.)

У ЄС частка доданої вартості у промисловості у 2009-2016 рр. становила 16% від ВВП (рис. 6). Серед країн ЄС виразно лідирує Німеччина з показником 22,3%. Простежується різке зниження

Якщо європейська економіка зможе досягти міцних позицій в Індустрії 4.0, то низький рівень конкурентоспроможності не становитиме загрози. Індустрія 4.0 потребує інвестицій, але в той же час значною мірою збільшує продуктивність капіталу в поєднанні з потенційними перевагами (масова адаптація, мережеве виробництво тощо), що оптимізують спосіб використання капіталу. Економіка країн Європи зможе переміщуватися вгору вздовж кривої (див. рис. 4), що передбачає більшу прибутковість компаній, які нарощують інвестування. Одночасно показник доданої вартості промисловості у світі зменшився з 24 до 15% до ВВП у 1980-2016 рр. (рис. 5).

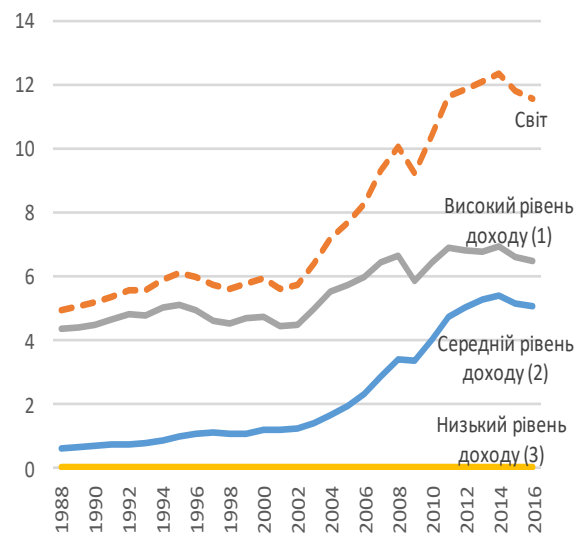
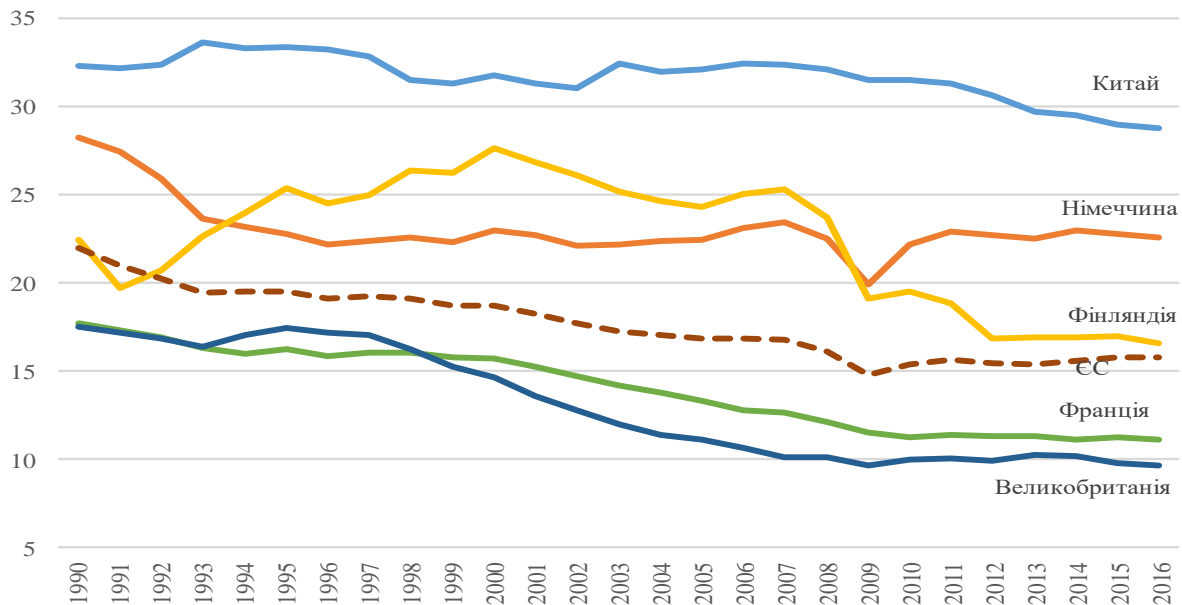


Рис. 5б. Додана вартість у промисловості країн за рівнем доходу, трлн дол. США (1988-2016 рр.)

відповідного показника у Фінляндії, що стало наслідком позбавлення світового лідерства країни в індустрії мобільного зв'язку. Ще у 2012 р. Єврокомісія встановила мету збільшити частку про-

мислового виробництва у ВВП країн ЄС з 15 до 20% до 2020 р. [22]. Досягнення цієї мети передбачає, що країни ЄС, які протягом десятиліть зменшували обсяги виробництва у промисловості, мають орієнтуватися на його відновлення. У Китаї додана вартість у промисловості становить 29% від ВВП і також поступово знижується.

ентуватися на його відновлення. У Китаї додана вартість у промисловості становить 29% від ВВП і також поступово знижується.



Складено за даними джерела [21].

Рис. 6. Додана вартість у промисловості окремих країн, % у ВВП (1990-2016 рр.)

З метою аналізу готовності країн Європи до Індустрії 4.0 побудовано матрицю мережевої готовності та доданої вартості у промисловості (рис. 7).

Індекс мережевої готовності (*англ.* Networked Readiness Index) Всесвітнього економічного форуму визначає, наскільки ефективно економіка використовує ІКТ для підвищення конкурентоспроможності та добробуту [24]. Мережева готовність – це ключовий критерій оцінки позицій країн у цифровому середовищі, що показує, якою мірою країни готові скористатися перевагами переходу до четвертої промислової революції. Індекс складається з показників, які характеризують мережеву готовність у чотирьох основних категоріях і десяти підкатегоріях:

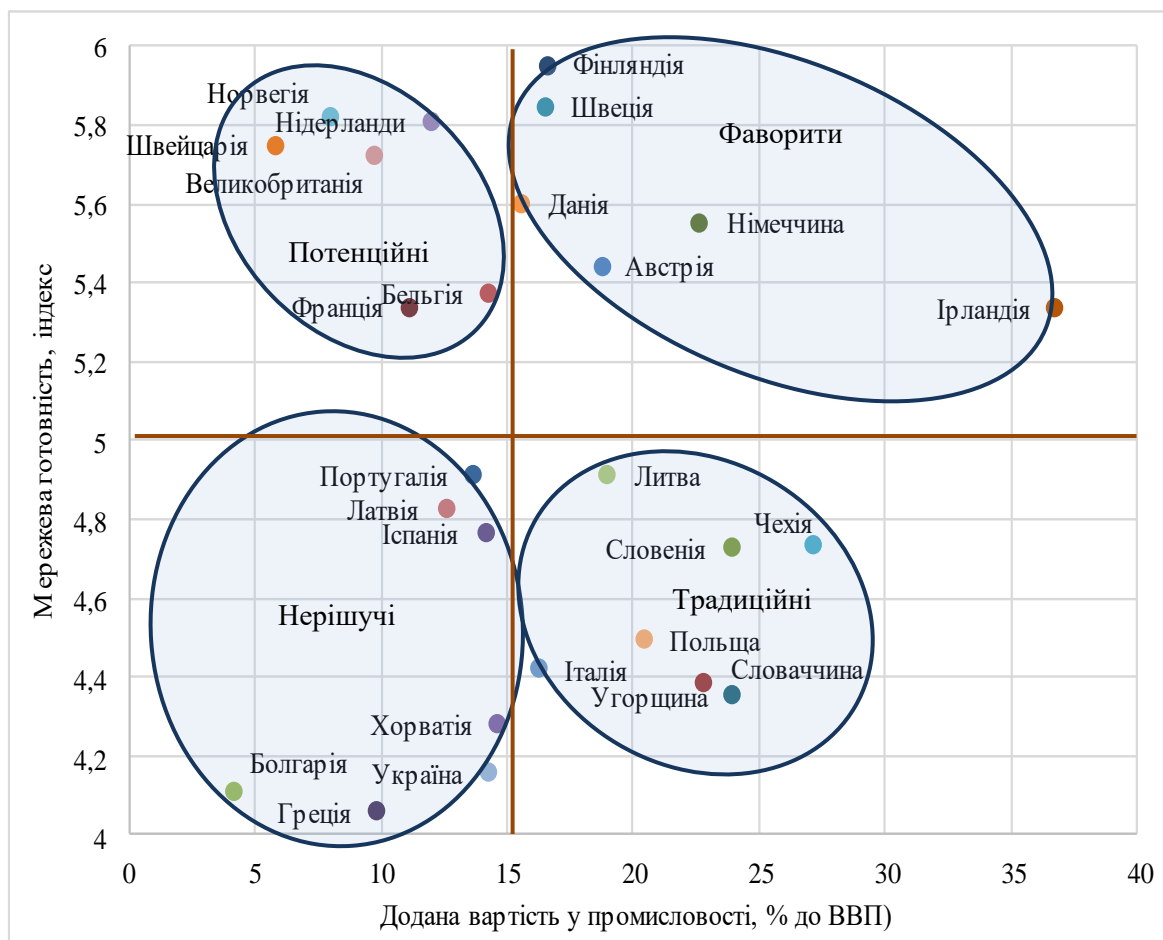
А) середовище – політичне та регуляторне (9 показників), бізнес та інновації (9);

Б) індекс готовності – інфраструктура (4), доступність (3), кваліфікація та знання (4);

В) практичне застосування – індивідуальне (7), ділове (6) та урядове (3);

Г) значення – економічне (4) та соціальне (4) [25].

Без сумніву, промислова (р)еволюція змінює правила гри для промислових виробників, постачальників інфраструктури та розробників технологій. Отже, необхідно розглянути такі аспекти: чи зможе економіка країни адаптувати нові сектори; наскільки відмінними є інноваційні мережі.



Відповідно до позиціонування країн їх розподілено на чотири групи: "Фаворити", "Традиційні", "Нерішучі" та "Потенційні".

Складено за даними джерел [21; 23; 25].

Рис. 7. Матриця країн Європи за показниками мережевої готовності та доданої вартості у промисловості у 2016 р.

На основі підходу до кластеризації країн ЄС М. Бланчета та ін.¹ [19] використано нові критерії для оцінки країн, а також європейські економіки умовно розподілено на чотири групи: "Фаворити", "Традиційні", «Нерішучі» та "Потенційні" (див. рис. 7). Запропонована методика враховує рівень готовності країн до інте-

грації у глобальній мережі та розвиток промислового сектору. "Фаворити" характеризуються потужною промисловою базою, сучасними перспективними умовами і технологіями бізнесу (Швеція, Фінляндія, Австрія та Німеччина). Приклад Ірландії є особливим: кілька великих фармацевтичних виробників країни здійснюють значний внесок у ВВП, що робить їх лідерами доданої вартості у промисловості. Ірландія також розвиває сектор послуг ІТ (інформаційних технологій), що відповідає високій мережевій готовності. "Традиційні" економіки розташовані переважно у Східній Європі

¹ Авторами розроблено індекс готовності до Індустрії 4.0 "Роланда-Бергера" (англ. RB Industry 4.0 Readiness Index), що враховує складність процесів виробництва, рівень автоматизації, інтенсивність інновацій і готовність робочої сили [19].

(окрім Італії). Вони все ще розвиваються на потужній промисловій базі, однак упроваджують лише окремі ініціативи, спрямовані на розвиток Індустрії 4.0. Третя група "Нерішучі" – це суміш південних і східноєвропейських країн, що не мають надійної промислової бази. Для цієї групи характерні значні фіскальні труднощі, що перешкоджають інноваційному розвитку. У групі "Потенційних" економік останніми роками промислова база слабшала. Ця група охоплює такі країни, як Франція, Нідерланди та Великобританія, які значно зменшили обсяги промислового виробництва у структурі ВВП, однак у секторі мережевої готовності демонструють ознаки сучасного інноваційного розвитку.

Країни Європи відзначаються значною гетерогенністю розвитку як промисловості, так і середовища для ведення бізнесу. Запропонована кластеризація відповідно до матриці є досить умовною, оскільки впровадження Індустрії 4.0 залежить у першу чергу від індивідуальних компаній, особливостей їх виробництва й управління та очікуваного економічного ефекту. Індустрія 4.0 у країнах, що входять до "Фаворитів", імовірно матиме найбільший успіх, оскільки в них вже є розвинена промисловість і високий рівень мережевої готовності. Більше того, очікується, що досвід "Фаворитів" поширюватиметься на "Потенційних" і "Традиційних". Останні хоча і мають обмеження у вигляді нижчої частки промисловості у ВВП та нижчого рівня мережевої готовності відповідно, однак компанії з цих країн добре інтегровані у ГЛВ і зможуть швидко адаптувати інновації. Хоча "Нерішучі" сьогодні мають найнижчі можливості щодо впровадження Індустрії 4.0, це не означає, що компанії з цих країн приречені на відставання від лідерів. Скоріше навпаки, Індустрія 4.0 дає можливість індивідуальним компаніям

розвиватися набагато швидше і скорочувати розриви у технологіях й ефективності управління з провідними компаніями відповідних секторів.

Роль держави у підвищенні рівня мережевої готовності є вагомим, адже вона створює та розвиває регуляторне середовище, сприяє розвитку інфраструктури та впливає на якість і доступність освіти. Ключове значення для мережевої готовності має кваліфікація працівників. Автоматизація більшості виробничих процесів різко зменшить попит на низько- та середньокваліфіковану робочу силу у промисловості, тоді як зростатиме попит на фахівців інженерних спеціальностей. Тому завдання державної політики полягає у середньо- та довгостроковому передбаченні тенденцій і створенні відповідних інституційних умов для впровадження Індустрії 4.0, розвитку освіти на відповідному рівні, а також сприянні розвитку комунікацій та сучасної інфраструктури. Оскільки лівова частка доданої вартості у світі створюється у ГЛВ [23], інтеграція в них має бути пріоритетом для вітчизняних компаній.

Висновки. Швидкість економічних трансформацій у світі динамічно зростає, змінюються принципи функціонування глобальних мереж та ГЛВ. Успішне реформування економіки (стосується у першу чергу перехідних економік та України зокрема) для підвищення конкурентоспроможності має бути спрямоване не на досягнення сьогоденного стану розвинених країн, а на екстраполяцію їх розвитку в середньостроковій перспективі. За 5-10 років сучасні бізнес-підходи й організація виробництва з високою імовірністю можуть стати застарілими та неефективними, тому вже зараз потрібно готувати підґрунтя для функціонування Індустрії 4.0, здійснювати підготовку кваліфікованих фахівців, здатних працювати в новій економічній реальності.

Упровадження Індустрії 4.0 чинить трансформаційний вплив на ГЛВ, зокрема на традиційні шляхи створення вартості. "Інтернет речей", хмарні технології, "Великі дані" та онлайн-ринки змінюють моделі бізнесу, розподіл потужностей і джерела доданої вартості в різних секторах промисловості. Оскільки витрати на впровадження нових технологій продовжують скорочуватися, відмінності вартості робочої сили між країнами не будуть вирішальним фактором при виборі локалізації виробництва. Відповідно, просторова гнучкість та високий рівень автоматизації дозволяють розмістити виробничі одиниці поряд з основними споживачами, що модернізує майбутні ланцюги постачань і глобальні мережі виробництва. Ці тенденції змінять напрям глобалізації, оскільки регіональні та локальні потоки стануть більш важливими, на противагу міжконтинентальній торгівлі.

Можливості успішної інтеграції промислової революції 4.0 у глобальні мережі виробництва та ланцюги вартості залежать від таких кроків:

- 1) інтеграція вертикальних та горизонтальних ланцюгів вартості через "смарт" виробничі системи;
- 2) оцифрування всіх ланок ГЛВ;
- 3) розміщення виробництва поблизу ринків збуту;
- 4) кастомізація продукції;
- 5) управління даними та контроль усіх процесів у режимі реального часу.

Загалом мета полягає в широкій доступності нових технологій, включенні їх в інноваційні та операційні процеси, активній участі в нових й удосконалених мережах створення вартості. Сьогодні рівень технічної та цифрової складності бізнесу й інноваційні фактори відіграють щоразу вагомішу роль у підвищенні конкурентоспроможності. У той же час більшість ознак технологій, які очолюють

четверту промислову революцію (зокрема їх мережевий характер), передбачають, що роль інновацій та складності бізнесу продовжуватиме значно зростати.

На основі оцінки доданої вартості у промисловості та індексу мережевої готовності Всесвітнього економічного форуму побудовано матрицю для країн Європи та визначено основних гравців і їх потенціал для розвитку Індустрії 4.0. Запропонована методика дозволила виокремити чотири групи країн: "Фаворити", "Традиційні", "Нерішучі" та "Потенційні" з урахуванням можливостей їх інтеграції у глобальні мережі виробництва. Імовірність упровадження четвертої промислової революції залежить як від рівня мережевої готовності, так і від наявності ефективної промисловості, а положення відповідної країни в матриці дозволяє порівняти країни та вказує на можливі напрями державної політики, спрямованої на поліпшення цих показників.

Для посилення глобальної конкурентоспроможності критичними є трансформація моделей бізнесу і технологічне оновлення. Уже сьогодні стрімко зростає кількість компаній, які докладають щоразу більших зусиль у напрямі оцифрування ланцюгів вартості з метою підвищення продуктивності та набуття конкурентних переваг. Такі глобальні тенденції становлять значні виклики для компаній та/або країн, які спеціалізуються на низькотехнологічних, стандартизованих виробничих і складальних процесах, без належного інвестування у технології та людський капітал.

Перспективним напрямом подальших досліджень є оцінка мережевої готовності та шляхів успішної інтеграції країн, що розвиваються, у ГЛВ і глобальні мережі із застосуванням технологій Індустрії 4.0.

Література

1. Gereffi G. & Fernandez-Stark K. Global Value Chain Analysis: A Primer. Durham, North Carolina: Duke University CGGC, 2016. 34 с.
2. Geissbauer R., Vedso J., & Schrauf S. Industry 4.0: building the digital enterprise: 2016 global industry 4.0 survey, Munich: PwC, 2016. 36 с.
3. Kniaziev S.I. Development of smart industry as an efficient way to implement the policy of neoindustrialization in the world. *Економіка промисловості*. 2017. № 4 (80). С. 5-18. doi: 10.15407/econindustry2017.04.005
4. Kagermann H., Helbig J., Hellinger A., & Wahlster W. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Frankfurt/Main: Forschungsunion, 2013. 82 с.
5. Schwab K. The fourth industrial revolution. Geneva: Crown Business, 2017. 185 с.
6. Madykh A.A., Okhten O.O., Davsiv A.F. Analysis of the world experience of economic and mathematical modeling of smart enterprises. *Економіка промисловості*. 2017. № 4 (80). С. 19-46. doi: 10.15407/econindustry2017.04.019
7. Peppard J., & Ward J. The strategic management of information systems: Building a digital strategy. Sussex, UK: John Wiley & Sons, 2016. 485 с.
8. Clarysse B., Wright M., Bruneel J. & Mahajan A. Creating value in ecosystems: Crossing the chasm between knowledge and business ecosystems. *Research Policy*. 2014. № 43(7). С. 1164-1176. doi: 10.1016/j.respol.2014.04.014
9. Impact of the Fourth Industrial Revolution on Supply Chains. 2017. World Economic Forum. Режим доступу: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Impact_of_the_Fourth_Industrial_Revolution_on_Supply_Chains_.pdf
10. Koch V., Kuge S., Geissbauer R. & Schrauf S. Industry 4.0: Opportunities and challenges of the industrial internet. Munich: Strategy & PwC, 2014. 52 с.
11. Schlaepfer R.C., Koch M. & Merkhofer P. Industry 4.0 challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies. Basel: Deloitte, 2015. 32 с.
12. Черкас Н.І. Економічний вимір ефективності участі країн у глобальних ланцюгах вартості. *Економіка розвитку*. 2017. № 4(84). С. 5-16.
13. Smorodinskaya N., Russell M., Katukov D. & Still K. Innovation Ecosystems vs. Innovation Systems in Terms of Collaboration and Co-creation of Value. System Sciences (HICSS), *50th Hawaii International Conference*. 2017. С. 5245-5254.
14. Weiss R. (2017). Adidas Brings the Fast Shoe Revolution One Step Closer. Режим доступу: <https://www.bloomberg.com/news/articles>. (Дата звернення 4.12.2017).
15. Антонюк Л.Л., Черкас Н.І. Провідна роль Китаю у глобальних мережах сектору високих технологій: нова реальність та сучасні виклики. *Економіка і держава*. 2017. № 12. С. 14-22.
16. Hermann M., Pentek T. & Otto B. Design principles for Industrie 4.0 scenarios. System Sciences (HICSS), *49th Hawaii International Conference*. 2016. С. 3928-3937.
17. Monostori L. Cyber-physical production systems: Roots, expectations and R&D challenges. *Procedia CIRP*. 2014. № 17. С. 9-13. doi: 10.1016/j.procir.2014.03.115.
18. Industrie 4.0 at BOSCH. Режим доступу: <http://www.bosch-si.com/solutions/manufacturing/industry-4-0>. (Дата звернення 5.12.2017).
19. Blanchet M., Rinn T., Von Thaden G., & De Thieulloy G. Industry 4.0:

The new industrial revolution-How Europe will succeed. Munich: Roland Berger Strategy Consultants GmbH, 2014. 24 с.

20. Howard C., Gerosa A., Mejuto M.C. & Giannella G. The Maker Movement: a new avenue for competition in the EU. *European View*. 2014. № 13(2). С. 333-340. doi: 10.1007/s12290-014-0336-0

21. World Development Indicators. Режим доступа: <https://data.worldbank.org/products/wdi> (Дата звернення 10.12.2017).

22. European Commission. 2013. The Factories of the Future. Publications Office of the European Union. Режим доступа: <https://europa.eu/european-union>; <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/factories-future> (Дата звернення 12.12.2017).

23. Global competitiveness report 2017-2018. Режим доступа: <http://weforum.org>. (Дата звернення 15.01.2018).

24. Breene K. What is 'networked readiness' and why does it matter? Режим доступа: <https://www.weforum.org/agenda/2016/07>. (Дата звернення 15.12.2017).

25. Global Information Technology Report 2016 Режим доступа: <http://reports.weforum.org/global-information-technology-report-2016/> (Дата звернення 16.01.2018).

References

1. Gereffi, G. & Fernandez-Stark K. (2016). *Global Value Chain Analysis: A Primer*. Durham, North Carolina: Duke University CGGC.

2. Geissbauer, R., Vedso, J., & Schrauf, S. (2016). *Industry 4.0: building the digital enterprise: 2016 global industry 4.0 survey*, Munich: PwC.

3. Kniaziev, S.I. (2017). Development of smart industry as an efficient way to implement the policy of neoindustrialization in the world. *Econ. promisl.*, 4 (80), pp. 5-18. doi: 10.15407/econindustry2017.04.005

4. Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A., & Wahlster, W. (2013). *Recommendations for implementing the strate-*

gic initiative INDUSTRIE 4.0. Frankfurt/Main: Forschungsunion.

5. Schwab, K. (2017). *The fourth industrial revolution*. Geneva: Crown Business.

6. Madykh, A.A., Okhten, O.O., Davsiv, A.F. (2017). Analysis of the world experience of economic and mathematical modeling of smart enterprises. *Econ. promisl.*, 4 (80), pp. 19-46. doi: 10.15407/econindustry2017.04.019

7. Peppard, J., & Ward, J. (2016). *The strategic management of information systems: Building a digital strategy*. Sussex, UK: John Wiley & Sons.

8. Clarysse, B., Wright, M., Bruneel, J., & Mahajan, A. (2014). Creating value in ecosystems: Crossing the chasm between knowledge and business ecosystems. *Research Policy*, 43(7), pp. 1164-1176. doi: 10.1016/j.respol.2014.04.014

9. Impact of the Fourth Industrial Revolution on Supply Chains (2017). World Economic Forum. Retrieved from: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Impact_of_the_Fourth_Industrial_Revolution_on_Supply_Chains_.pdf

10. Koch, V., Kuge, S., Geissbauer, R., & Schrauf, S. (2014). *Industry 4.0: Opportunities and challenges of the industrial internet*. Munich: Strategy & PwC.

11. Schlaepfer, R. C., Koch, M., & Merkhofer, P. (2015). *Industry 4.0 challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies*. Basel: Deloitte.

12. Cherkas, N. (2017). Economic measuring of efficiency of countries' participation in global value chains. *Ekonomika rozvytku*, 4(84), pp. 5-16.

13. Smorodinskaya, N., Russell, M., Katukov, D., & Still, K. (2017). Innovation Ecosystems vs. Innovation Systems in Terms of Collaboration and Co-creation of Value. In System Sciences (HICSS), 50th

Hawaii International Conference, pp. 5245-5254.

14. Weiss, R. (2017). Adidas Brings the Fast Shoe Revolution One Step Closer. Retrieved from: <https://www.bloomberg.com/news/articles>.

15. Antoniuk, L.L., & Cherkas, N.I. (2017). The leading role of China in global networks of high-tech sector: a new reality and modern challenges. *Ekonomika ta derzhava*, 12, pp. 14-22.

16. Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016). Design principles for Industrie 4.0 scenarios. In System Sciences (HICSS), *49th Hawaii International Conference*, pp. 3928-3937.

17. Monostori, L. (2014). Cyber-physical production systems: Roots, expectations and R&D challenges. *Procedia CIRP*, 17, pp. 9-13. doi: 10.1016/j.procir.2014.03.115

18. Industrie 4.0 at BOSCH Retrieved from: <http://www.bosch-si.com/solutions/manufacturing/industry-4-0>.

19. Blanchet, M., Rinn, T., Von Thaden, G., & De Thieulloy, G. (2014). *Industry 4.0: The new industrial revolution-*

How Europe will succeed. Munich: Roland Berger Strategy Consultants GmbH.

20. Howard, C., Gerosa, A., Mejuto, M. C., & Giannella, G. (2014). The Maker Movement: a new avenue for competition in the EU. *European View*, 13(2), pp. 333-340. doi: 10.1007/s12290-014-0336-0

21. World Development Indicators. Retrieved from: <https://data.worldbank.org/products/wdi>.

22. European Commission. (2013). The Factories of the Future. Publications Office of the European Union. Retrieved from: <https://europa.eu/european-union>; <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/factories-future>.

23. Global competitiveness report 2017-2018. Retrieved from: <http://weforum.org>.

24. Breene K. (2017). What is 'networked readiness' and why does it matter? Retrieved from: <https://www.weforum.org/agenda/2016/07>.

25. Global Information Technology Report (2016) Retrieved from: <http://reports.weforum.org/global-information-technology-report-2016>.

Наталія Игорівна Черкас,

канд. екон. наук, доцент

Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана
03057, Україна, г. Київ, проспект Перемоги, 54/1

E-mail: natsanex@yahoo.com

ТРАНСФОРМАЦІОННЕ ВЛИЯНИЕ ИНДУСТРИИ 4.0 НА ГЛОБАЛЬНЫЕ СЕТИ ПРОИЗВОДСТВА И ЦЕПОЧКИ СТОИМОСТИ

Раскрыты особенности трансформационного влияния Индустрии 4.0 на цифровые экосистемы в пределах глобальных сетей производства. Проанализированы направления горизонтальной и вертикальной оцифровки цепочек стоимости компаний на пути к цифровому лидерству и интегрированной экосистеме. Разработана матрица сетевой готовности и добавленной стоимости в промышленности стран Европы.

Ключевые слова: Индустрия 4.0, глобальные сети производства, оцифровка цепей стоимости, цифровые экосистемы, сетевая готовность.

JEL: F62, L60, O140.

Nataliia I. Cherkas,
Ph.D. in Economics
Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman
03057, Ukraine, Kyiv, 54/1 Pr. Peremogy
E-mail: natsanex@yahoo.com

TRANSFORMATIONAL INFLUENCE OF INDUSTRY 4.0 ON GLOBAL PRODUCTION NETWORKS AND VALUE CHAINS

The paper concerns the influence of Industry 4.0 on digital ecosystems within global production networks and value chains. Global industry leaders convert the main production functions in their global value chains (GVCs) to the digital format. Industry 4.0 vertically integrates manufacturing processes from product development to logistics and maintenance. The main features of the Industry 4.0 network structure include: (1) vertical networks of "smart" production systems; (2) horizontal integration through a new generation of GVCs networks; (3) engineering solutions along the entire value chain; (4) acceleration processes due to exponential technologies.

The paper analyzes the horizontal and vertical digitization of companies' value chains on the way to digital leadership and integrated ecosystem. The impact of the Industry 4.0 on the profitability and capital intensity for European countries is discussed. The competitive positions of some EU countries are indicated taking into account the prospects of technological development. It is proved that achieving strong positions in Industry 4.0 combined with growing investment increases significantly the capital productivity and strengthens competitiveness. Although the share of manufacturing value added in the EU declined, the rapid transition to technologies of Industry 4.0 is considered as the primary competitive advantage over the global competitors.

The matrix of network readiness and value added in manufacturing of European countries is developed. Consequently, the European economies are divided into four main groups: Favorites, Traditional, Hesitators and Potential, and their capability for the Industry 4.0 implementation is estimated. Industry 4.0 creates challenges for the economies mainly specialized in low value-added segments of value chains, however, the companies that will manage to implement it successfully will be able to compete with the leaders and to occupy segments of GVC with higher value-added.

Keywords: Industry 4.0, global production networks, digitization of value chains, digital ecosystems, network readiness.

JEL: F62, L60, O140.

Формати цитування:

Черкас Н.І. Трансформаційний вплив Індустрії 4.0 на глобальні мережі виробництва та ланцюги вартості. *Економіка промисловості*. 2018. № 1 (81). С. 5-20. doi: 10.15407/econindustry2018.01.005

Cherkas, N.I. (2018). Transformational influence of Industry 4.0 on global production networks and value chains. *Econ. promisl.*, 1 (81), pp. 5-20. doi: 10.15407/econindustry2018.01.005

Надійшла до редакції 22.02.2018 р.