



# ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ СУЧАСНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ТА ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

<https://doi.org/10.15407/scin16.02.003>

**В.П. ВИШНЕВСЬКИЙ<sup>1</sup>, О.М. ГАРКУШЕНКО<sup>1</sup>, С.І. КНЯЗЄВ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Інститут економіки промисловості НАН України,  
вул. Марії Капніст, 2, Київ, 03057, Україна,  
+380 44 200 5571, [vishnevsky@nas.gov.ua](mailto:vishnevsky@nas.gov.ua)

<sup>2</sup> Відділення економіки НАН України,  
вул. Володимирська, 54, Київ, 01030, Україна,  
+380 44 239 6646, [ksi@nas.gov.ua](mailto:ksi@nas.gov.ua)

## ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРИВИ: КОНЦЕПЦІЯ, МОДЕЛІ, ШЛЯХИ ПОДОЛАННЯ

***Вступ.** Розгортання четвертої промислової революції та прискорений розвиток проривних технологій Індустрії 4.0 супроводжуються формуванням у світі нових мереж створення вартості й перерозподілом виробничих потужностей, що частково повертаються до розвинених країн.*

***Проблематика.** Процес технологічного розвитку й формування нових мереж створення вартості є турбулентним, так що одні країни стають новими технологічними лідерами, а інші — аутсайдерами. Між ними виникають нові або змінюються уже наявні технологічні розриви, а це, у свою чергу, критично позначається на розвитку національних економік: продуктивності праці, створенні нових робочих місць, прибутковості бізнесу, зайнятості та доходах населення.*

***Мета.** Розробити концептуальний підхід до визначення поняття і оцінювання розмірів технологічних розривів між країнами з різним рівнем розвитку промисловості в умовах четвертої промислової революції.*

***Матеріали й методи.** Історичний аналіз економічних концепцій технологічних розривів, статистичний аналіз показників економічного й науково-технічного розвитку країн світу, економіко-математичне моделювання життєвого циклу кіберфізичних технологій.*

***Результати.** У рамках економічної теорії життєвого циклу технологій запропоновано уточнене поняття технологічного розриву як такого, що пов'язаний переважно з стрибкоподібним переходом з однієї технологічної кривої до іншої. Для оцінки величини технологічних розривів запропоновано логістичну функцію, яка визначає залежність між продуктивністю праці та її фондоозброєністю з урахуванням взаємозалежності фізичного й цифрового капіталу. З її використанням визначено технологічні розриви між Україною та індустріально розвиненими європейськими країнами, що вимірюються кількарядовим відставанням у продуктивності праці.*

***Висновки.** Для зменшення технологічних розривів між Україною та європейськими країнами необхідним є створення нової, орієнтованої на інновації, бізнесової екосистеми, яка формується у процесі генно-культурно-технологічної коволюції та потребує, насамперед, комплексу заходів щодо прискорення розвитку науково-технічної сфери України та пов'язаних з нею культури та інститутів.*

*Ключові слова:* промислова революція, технологічний розрив, кіберфізична технологія, технологічна крива, бізнесова екосистема.

Цитування: Вишневський В.П., Гаркушенко О.М., Князєв С.І. Технологічні розриви: концепція, моделі, шляхи подолання. *Nauka innov.* 2020. Т. 16, № 2. С. 3–19. <https://doi.org/10.15407/scin16.02.003>

ISSN 1815-2066. *Nauka innov.* 2020. 16(2)

Четверта промислова революція прискорює технологічний розвиток, а разом з ним змінює всі сфери життєдіяльності людини. Світ стає все більш дигіталізованим, людина — кібернетичною, виробництво — керованим штучним інтелектом і роботизованим. У найближчі роки Інтернет речей може радикально змінити обробну промисловість, енергетику, сільське господарство, транспорт та інші галузі реального сектору економіки, на які припадає майже дві третини світового ВВП [1]. По суті йдеться про глобальний процес формування нових мереж створення вартості та перерозподілу виробничих потужностей, які повертаються, принаймні частково, до розвинених країн [2], та формування нових центрів економічної влади у світі.

Тому проблемам технологічного розвитку у контексті четвертої промислової революції і формування Індустрії 4.0 приділяється сьогодні значна увага. З'явилася суттєва кількість публікацій, які аналізують процеси формування Індустрії 4.0 [3–5], використання нових ключових технологій, таких як мікро- й наноелектроніка, нанотехнології, промислова біотехнологія, передові матеріали, фотоніка, Великі дані, блокчейн [6, 7], визначення наслідків процесів дигіталізації та роботизації виробництва з використанням можливостей штучного інтелекту [7, 8] тощо.

Ці процеси технологічного розвитку є дуже нерівномірними, турбулентними. Є країни-лідери, і є — аутсайтери. Між ними виникають нові або поширюються (чи, навпаки, зменшуються і зникають) уже наявні технологічні розриви, а це, у свою чергу, критично позначається на національних економіках: продуктивності праці, створенні нових робочих місць, прибутковості бізнесу, зайнятості та доходах населення. Зважаючи на зазначене, надзвичайно важливо визначити місце кожної країни у цій новостворюваній реальності.

Сьогодні складаються багато різних рейтингів: інноваційності [10], економічної складності [11], цифровізації [12] тощо. Всі вони, з

одного боку, є дійсно корисними і дозволяють країнам критично оцінювати себе і приймати необхідні управлінські рішення, спрямовані на посилення переваг і усунення недоліків. Проте, з іншого боку, такі рейтинги — це тільки ранжування, побудоване, зазвичай, на експертних оцінках, яке не дає можливості визначити у звичних для економістів вимірниках, якими саме є розриви між конкретними країнами і групами країн, як їх можна оцінити, та які, виходячи з таких оцінок, потрібно приймати заходи для подолання або, принаймні, зменшення критичного технологічного відставання національних промислових комплексів від найбільш індустріально розвинених економік.

Виходячи з зазначеного, метою роботи є розробка концептуального підходу до визначення поняття й оцінювання розмірів технологічних розривів між країнами з різним рівнем розвитку промисловості в умовах четвертої промислової революції та прискореного розвитку технологій Індустрії 4.0.

## ПРОБЛЕМИ КОНЦЕПТУАЛІЗАЦІЇ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РОЗРИВІВ

Процес технологічного розвитку у світі не є рівномірним і залежить від низки чинників, які ризнують залежно від обставин місця і часу, так, що одні країни сьогодні є технологічними лідерами, а інші — аутсайдерами. Дистанція між рівнем їхнього розвитку у пострадянській науковій літературі отримала назву «технологічний розрив». В англійськомовному середовищі ситуація є менш однозначною: використовується як термін «технологічні розриви» (англ. *technology gaps*), так і «технологічне відставання» (англ. *technology lags*).

На думку фахівця у сфері історії інновацій Б. Годена, поняття «лагів»<sup>1</sup> та «розривів» походить з розробленої в рамках соціології теорії культурних лагів. Її засновник — американсь-

<sup>1</sup> Б. Годен визначає лаг як проміжок часу між появою винаходу та його комерціалізацією [13, с. 35].

кий соціолог У.Ф. Огберн — у 1920—1930 рр. озвучив думку про те, що у суспільстві спостерігається суттєве зростання кількості винаходів, більшість з яких не втілюються на практиці через значне відставання (лаг) матеріальної культури від нематеріальної (адаптивної). Тобто, таке суспільство може бути не готовим до нових технічних засобів і технологій, а подолання відставання вимагає комплексних зусиль з боку всього суспільства [13, с. 35—36].

Майже через 30 років після створення теорії культурних лагів вона отримала своє продовження та розвиток в економічній теорії.

На перших етапах ідея про те, як різний рівень технологічного розвитку може вплинути на економіку, розвивалася в контексті теорії міжнародної торгівлі, зокрема відомої концепції Хекшера-Оліна [14], яка визначає експортну та імпорتنу спеціалізацію країн через надлишок (дефіцит) окремих факторів виробництва.

Вважається, що одним із перших ідей технологічних розривів висунув британський економіст М. Познер. У статті «Міжнародна торгівля та технічні зміни» (1961 р.), він зазначив, що коли у двох країн є однакові фактори виробництва, однакова структура промисловості й вони перебувають у стані торговельного балансу, то єдине, що може змінити таку ситуацію на користь однієї з них (за інших рівних умов<sup>2</sup>) — це інновації, реалізація технічних та технологічних змін<sup>3</sup> [15, с. 323].

Якщо одна з країн виходить вперед, то іншій для подолання розриву потрібен час на: навчання (освоєння інновації підприємствами, споживачами, конкурентами), імітацію нововведення на внутрішньому ринку (зміну техні-

ко-технологічних умов функціонування бізнесу з метою отримання таких самих прибутків, як у підприємств-новаторів; поширення технології до тих пір, доки вона не стане стандартною для галузі), імітацію інновацій на зовнішньому ринку (освоєння нових технологій закордонними конкурентами фірми-новатора), формування попиту.

Кожен такий проміжок часу отримав назву «відставання», «лагу» (англ. *lag*): лаг навчання (англ. *learning lag*), внутрішній та зарубіжний імітаційні лаги (англ. *domestic imitation lag*, *foreign imitation lag*), лаг попиту (англ. *demand lag*). Чим більшою є тривалість кожного з цих лагів, тим більше можливостей у підприємств-новаторів отримати більші прибутки, та тим важче конкурентам, як всередині країни, так і поза її межами, подолати відставання.

У сукупності всі періоди відставання, за М. Познером, отримали назву «чистий лаг» (англ. *net lag*). Автор визначає його як:

$$Net\ lag = L - \lambda, \quad (1)$$

де  $\lambda$  — лаг попиту;  $L$  — повний імітаційний лаг,  $L = l_1 + l_2 + l_3$ ;  $l_1$  — зарубіжний імітаційний лаг;  $l_2$  — внутрішній імітаційний лаг;  $l_3$  — лаг навчання.

Цей проміжок часу може бути різним для різних інновацій (продуктових, процесних, організаційних тощо), різних галузей промисловості та різних країн, що, однак, детально автором не розглядалося.

Теоретично, після закінчення чистого лагу, країна, яка наздоганяє державу-новатора, може освоїти виробництво аналогічного товару або знизити свої витрати на вже існуючий товар і в такий спосіб відмовитися від імпорту інноваційного продукту, що з часом має призвести до відновлення торговельного балансу між країнами.

Проте виникає інша проблема: за цей час країна-новатор може накопити нові знання й кошти (зокрема й від міжнародної торгівлі) та інвестувати їх у нові розробки та реалізацію нових рішень. І якщо такі інновації йдуть без-

<sup>2</sup> В роботі М. Познера не розглядаються транспортні витрати, складнощі, пов'язані з перетином кордонів, монетарна та фіскальна політика урядів.

<sup>3</sup> За умови, що вони відбувалися в одній галузі промисловості. У випадку, якщо технологічні зміни відбулися в одній галузі в одній країні, а інші зміни — в іншій галузі в іншій країні, баланс може залишитися, але зміниться структура міжнародної торгівлі.

перервно, одна за одною, або комплексно протягом періоду, що є коротшим, ніж тривалість чистого лагу, то у країні-аутсайдера фактично не буде шансів наздогнати лідера<sup>4</sup>. Тобто, для визначення впливу технологічного прогресу на міжнародну торгівлю важливим є не лише час на імітацію та адаптацію нових технологій (чистий лаг), але й масштаб інновацій (англ. *rate of innovation*) – їх кількість, швидкість та продуктивність.

У сукупності чистий лаг та масштаб інновацій М. Познер визначає як динамізм (англ. *dynamism*) економіки країни. Саме від динамізму, тобто від спроможності країни швидко і масово імітувати кращі технології і продукти та/або створювати нові, залежить те, наскільки швидко зростатиме її економіка та позитивне сальдо торговельного балансу. Крім того, у такої країни буде достатньо коштів та часу, щоб забезпечити «визрівання» чергових інновацій та завдяки їм зберегти свої позиції лідера.

У 1970-ті рр. були спроби визначити вплив технологій і технологічних змін на міжнародну торгівлю у формалізованому вигляді. Це, зокрема, модель впливового американського економіста у сфері міжнародної торгівлі Р. Джонса [16], яка також є розвитком моделі Хекшера-Оліна та їхніх послідовників. Тобто, це теоретична модель міжнародного торговельного балансу, в якій вважається, що існують дві країни, кожна з яких виробляє два види товарів (промислові та продовольчі) з використанням двох видів ресурсів (праці та землі). Фактори виробництва в кожній з країн вважаються повністю задіяними та немобільними.

Автор зазначає, що технологічні інновації сприяють зменшенню ціни продукції за рахунок відносного зменшення собівартості та кількості потрібних для цього ресурсів. Тому

<sup>4</sup> Виключенням з цієї ситуації М. Познер вважає ситуацію, коли країна, що відстає, реалізує на практиці інновації в іншій галузі промисловості, ніж та, де вона не є лідером.

країна-новатор отримує конкурентні переваги перед своїм торговельним партнером та може експортувати більші обсяги своєї продукції, витрачаючи менше коштів.

Р. Джонс поставив завдання визначити, як різниця у виробничих функціях країн, що виникає під впливом технічних інновацій, змінює базову модель торговельного балансу. При цьому він, так само як і його попередники, виходить з положення про те, що вподобання споживачів в обох країнах однакові, а монетарна й фіскальна політика країн та транспортні витрати ігноруються.

Для вирішення поставленого завдання вчений дослідив відносну зміну цін на товари в рамках моделі:

$$(\hat{P}_M - \hat{P}_F) = |\Theta| (\hat{w} - \hat{r}) - (\pi_M - \pi_F), \quad (2)$$

$$|\Theta| = \Theta_{LM} - \Theta_{LF},$$

де  $M$  – промисловий товар;  $F$  – продовольчий товар;  $L$  – праця;  $\hat{P}_M, \hat{P}_F$  – зміна ціни промислового та продовольчого товарів, відповідно;  $\hat{w}$  – відносна зміна заробітної плати;  $\hat{r}$  – відносна зміна земельної ренти;  $\pi_M, \pi_F$  – відносний розмір скорочення витрат на виробництво промислових та продовольчих товарів, відповідно;  $\Theta_{LM}, \Theta_{LF}$  – частка праці у виробництві промислових та продовольчих товарів, відповідно.

Знак  $|\Theta|$  показує, виробництво яких товарів є більш трудомістким. Якщо в обох країнах виробництво промислових товарів є більш трудомістким (тобто, значення  $|\Theta|$  є позитивним), то перевага у виробництві трудомісткої продукції буде у країні з нижчим рівнем заробітної плати.

Рівняння (2) дозволяє уточнити це твердження з урахуванням впливу технологічних змін: виробництво більш трудомісткого товару може виявитися дорожчим в країні з низькою заробітною платою, якщо інша країна має досить велику технологічну перевагу у виробництві такого товару. Тобто, якщо враховувати технологічні інновації, то, відповідно до теорії порівняльних переваг, значення в цьому випадку

ку матимуть насамперед відмінності у продуктивності праці.

При цьому, якщо замінити землю (необільний фактор виробництва) на капітал та зробити останній мобільним (наприклад, завдяки іноземним інвестиціям), то, в такому разі, технічні інновації можуть призвести до збільшення доходу від інвестицій в капітал. Це у кінцевому рахунку призведе до її спеціалізації на випуску товару, який забезпечує більш високий дохід від інвестицій.

У подальшому через міжнародну торгівлю ціни на фактори виробництва на міжнародних ринках можуть зрівнятися, проте частки цих факторів у вартості кінцевої продукції (інноваційної в одній країні та неінноваційної — в іншій) будуть все більше різнитися, і технологічний розвиток таких країн буде відбуватися по-різному. Таким чином, продукція, що виробляється в різних країнах, може бути однаковою, проте, через різницю у цінах та співвідношення факторів виробництва, національні виробничі функції відрізняться.

Загалом нові технології можуть бути перенесеними і до менш розвинутої країни, проте це вимагатиме значних інвестицій в капітал, а також залучення (наприклад, завдяки іноземним інвестиціям) кваліфікованих робітників та управлінців, обізнаних з новою технологією. При цьому, як і в статті М. Познера, підкреслюється, що такий трансфер вимагає часу та інших витрат щонайменше на оволодіння навичками з їх використання. Якщо запозичення нової технології з тих чи інших причин є неможливим, то цій країні для надолуження відставання від конкурентів потрібно займатись власними розробками, що також вимагає часу та коштів. Тобто, перенесення технології та/або створення власних технологій пов'язане з відставанням, за термінологією М. Познера, та його надолуженням.

У цілому модель Р. Джонса, як і попередні дослідження, що базуються на теоремі Хекшера-Оліна, є дуже абстрактною. Крім того, його твердження про відмінності у виробничих функ-

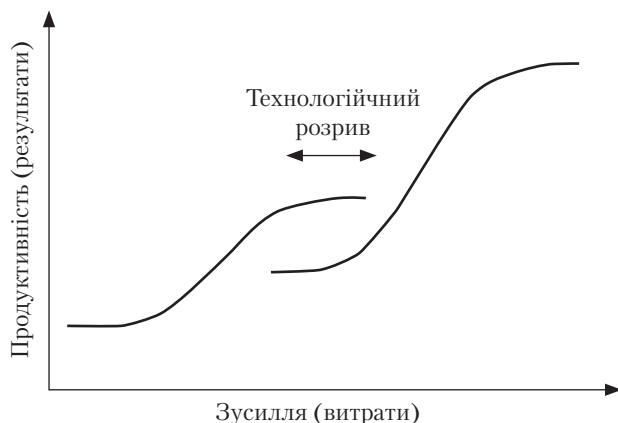
ціях країн з різним технологічним розвитком та перенесення нових технологій з однієї країни до іншої не формалізовані, а є тільки суб'єктивними висновками автора.

Принципово важливим подальшим етапом у розумінні технологічних розривів стала відома монографія колишнього директора всесвітньовідомої консультаційної фірми McKinsey & Company Р. Фостера «Оновлення виробництва: атакуючі виграють» (1986) [16; 18], в якій він розглядає проблему не в контексті теорії міжнародної торгівлі та порівняльних переваг, а з позицій динаміки самих технологій, їх життєвого циклу, описуваного S-подібними технологічними кривими.

Ідея Р. Фостера полягала в тому, що нові технології в своєму розвитку проходять три основних етапи. На першому кожна технологія вимагає значних затрат часу, коштів і зусиль на їх доведення до стадії корисного продукту. На наступному етапі — на висхідній ділянці S-подібної технологічної кривої — за порівняно незначних витрат досягається значна віддача від використання цієї технології. Після цього настає останній, рубіжний етап життєвого циклу технології — коли значні вкладення приносять тільки незначний результат. Тобто, на останньому етапі діюча технологія вичерпує свої можливості й виникає потреба в її заміні на нову.

При цьому Р. Фостер зауважує, що S-подібні технологічні криві «...майже незмінно ходять парами» (рис. 1), а технологічний розрив (англ. *gap*) [18, с. 273] — це проміжок між парою S-подібних технологічних кривих, коли одна технологія заміщує іншу.

Тобто, на відміну від попередніх уявлень, наприклад, М. Познера, технологічний розрив за Р. Фостером — це не просто проміжок часу, протягом якого потрібно навчитися новій технології, зімітувати її або створити власну аналогічну (ламінальний, поступовий розвиток), а заміна однієї технології на іншу (часто — радикально відмінну від попередньої), стрибкоподібний перехід (турбулентний, революційний розвиток).



**Рис. 1.** Життєвий цикл технологій і технологічні розриви в контексті кіберфізичних систем Індустрії 4.0

Р. Фостер не запропонував конкретних методик побудови технологічних кривих і визначення розривів, відсутні в його роботі й формалізовані моделі цих кривих. Як приклад за наявною статистичною інформацією за певний проміжок часу він проаналізував технологічну криву в галузі створення та імплантації штучного серця, де зусиллями виступали витрати часу на дослідження, а результатом — тривалість життя пацієнта з імплантатом. Щодо визначення меж використання конкретних технологій, оцінки технологічних розривів, а також визначення заходів для їх подолання — це є самостійним завданням кожної компанії, якщо вона бажає залишитися лідером [18, с. 87].

Концептуальне бачення проблеми Р. Фостера [16] передбачає розгляд технологічних кривих і розривів на мікрорівні, тобто на рівні окремих підприємств і компаній (груп компаній). Це ускладнює аналіз, якщо стоїть завдання оцінки технологічного розвитку національної економіки в цілому, адже технологічні криві, що існують в різних секторах промисловості та які описував Р. Фостер, можуть накладатися одна на одну, при цьому неминуче перетинатимуться різні етапи цих різних технологічних кривих тощо, що ускладнює загальну картину по країні в цілому та проведення міждержавних порівнянь.

Інший підхід до розуміння проблеми технологічних розривів, що дозволяє робити міждержавні порівняння, запропонував норвезький вчений Я. Фагерберг. У статті, що вийшла у 1988 р. [19], він висунув теорію технологічних розривів економічного зростання, яка спирається на концепцію еволюційної економіки (англ. *evolutionary economics*) [20]. На його думку, така теорія мала стати відповіддю на неспроможність неокласичних теорій економічного зростання пояснити особливу роль інновацій та розповсюдження виробничих технологій в умовах глобального економічного зростання. У свою чергу, виходячи з ідей Я. Фагерберга, технологічні розриви — це істотні технологічні відмінності між багатими та бідними країнами [21, с. 1292].

Я. Фагерберг розробив модель зв'язку економічного зростання та платіжного балансу в рамках теорії міжнародної конкурентоспроможності. В його моделі найбільший інтерес становить запропонований автором підхід до оцінки рівня технологічного розвитку країн. На його думку, зміна обсягів експорту та імпорту залежить від співвідношення між рівнями технологічного розвитку досліджуваної країни та передових в цьому сенсі країн, яке він позначив як  $\frac{Q}{Q^*}$ , де  $Q$  — рівень технологічного розвитку досліджуваної країни, а, відповідно,  $Q^*$  — рівень технологічного розвитку передових країн [19].

Звідси випливає, що при порівнянні технологічного розвитку передових країн це співвідношення наближається до 1, а при збільшенні різниці у технологічному розвитку країн — його значення прямує до нуля. Тобто, можна припустити, що достатньо високі значення цього співвідношення свідчать про технологічне відставання між країнами, а близькі до нуля — про технологічний розрив.

Важливим наступним кроком на шляху поєднання макро- і мікроекономічного підходів до розуміння процесів технологічного розвитку і технологічних розривів стала праця британсь-

ко-венесуельської вченої К. Перес «Технологічні революції та фінансовий капітал. Динаміка бульбашок та періодів процвітання» (2002 р.) [22, 23]. Нею було висунуто плідну концепцію технологічного розвитку, що є комбінацією та подальшим розвитком ідей М. Кондратьєва щодо довгих хвиль розвитку [24], Й. Шумпетера щодо ролі інноваторів і творчого руйнування [25], Р. Фостера щодо технологічних розривів [16], а також містить елементи світ-системної теорії [26].

На думку К. Перес, приблизно кожні 50 років з'являються радикальні технологічні інновації, або, за висловом автора, — великі революційні стрибки у технології (англ. *big revolutionary leaps in technology* [23, с. 60]), які докорінно змінюють не тільки ту галузь промисловості, де вони виникли, а й решту промисловості, інші сфери економіки, суспільство, державу та наявні в ній інститути. Такі революційні інновації, а також інші супутні технології та нововведення, трансформують виробництво, стають основою промислових революцій і спричиняють так звані довгі Великі хвилі. Вони, на думку К. Перес, мають вигляд не типових довгих хвиль М. Кондратьєва, а логістичних технологічних кривих, як у Р. Фостера. Також вони є перериваними та накладаються одна на одну при зміні технологічних парадигм (тобто, коли одна група технологій застаріває, а їй на зміну приходить нова).

Тобто, в своїй роботі К. Перес перейшла від запропонованої Р. Фостером теорії розривів до макрорівня та обрала революційні інновації, що зачіпають не лише одну галузь промисловості, а всю економіку країни і навіть суспільство, спонукаючи останнє до суттєвих змін як в частині поведінки з технологіями, так і в частині перегляду усталених правил його функціонування. При цьому розрізнені технологічні криві, якщо розглядати їх з позицій макрорівня, та довгі технологічні хвилі, «згладжуються», а отже, більш реальною стає можливість оцінювати та моделювати їх.

К. Перес майже не використовує термін «розриви»<sup>5</sup>, проте зазначає, що розвиток окремих галузей промисловості впродовж довгої хвилі характеризується розходженням (англ. *divergence*). Таке розходження у розвитку спостерігається між новими, модернізованими видами діяльності та старими, такими, що стали традиційними в межах нової парадигми технологічного розвитку [23, с. 61]. З часом та розповсюдженням нових технологій серед все більшої кількості економічних суб'єктів таке розходження може зменшитися, зокрема й через те, що застарілі види економічної активності вже відійдуть.

Крім того, коли йдеться про розповсюдження у світі нових технологій в ході чергової Великої хвилі, можна спостерігати процес відставання (англ. *lagging*). Спочатку революційні технології визрівають, «вибухають» та отримують розвиток в країні-ядрі, і лише з часом інвестори переміщуються з цієї країни в інші країни світу у пошуках порівняльних переваг та можливостей розширення вже насичених ринків [23, с. 63, с. 95].

Згідно з концептуальним підходом К. Перес, різниця в технологічному розвитку між країнами є наслідком поєднання комплексу різнопланових факторів: ступеня загального економічного розвитку країни, наявної інфраструктури, досвіду людей, інституційних умов, наявної науково-технічної бази та інвестицій в науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи (НДДКР), часу, необхідного для впровадження нових технологій у життя. Тобто, концепція різниці в технологічному розвитку країн та причин цього явища, зазначеного вченою, можна вважати також подальшим розвитком

<sup>5</sup> Термін «розрив» (англ. *gap*) К. Перес використовує в значенні «нерівність» щодо різниці в доходах найбагатших прошарків населення з рештою населення країни, збільшення частки населення, що належить до найбідніших прошарків, та при описі різниці у значеннях ВВП в постійних та поточних цінах у фазі агресивного технологічного розвитку та у переломний момент [23, с. 99–111].

ідей М. Познера щодо сутності технологічних розривів.

Плідна ідея циклічності інноваційного процесу, до якої зверталася К. Перес, спричинила багато інших досліджень у цій галузі, серед яких доцільно звернути увагу на праці М. Хіроока [27], який на основі аналізу значного масиву даних висунув гіпотезу про наявність зв'язку між інноваціями і великими циклами Кондратьєва, а також обґрунтував, що дифузія нововведень синхронізується з підвищувальною хвилею циклу, роботи А. Акаєва [28], який розробив математичну модель довготривалого макроекономічного зростання, що враховує вплив циклічних коливань, теоретичні дослідження В. Дементьєва [29], який акцентував увагу на взаємодії екстрактивних та інклюзивних інститутів у контексті зміни технологій, та ін.

У 2008 р. Світовий банк запропонував свій комплексний індекс, що дозволяє оцінити технологічний розвиток країн та, відповідно, зробити на його основі порівняння між країнами [30, с. 4–5].

Технологічні досягнення оцінюються за допомогою цього індексу шляхом виявлення того, наскільки інтенсивно використовуються та/або генеруються різні технології в країні. Така інтенсивність оцінюється за чотирма параметрами:

- 1) масштаб наукових винаходів та інновацій;
- 2) розповсюдженість старих технологій;
- 3) розповсюдженість більш нових технологій;
- 4) використання зарубіжних технологій в національному виробництві.

Різницю в значеннях цих чотирьох параметрів (наприклад, при порівнянні багатих країн з бідними), фахівці Світового банку і вважають технологічним розривом (англ. *technology gap*). Так, вони зазначають, що у бідних країнах через низький рівень доходів, нестачу навичок щодо використання таких технологій, а також відсутність відповідної інфраструктури, використовується лише ¼ рівня технологій багатих країн [30, с. 7].

При цьому слід зазначити, що поняття «технологічний розрив» та «технологічне відставання» тривалий час використовувалися як синоніми.

Проте останнім часом фахівці провідних міжнародних установ та організацій стали більш обережно застосовувати ці терміни.

Так, при порівнянні технологічного розвитку країн фахівці Міжнародного валютного фонду [31] оперують поняттям «технологічне відставання». «Технологічний розрив» використовують щодо нових/модернізованих підприємств та немодернізованих. Його можна подолати лише шляхом заміни застарілих технологій і організаційних рутин новими.

Часто термін «технологічний розрив» використовується щодо праці, навичок та кваліфікації, необхідних для роботи з новими технологіями.

Так, у звіті Міжнародного Валютного фонду [32] зазначається, що станом на 2018 р. є значні прогалини у методології та методиках збору статистичної інформації про працю (продуктивність, нові види економічної діяльності тощо).

Одна з чотирьох найбільших у світі компаній у сфері консалтингу та аудиту – Deloitte – також використовує термін «розрив» лише щодо навичок, необхідних для роботи з новими технологіями, та нестачі персоналу, що ними володіє [33].

Аналогічно застосовано термін «розрив» і фахівцем іншої найбільшої компанії у сфері аудиту та консалтингу – EY – Л. Келдвел. Вона зазначає, що через розрив між потребами у робочій силі з відповідними навичками та її наявністю на ринку праці у 2028 р. у промисловості США буде вакантними 2,4 млн робочих місць. Тобто, за 10 років (з 2018 р.) цей показник збільшиться майже на 2 млн і кандидатів на вільні робочі місця не має, оскільки наразі кваліфікація трудових кадрів дуже низька [34].

Підсумовуючи наведені вище дослідження, що стосуються визначення поняття «технологічний розрив» слід зазначити, що хоча по-



няття «технологічний розрив» та «технологічне відставання» були запропоновані майже 60 років тому, їх чіткого визначення та різниці між ними в науковій літературі та звітах провідних міжнародних організацій (МВФ, Світовий банк тощо) досі не надано. Більше того, в англійській літературі ці поняття часто застосовуються як синоніми, або термін «технологічне відставання» з міркувань політичності вживають до країн, що розвиваються, як пом'якшений варіант виразу «технологічний розрив».

Незважаючи на це, проведений в роботі аналіз показав, що ці поняття доцільно розрізняти в рамках концепції життєвого циклу технологій. Тому, з метою забезпечення чіткості формулювань, запропоновано використовувати такі їхні визначення.

*Технологічне відставання* — незначна відстань у технологічному розвитку, що виникає переважно між країнами зі схожим рівнем доходів, які розвиваються переважно в рамках одного технологічного укладу. Для ситуації технологічного відставання є характерним інновації еволюційного типу, що надають одній країні можливість отримати конкурентні переваги в короткостроковій перспективі, які інша країна може повторити (шляхом імітації або власних розробок) досить швидко і з порівняно незначними витратами коштів та часу, і, таким чином, повернути собі втрачені конкурентні позиції. Тобто, у зазначеному випадку йдеться про одну й ту ж S-подібну технологічну криву.

*Технологічний розрив* — значна відстань у технологічному розвитку між країнами, виникнення якої можливо двома шляхами:

1) між країнами зі схожим рівнем доходів та однаковим технологічним укладом у разі появи в одній з них масштабних інновацій революційного типу, що належать до вищого технологічного укладу, або появи комплексу інновацій еволюційного типу, що з'являються з такою швидкістю і в таких масштабах, які не дозволяють іншій країні в короткостроковому періо-

ді створити власні та/або зімітувати аналогічні інновації для повернення втрачених конкурентних позицій на світових ринках;

2) між країнами, економіка яких характеризується різними технологічними укладами, та переважно з дуже відмінними рівнями доходів населення в них.

Тобто, у такому випадку йдеться або про перехід з однієї S-подібної технологічної кривої на іншу, або про різні S-подібні криві.

Таке визначення технологічного розриву є більш жорстким, ніж запропоноване М. Познером, адже у випадку, якщо країнам притаманні різні технологічні уклади, то для аутсайдерів фактично залишається позиція вічно «наздоганяючих», таких, що можуть лише намагатися наблизитися до країн-новаторів, а не стати з ними на одну сходинку, оскільки динамізм їхнього технологічного розвитку (маса і швидкість інновацій), за інших рівних умов, завжди буде меншим від динамізму країн-лідерів. І лише сприятливий збіг обставин у поєднанні з багаторічними цілеспрямованими й послідовними зусиллями суспільства з формування національної інноваційної системи й створення відповідної культури можуть радикально змінити ситуацію на краще (як, це, наприклад, свого часу відбулося у Південній Кореї і тепер відбувається у Китаї).

Зважаючи на це, важливо підкреслити, що у цьому випадку йдеться саме про довгострокове технологічне відставання, вимірюване у фізичній продуктивності технологій, а не про економічне відставання, вимірюване, наприклад, ВВП на душу населення. ВВП можна відносно швидко наростити, масово впроваджуючи добре відпрацьовані технології з верхньої частини S-подібних кривих, але це не допоможе підвищити конкурентні позиції країни у довгостроковій перспективі. Тобто, на відміну від розповсюдженої точки зору, масові інновації не є запорукою стратегічного успіху країни, тоді як насправді важливим є те, технології якого рівня вона розробляє (імітує) та впроваджує.

## МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РОЗРИВІВ В УМОВАХ ІНДУСТРІЇ 4.0

В основу пропонованого методичного підходу до оцінювання технологічних розривів покладено низку положень.

По-перше, йдеться не про ламінарний (поступовий) технологічний розвиток, а про турбулентний, революційний. Загалом обидва підходи мають право на наукове життя, а все залежить від обставин, місця і часу. Оскільки саме тепер розгортається чергова, уже четверта промислова революція, саме на часі аналізувати реалії революційного розвитку, зазвичай описувані концепцією життєвого циклу технологій і стрибкоподібних переходів між технологічними кривими.

По-друге, оскільки виконується порівняння країн в цілому, тобто аналізуються макро-, а не мікроекономічні показники, то йдеться про групи домінуючих технологій у тій чи іншій країні, які визначають загальний техніко-технологічний рівень національних економік, а не про окремі технологічні рішення, які можуть належати до різних укладів.

По-третє, враховується, якими є головні особливості нових домінуючих технологій, оскільки це має принципове значення для визначення факторів впливу на їхній розвиток і параметризації S-подібних технологічних кривих.

Індустрія 4.0, яка формується на наших очах, є продуктом нової, вже четвертої, промислової революції. Ця індустрія, по-перше, базується на цифровій революції, і, по-друге, характеризується злиттям інноваційних технологій, що розмивають лінії між фізичними, цифровими та біологічними сферами [35, с. 11–12].

Серцевину цієї промисловості складають «розумні» кіберфізичні системи, завдяки яким формується нове суспільство, яке вже не можна назвати ані індустріальним (виробництво товарів), ані постіндустріальним (надання послуг). Воно взагалі є якісно іншим — одночасно і кібернетичним, і фізичним, а його гібридні

продукти «... не є ні товарами, ні послугами виключно» [4, с. 20]. Кіберфізичні технології та штучний інтелект дають можливість зробити його «розумним» і будувати на цій основі новий смарт-соціум, який японці уже назвали суспільством 5.0 [36].

У цьому сенсі відома дихотомія «Індустріальний-постіндустріальний» втрачає свій сенс. У смарт-суспільстві, новому смарт-виробництві і «залізо», і «цифра» органічно доповнюють один одного і спільно розвиваються, коеволюціонують. Але межі можливостей цієї коеволюції все ж більшою мірою визначаються розвитком «заліза», а не «цифри» як такої. Щоб пояснити цю думку звернемося ще раз до концепції життєвого циклу технологій, в рамках якої залежність між витратами на створення і просування нових виробничих технологій та одержуваними результатами описується S-подібними (логістичними) технологічними кривими (рис. 2).

Як вже було зазначено, економічний сенс цих кривих полягає в тому, що спочатку, коли нова технологія тільки починає свій життєвий шлях, зусилля з її розвитку, як правило, приносять скромні результати, оскільки створення нових налаштувань і виробничих процесів, методів та інструментів вимагають часу й грошей. Але, пізніше, як результат цих зусиль, нова технологія розкриває свій потенціал ( $\Delta y_4 > \Delta y_3$ ) (якщо тільки втілені в ній ідеї виявилися правильними, а не помилковими) і приносить зростаючу віддачу, зокрема й за рахунок використання можливостей інформаційно-комунікаційних технологій. Нарешті, на стадії зрілості, подальші вкладення у вдосконалення технологій вже дають тільки незначний приріст результатів з точки зору їх фізичної продуктивності.

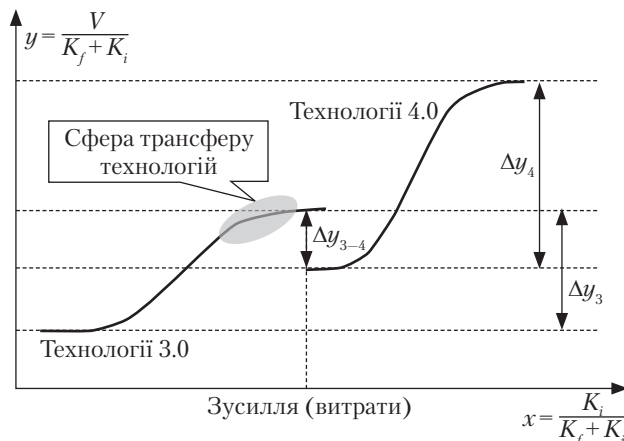
Це свідчить про те, що потенціал таких інженерно-конструкторських рішень переважно вичерпано, і його вже не можна наростити за допомогою всіляких цифрових хитрувань. Іншими словами, якщо використовується старе «залізо», то ніякий, навіть найкращий «софт»

і засновані на ньому методи управління не в змозі підвищити загальну продуктивність системи вище певного рівня. А тому для вирішення цього завдання потрібен пошук нових інженерно-конструкторських рішень і перехід на нові технологічні криві, навіть якщо він супроводжується тимчасовим економічними втратами  $\Delta y_{3-4}$  на рис. 2).

У зв'язку з тим, що в Індустрії 4.0 розвиток виробничих технологій якнайтісніше пов'язаний з розвитком технологій цифрових, відмінність концептуального підходу, проілюстрованого на рис. 2, полягає у тому, що витрати описано через зміну структури капіталу — питомої ваги цифрового капіталу  $K_i$  в його загальній величині (сумі капіталів цифрового і фізичного), так що більш продуктивним виробничим технологіям відповідає більша питома вага  $K_i$ .

Це в цілому відповідає сучасній практиці. У Німеччині, наприклад, яка є одним з лідерів Індустрії 4.0, зростання промислового виробництва й продуктивності праці забезпечується, головним чином, за рахунок фактора програмного забезпечення [36, с. 28–32]. У багатьох розвинених країнах саме цифровий (а не фізичний) капітал, і особливо його нематеріальна частина, демонструє випереджаючі темпи зростання: якщо в середньому в світі цифрові інвестиції в нематеріальні активи складають близько 50 % вкладень в цифрові матеріальні активи, то в Ізраїлі, Японії, Швеції, Великобританії і США — близько 70 % [38].

Як уже зазначалося, найбільший фінансовий прибуток виробничі технології зазвичай приносять на етапі фізичної зрілості, коли вони добре відпрацьовані. Тому такі зрілі технології вигідно експортувати (сфера трансферу технологій на рис. 2). При цьому ті країни, які їх купують, адаптують і впроваджують з метою підвищення загального рівня національної економіки, завжди будуть відставати від країн—технологічних лідерів, які мають можливість використовувати потоки грошей від експлуатації і продажу зрілих технологій для

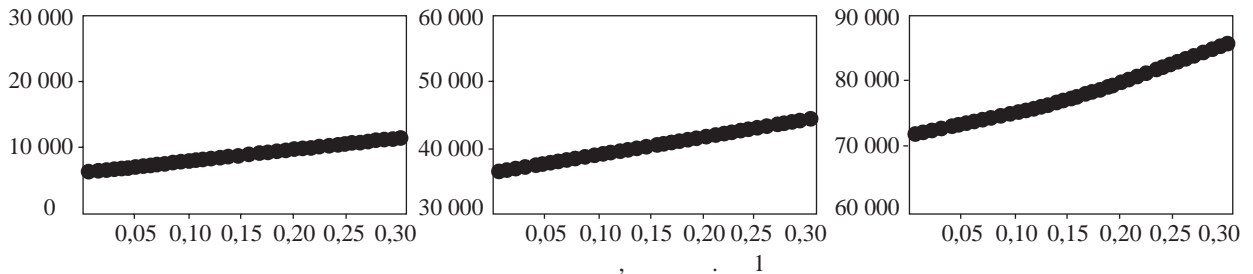


**Рис. 2.** Пара S-подібних технологічних кривих і технологічний розрив за Р. Фостером [18, с. 86]. Умовні позначення:  $K_i$  — цифровий капітал;  $K_f$  — фізичний капітал;  $V$  — додана вартість;  $\Delta y_3$  — потенціал продуктивності технологій 3.0;  $\Delta y_4$  — потенціал продуктивності технологій 4.0;  $\Delta y_{3-4}$  — тимчасова втрата продуктивності при переході від технологій 3.0 до технологій 4.0

інвестицій в нові покоління інженерно-конструкторських рішень, потенційно здатних принести набагато більшу віддачу, ніж технології попередніх поколінь. Тобто, в термінах рис. 2, початкові втрати від переходу на технології 4.0 можуть бути значно компенсовані зростанням їх фізичної продуктивності та фінансових результатів. Більш того, як показано на рис. 2, кут нахилу середньої частини S-подібної кривої технологій 3.0 менше, ніж кут нахилу середньої частини S-подібної кривої технологій 4.0.

Цю концепцію можливо і доцільно поширити також на сферу технологічного розвитку національних економік, які використовують домінуючі технології<sup>6</sup> різного рівня і ступеня розвитку. Тобто, для певної національної економіки просунення між точками однієї й тієї ж S-подібної кривої вправо можна трактувати як розвиток домінуючих технологій заданого рівня. Саме це твердження і становить ключову гіпотезу і вихідну точку подальших розрахунків, заснованих на історичних економічних даних.

<sup>6</sup> Підкреслимо, що тут йдеться саме про домінуючі (масово вживані) технології, а не про окремі взірці технологій, які не чинять суттєвого впливу на загальну картину в країні.



**Рис. 3.** Залежність між фондоозброєністю ( $x$ ) і продуктивністю праці ( $y$ ) в Україні, Чехії та Німеччині. Фактична фондоозброєність в Україні – 0,007–0,010 млн дол. на 1 особу, у Чехії – 0,12–0,17 млн дол. на 1 особу, у Німеччині – 0,23–0,30 млн дол. на 1 особу

Розглянемо три країни: Україну та членів ЄС – Чехію й Німеччину. Як відомо, Україна сьогодні характеризується відносно низьким рівнем технологічного розвитку. Та промисловість, яка складає основу її індустріального потенціалу (а це, насамперед, галузі паливно-енергетичного й металургійного комплексів) – це технології рівня 3.0 або нижче<sup>7</sup>. Повна протилежність – це промисловість лідера ЄС Німеччини, яку за багатьма ознаками можна віднести до Індустрії 4.0. Чехія, яка традиційно належить до групи індустріально розвинених країн, займає проміжне становище, так що її промисловість можна назвати Індустрією 3+.

Згідно з запропонованою вище концепцією будемо вважати, що в кожній національній економіці продуктивність (результат) є функцією від витрат у вигляді вкладень у фізичний і цифровий капітали (так що фізичний капітал не можна нарощувати без вкладень у капітал цифровий), і загального рівня науково-технічного розвитку країни. Результатом будемо вважати продуктивність праці (ВВП у розрахунку на 1 одну особу робочої сили), а витратами (зусиллями) – фондоозброєність праці (залишкову вартість основних фондів у розрахунку на 1 особу робочої сили країни). Власне, це класична залежність продуктивності праці від її фондоозброєності.

<sup>7</sup> І видобувні галузі, і металургійний комплекс можуть бути перебудовані на принципах «смарт». Проте в Україні поки що про це не йдеться [39].

При цьому кожна з країн розвиває свої домінуючі технології, так що більшим витратам ( $x$ ) відповідають більші результати ( $y$ ), але ця залежність не є лінійною, а S-подібною, яка описується такою формулою логістичної кривої:

$$y = \frac{A}{1 + 10^{a - (1 + \mu)x}} + C, \quad (3)$$

де  $A$  – параметр, що визначає нижню межу логістичної кривої;  $C$  – параметр, що визначає різницю між верхньою і нижньою межами логістичної кривої;  $a$  – параметр, що визначає вплив науково-технічного прогресу (залежність між видатками на НДДКР і продуктивністю праці);  $\mu$  – параметр, що характеризує співвідношення фізичного і цифрового капіталу.

Параметризацію функції (3) було виконано за допомогою інструментарію *MS Excel* з використанням статистичних даних характеризованих країнах за низку років<sup>8</sup>. Результати моделювання представлено на рис. 3.

<sup>8</sup> Для параметризації моделі було використано статистичні дані аналізованих країн за 2005–2018 рр. (за виключенням 2008–2009 рр., коли була світова фінансова криза, яка спричинили різкі зміни економічних показників). При цьому параметр  $a$ , що визначає вплив науково-технічного прогресу, було визначено за результатами кореляційно-регресійного аналізу змінних, які характеризують видатки на НДДКР [46] і продуктивність праці по країнах світу, а параметр  $\mu$ , що характеризує співвідношення фізичного і цифрового капіталу, визначено за даними McKinsey & Co. [38]. Інші параметри моделі було розраховано з використанням надбудови до *MS Excel* «пошук рішення».

Як видно, навіть за умови досягнення тієї ж фондоозброєності в Україні, як в Чехії та Німеччині, вона не зможе їх наздогнати за показником продуктивності праці, якщо тенденції розвитку, притаманні останнім десятиріччям, буде продовжено. Тобто, оскільки домінуючими є технології 3.0, то навіть масове впровадження інновацій, зокрема й базованих на покупних технологіях (сфера трансферу технологій на рис. 2), не зможе вирішити проблеми конкурентоспроможності національної економіки і переходу зі стану «сировинного придатку» розвинених країн, до стану «нового індустріального тигру» з домінуючими технологіями 3.0+ і 4.0. Технологічний розрив, вимірюваний відставанням у продуктивності праці, за одного і того ж рівня фондоозброєності (0,1 млн дол. на 1 особу, якщо Україна зможе його досягти) становить: у порівнянні з Чехією — продуктивність у 5 разів менше (тобто розрив складає приблизно 30 тис. дол. на 1 особу робочої сили), а порівняно з Німеччиною — у 10 разів менше (приблизно 65 тис. дол. на 1 особу).

Зрозуміло, на це можна заперечити, що тенденції, розраховані на історичних даних, нічого не говорять про те, як зміниться ситуація, якщо країна здійснить ривок, супроводжуваний переходом на нову технологічну криву. Це є цілком ймовірним. Але важливо розуміти, що такий перехід — це надзвичайно складна проблема, яку не можна розглядати тільки як інженерне завдання, або тільки як фінансову проблему (оскільки проблему технологічного розриву не можна вирішити шляхом її «залиття» грошима). Технології розвиваються не у вакуумі, а у відповідному культурному та інституційному середовищі. Про це свідчать останні досягнення інституційної та еволюційної теорії в економіці, які стверджують, що для успіху потрібні також інститути переважно інклюзивного, а не екстрактивного типу [40], розвинений культурний капітал [41], організаційні рутини, що відповідають вимогам хайтеку [42], тобто все те, що у комплексі можна на-

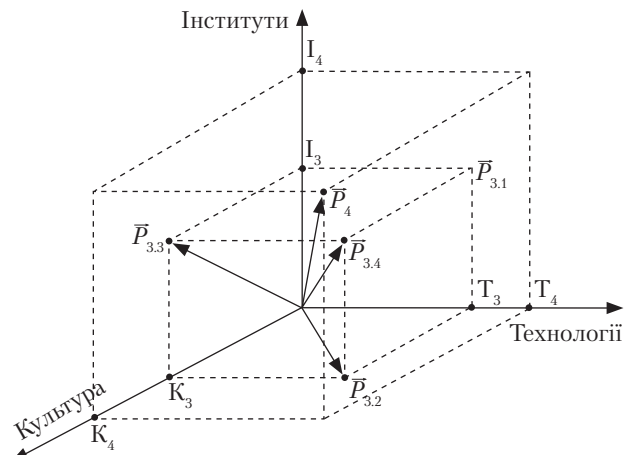


Рис. 4. Графічна ілюстрація альтернатив розвитку бізнесової екосистеми України

звати відповідною, орієнтованою на інновації бізнесовою екосистемою (рис. 4).

У біології під екосистемою зазвичай розуміють сукупність живих організмів у поєднанні з неживими компонентами навколишнього середовища, які взаємодіють як єдина система, а в економіці — це динамічні стабільні мережі різноманітних взаємопов'язаних підприємств та інститутів (зокрема й культурних), що функціонують у межах обмеженого географічного простору [43, с. 1]. Основна ідея екосистеми (теорія яких в економіці швидко прогресує) полягає, з нашої точки зору, в концепції генно-культурно-технологічної коеволюції. Тобто, бажаний перехід Індустрії 4.0 (вектор  $P_4$ ), окрім інновацій відповідного рівня, вимагає одночасної зміни інститутів і культури, чого не можна досягти швидко, оскільки це потребує тривалого часу для поступового й послідовного прогресу. Як справедливо зазначав Дж. Даймонд: «Не можна просто поділитися досвідом роботи ефективних інститутів з бідними країнами типу Парагваю і Малі і чекати, що вони застосують набуті знання і за показниками валового національного продукту на душу населення наздоженуть Сполучені Штати і Швейцарію. ... Ефективні інститути — це не випадковий параметр, який міг з рівною ймовірністю з'явитися у будь-якого

суспільства планети, будь то Данія або Сомалі. З моєї точки зору, ефективні інститути завжди виникали як результат довгого ланцюжка історичних звершень — сходження від вихідних факторів географічного характеру до похідних від них безпосередніх факторів, серед яких є й інституційні» [44, с. 561].

Наразі більш реальні вектори розвитку для України — це вектори розвитку технологій Індустрії 3.0 ( $\bar{P}_{3.1}$ ,  $\bar{P}_{3.2}$ ,  $\bar{P}_{3.3}$ ,  $\bar{P}_{3.4}$ ), хоча, зрозуміло, що при такому формулюванні питання Україна залишається в рамках категорії технологічного розриву, а не більш бажаної категорії технологічного відставання.

Але для цього потрібно багато чого зробити з того, що не робилося раніше і не робиться тепер. Насамперед, це стосується, як підкреслено у роботі [45], нагальної необхідності прискореного розвитку науково-технічної сфери, до якої «прив'язані» відповідні інститути (зокрема й організаційні рутини) і культура. Першими кроками у цьому напрямі можуть стати створення в Україні, за прикладом ЄС, груп високого рівня з ключових технологій, визначення та періодичне оновлення національного переліку цих технологій, підвищення рівня фінансування НДДКР мінімум до 2 % ВВП<sup>9</sup>, стимулювання приватного фінансування НДДКР і збільшення його частки в загальному обсязі фінансування до 50 % [47, с. 121] та низка інших заходів.

## ВИСНОВКИ

Швидкість технологічних змін у світі прискорюється завдяки розгортанню четвертої промислової революції. Формується нова геоeko-

номічна й геополітична реальність, в якій головними гравцями стануть лідери в розвитку та розміщенні технологій Індустрії 4.0. Зважаючи на це, збільшується значення концепції технологічних розривів. Україні життєвоважливо визначити своє місце у цьому процесі глобальних трансформацій і зрозуміти, яким саме є відставання від індустріальних лідерів і в якому напрямку потрібно рухатись, щоб його, принаймні, зменшити, а не збільшити. Адже, якщо відбуватиметься збільшення технологічних розривів, то всі розмови про Євроінтеграцію нічого не варті. Або ж вона відбудеться на умовах використання України як сировинного придатку індустріально розвинених європейських країн і місця зосередження брудних технологій.

Існують різні підходи до визначення розривів, що базуються на теорії міжнародної торгівлі, інновацій, життєвого циклу технологій, еволюційної економіки, на мікро- та на макрорівнях, розроблених різними організаціями тощо. Їхній критичний огляд дозволив розробити нове бачення, яке ґрунтується на теорії життєвого циклу технологій. При цьому запропоновано розрізняти технологічне відставання та технологічні розриви.

Технологічне відставання — це незначна відстань у технологічному розвитку, що виникає переважно між країнами зі схожим рівнем доходів, які розвиваються в основному в рамках одного технологічного укладу. А технологічний розрив — це значна відстань у технологічному розвитку між країнами, виникнення якої можливо у двох випадках: між країнами зі схожим рівнем доходів та однаковим технологічним укладом у разі появи в одній з них інновацій революційного типу або масових інновацій еволюційного типу; між країнами, економіка яких характеризується різними технологічними укладами.

З використання розроблених концептуальних положень здійснено емпіричну оцінку технологічного розриву між Україною та розвиненими країнами ЄС, яка заснована на концепції S-подібних кривих. Для цього побудовано

<sup>9</sup> За даними Всесвітнього банку, частка НДДКР у ВВП України в 2005–2017 рр. складала 0,45 % ВВП, у Російській Федерації — 1,11 %, Китаї — 2,13 %, США — 2,80 %, Німеччині — 3,04 %, при тому, що український ВВП у розрахунку на душу населення у рази менший, ніж у всіх зазначених країнах [46]. До того ж в Україні переважна частина фінансування, на відміну від розвинених країн, припадає на державу, а не на приватний сектор, що свідчить про таку інституційну структуру національної економіки, яка не заохочує інновації.

логістичну функцію, що визначає залежність між продуктивністю праці та її фондоозброєністю з урахуванням взаємозалежності фізичного й цифрового капіталу. Встановлено, що за одного і того ж рівня фондоозброєності (0,1 млн дол. на 1 особу робочої сили) технологічний розрив, вимірюваний відставанням у продуктивності праці, становить в Україні, порівняно з Чехією у 4,7 рази менше (або приблизно на 30 тис. дол. на 1 особу), а порівняно з Німеччиною — у 10 разів менше (або приблизно на 65 тис. дол. на 1 особу).

Обґрунтовано, що подолання цього розриву — це надзвичайно складне завдання, яке не є суто інженерною чи фінансовою проблемою (так що її не можна вирішити, «залити» гро-

шима), а потребує створення нової, орієнтованої на інновації бізнесової екосистеми, яка поступово формується у процесі генно-культурно-технологічної коеволюції. Початковими кроками на цьому довгому шляху має стати комплекс заходів щодо прискорення розвитку науково-технічної сфери України та пов'язаних з нею культури та інститутів.

*Роботу виконано в рамках проекту «Технологічні розриви і шляхи їх подолання в умовах глобальної нестабільності» цільової комплексної програми наукових досліджень НАН України «Реконструкція економіки України: історичні виклики і сучасні проекти».*

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. World Economic Forum. Industrial Internet of Things: Unleashing the Potential of Connected Products and Services. Cologne/Geneva, Switzerland: World Economic Forum, 2015. 39 pp.
2. Miebach Consulting. Miebach's nearshoring study shows: the production is being relocated closer to the industrialized countries. 2017. URL: <https://www.miebach.com/en/publications/?publication=203> (дата звернення: 07.08.2019).
3. European Commission, Directorate-General for Research and Innovation. Re-finding Industry — Defining Innovation. Report of the independent High Level Group on industrial technologies. Brussels: European Commission. 2018. 52 pp.
4. Smit J., Kreutzer S., Moeller C., Carlberg M. Industry 4.0: study. Brussels: European Union, 2016. 90 p.
5. Вишневикий В.П., Князев С.И. Смарт-промисловість: перспективи і проблеми. *Економіка України*. 2017. № 7 (660). С. 22—35.
6. European Commission. Key Enabling Technologies — Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs. 2016. URL: [https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/key-enabling-technologies\\_en](https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/key-enabling-technologies_en) (дата звернення 09.11.2019).
7. McKinsey & Company. Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy. New-York, USA: The McKinsey Global Institute, 2013. 162 p.
8. McKinsey Global Institute. A future that works: automation, employment, and productivity. New-York, USA: McKinsey & Company, 2017. 144 p.
9. Lawrence M., Roberts C., King L. Managing Automation. Employment, inequality and ethics in the digital age. IPPR Commission on Economic Justice. Discussion Paper. IPPR, 2017. 50 p.
10. Global Innovation Index. Global Innovation Index (GII) 2019: Creating Healthy Lives — The Future of Medical Innovation. 2019. URL: <https://www.globalinnovationindex.org/Home> (дата звернення: 09.11.2019).
11. Harvard's Growth Lab. The Atlas of Economic Complexity. 2019. URL: <http://atlas.cid.harvard.edu/rankings/> (дата звернення: 09.11.2019).
12. IMD business school. IMD World Digital Competitiveness Ranking 2019. 2019. URL: <https://www.imd.org/wcc/world-competitiveness-center-rankings/world-digital-competitiveness-rankings-2019/> (дата звернення: 09.11.2019).
13. Годэн Б. Концептуальные основы научной, технологической и инновационной политики. *Форсайт*. 2010. Т. 2, № 2. С. 34—43.
14. Хекшер Э.Ф. Влияние внешней торговли на распределение дохода. Вехи экономической мысли. Т. 6. Международная экономика. Под ред. А. П. Киреева. Москва: ТЕИС, 2006. С. 154—173.
15. Posner M.V. International trade and technical change. *Oxford Economic Papers*. 1961. V. 13, no. 3. P. 323—341. doi: 10.1093/oxfordjournals.oep.a040877
16. Jones R. The Role of Technology in the Theory of International Trade. In: Vernon, R. (Ed.). *The Technology Factor in International Trade*. Cambridge, MA: NBER, 1970. P. 73—94.

17. Foster R. Innovation: The Attacker's Advantage. New York: Summit Books, 1986. 316 p.
18. Фостер Р. Обновление производства: атакующие выигрывают. Москва: Прогресс, 1987. 272 с.
19. Fagerberg J. International competitiveness. *Economic Journal*. 1988. V. 98, no. 391. P. 355–374.
20. Нельсон Р.Р., Винтер С.Дж. Эволюционная теория экономических изменений. Москва: Дело, 2002. 536 с.
21. Fagerberg J., Verspagen B. Technology-gaps, innovation-diffusion and transformation: an evolutionary interpretation. *Research policy*. 2002. V. 31, no. 8–9. P. 1291–1304.
22. Peres C. Technological revolutions and Financial capital. The dynamics of bubbles and Golden ages. Cheltenham, UK: Edward Elgar, 2002. 198 p.
23. Перес К. Технологические революции и финансовый капитал. Динамика пузырей и периодов процветания. Москва: Издательство «Дело», АНХ, 2011. 232 с.
24. Кондратьев Н.Д. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения. Москва: Экономика, 2002. 767 с.
25. Шумпетер Й. Теория экономического развития. Москва: Прогресс, 1982. 455 с.
26. Lennerfors T.T., Fors P., van Rooijen J. ICT and environmental sustainability in a changing society. *Information Technology & People*. 2015. V. 28, no. 4. P. 758–774. doi: 10.1108/ITP-09-2014-0219
27. Hirooka M. Innovation Dynamism and Economic Growth. A Nonlinear Perspective. Cheltenham; Northampton (MA): Edward Elgar, 2006. 426 p.
28. Акаев А. Математические основы инновационно-циклической теории экономического развития Кондратьева–Шумпетера. *Вестник Института экономики РАН*. 2011. № 2. С. 39–60.
29. Дементьев В.Е. Длинные волны в экономике: институциональный аспект. Кризисы и прогнозы в свете теории длинных волн. / Под ред. Л.Е. Гринина, А.В. Коротаева, Р.С. Гринберга. Москва: Моск. ред. изд-ва «Учитель», 2016. С. 124–139.
30. The World Bank. Technology & Development. Findings from a World Bank Report Global Economic Prospects 2008: Technology Diffusion in the Developing World. Washington, DC: The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank. 2008. 16 p.
31. Mühleisen M. The Long and Short of the Digital Revolution. *Finance & Development*. 2018. V. 55, no. 2. S. 1–2.
32. Vesperoni E., Bluedorn J., MacDonald M. Future of work: measurement and policy challenges. Washington, DC: International Monetary Fund, 2018. 40 p.
33. Deloitte. Closing technology, Talent Gaps for Industry 4.0. The Wall Street Journal. 2019, 22 January. URL: <https://deloitte.wsj.com/cio/2019/01/22/closing-tech-and-talent-gaps-for-industry-4-0/> (дата звернення: 09.11.2019).
34. Caldwell L. Industry 4.0 Holds the Key to Closing the Manufacturing Industry's Skills Gap. *Forbes*. 2019, 11 January. URL: <https://www.forbes.com/sites/lisacaldwell/2019/01/11/industry-4-0-holds-the-key-to-closing-the-manufacturing-industrys-skills-gap/#175b24f44ae2> (дата звернення: 09.11.2019).
35. Шваб К. Четвертая промышленная революция. Москва: Эксмо, 2016. 138 с.
36. Government of Japan. Report on the 5th Science and Technology Basic Plan. Tokyo: Council for Science, Technology and Innovation Cabinet Office. 2015, December 18. 18 p.
37. Мадых А.А., Охтеня А.А. Моделирование трансформации влияния производственных факторов на экономику в процессе становления смарт-промышленности. *Экономика промышленности*. 2018. № 4 (84). С. 26–41. doi: 10.15407/econindustry2018.04.026
38. Bughin J., Manyika J. Measuring the full impact of digital capital. McKinsey Quarterly, 2013. July.
39. Амоша О.І., Нікіфорова В.А. Розвиток металургійної смарт-промисловості: світовий досвід та уроки для України. *Економіка України*. 2019. № 9–10. С. 3–23.
40. Аджемоглу Д., Робинсон Дж. А. Почему одни страны богатые, а другие бедные. Происхождение власти, процветания и нищеты. Москва: АСТ, 2016. 693 с.
41. Харрисон Л. Евреи, конфуцианцы и протестанты. Культурный капитал и конец мультикультурализма. Москва: Мысль, 2014. 288 с.
42. Hodgson G.M. The Mystery of the Routine. The Darwinian Destiny of an Evolutionary Theory of Economic Change. *Revue économique*, 2003. V. 54, no. 2. P. 355–384.
43. Auerswald P., Dani, L. Economic Ecosystems. The New Oxford Handbook of Economic Geography. Oxford University Press, 2018. 30 p. doi: 10.1093/oxfordhb/9780198755609.013.47
44. Даймонд Дж. Ружья, микробы и сталь: История человеческих сообществ. Москва: АСТ: АСТ Москва, 2010. 604 с.
45. Вишневський В.П., Князев С.І. Як підвищити готовність промисловості України до смарт-трансформацій. *Наука та інновації*. 2018. № 14(4). С. 55–69. doi: 10.15407/scin14.04.055.
46. The World Bank. World Development Indicators: Science and technology. 2019. URL: <http://wdi.worldbank.org/table/5.13#> (дата звернення: 14.11.2019).



47. Вишневський В.П., Гаркушенко О.М., Князєв С.І., Чекіна, В.Д., Гречишкін О.В. Трансформаційний потенціал цифровізації економіки України: звіт про НДР (заключний). № ДР 0118U002109. Київ: НАН України, Ін-т економіки промисловості, 2018. 176 с.

Стаття надійшла до редакції / Received 14.11.19

Статтю прорецензовано / Revised 22.11.19

Статтю підписано до друку / Accepted 25.11.19

*Vishnevsky, V.P.<sup>1</sup>, Harkushenko, O.M.,<sup>1</sup> and Kniaziev, S.I.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Institute of Industrial Economics, the NAS of Ukraine,  
2, Zheliabova St., Kyiv, 03057, Ukraine,  
+380 44 200 5571, vishnevsky@nas.gov.ua

<sup>2</sup>Department of Economics, the NAS of Ukraine,  
54, Volodymyrska St., Kyiv, 01030, Ukraine,  
+380 44 239 6646, ksi@nas.gov.ua

## TECHNOLOGY GAPS: THE CONCEPT, MODELS, AND WAYS OF OVERCOMING

**Introduction.** The Fourth industrial revolution and accelerated development of Industry 4.0 disruptive technologies are accompanied by the formation of new value creation networks and the redistribution of production facilities that partially return to advanced economies.

**Problem Statement.** Processes of technological development and new value chains' formation are turbulent, so that some countries have taken lead in the sphere of technology, while others have become outsiders. Between them, new technology gaps are emerging or existing ones are changing, and this, in turn, has a critical impact on the development of national economies: productivity, job creation, profitability of businesses, employment, and population income.

**Purpose.** To develop a framework for defining the concept and estimating the size of technology gaps between countries with different levels of industrial development in the context of the Fourth industrial revolution.

**Materials and Methods.** Historical analysis of technology gap economic concepts, statistical analysis of indicators of economic and R&D development of world economies, economic and mathematical modeling of the cyber-physical technology life cycle.

**Results.** Within the economic theory of the technology life cycle, an emendated concept of technology gap has been proposed. It is mainly related to jump transition from one technological curve to another. To assess the size of technology gaps, a logistic function has been proposed. It determines the relationship between labor productivity and capital/labor ratio taking into account the interdependence of physical and digital capital. Using this function, technology gaps between industrialized European economies and Ukraine, which manifest themselves as multiple lags in productivity, have been identified.

**Conclusions.** In order to reduce the technology gaps between Ukraine and European countries, it is necessary to create a new, innovation-oriented business ecosystem that is formed in the course of gene-cultural-technological co-evolution and, above all, requires a set of measures to accelerate the development of Ukrainian R&D sphere, as well as related culture and institutions.

*Keywords:* industrial revolution, technology gap, cyber-physical technology, technological curve, and business ecosystem.