



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕКОНОМІКИ ПРОМИСЛОВОСТІ



СМАРТ-ПРОМИСЛОВОСТЬ: НАПРЯМИ СТАНОВЛЕННЯ, ПРОБЛЕМИ І РІШЕННЯ

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕКОНОМІКИ ПРОМИСЛОВОСТІ**

**СМАРТ-ПРОМИСЛОВІСТЬ:
НАПРЯМИ СТАНОВЛЕННЯ, ПРОБЛЕМИ І РІШЕННЯ**

Монографія

**Київ
2019**

УДК 338.2:338.45

С 50

Рецензенти: чл.-кор. НАН України Ю.С. Залознова
д.е.н. Ю.Б. Іванов
к.т.н. Д.Ю. Череватський

*Рекомендовано до друку вченою радою
Інституту економіки промисловості НАН України
(протокол № 8 від 19 червня 2019 р.)*

Смарт-промисловість: напрями становлення, проблеми і рішення: монографія / В.П. Вишневський, О.В. Вієцька, О.А. Вієцький, О.А. Воргач, О.М. Гаркушенко, А.Ф. Дасів, М.Ю. Заніздра, Л.О. Збаразська, С.І. Князев, С.І. Кравченко, Д.В. Липницький, А.А. Мадих, Ю.О. Мазур, В.А. Нікіфорова, О.О. Охтень, О.В. Соколовська, С.С. Турлакова, В.Д. Чекіна, Г.З. Шевцова, Т.В. Щетілова; за ред. В.П. Вишневського; НАН України, Ін-т економіки пром-сті. Київ, 2019. 464 с.

ISBN 978-966-02-8994-9 (електронне видання)

У монографії досліджено особливості смарт-промисловості та її роль у модернізації промислового потенціалу, обґрунтовано комплекс теоретичних положень, науково-методичних підходів і практичних рекомендацій щодо становлення смарт-промисловості в Україні, заснованої на мережах і кластерах створення вартості, які передбачають вирішення економічних проблем модернізації наявних і формування нових "розумних" промислових виробництв на базі сучасних інформаційно-комунікаційних технологій.

Для науковців, викладачів, аспірантів, студентів і всіх, хто цікавиться проблемами промислових революцій, цифрової економіки та сучасної індустрії.

УДК 338.2:338.45

Монографію підготовлено за матеріалами НДР «Напрями становлення "смарт" промисловості в Україні» (номер держреєстрації 0117U005007).

ISBN 978-966-02-8994-9
(електронне видання)

© Вишневський В.П., Вієцька О.В., Вієцький О.А., Воргач О.А., Гаркушенко О.М., Дасів А.Ф., Заніздра М.Ю., Збаразська Л.О., Князев С.І., Кравченко С.І., Липницький Д.В., Мадих А.А., Мазур Ю.О., Нікіфорова В.А., Охтень О.О., Соколовська О.В., Турлакова С.С., Чекіна В.Д., Шевцова Г.З., Щетілова Т.В., 2019

© Інститут економіки промисловості
НАН України, 2019

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	5
1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ СТАНОВЛЕННЯ СМАРТ-ПРОМИСЛОВОСТІ	8
1.1. Смарт-промисловість у контексті технологічної та цифрової революцій	8
Вставка 1.1. <i>Штучний інтелект та його використання у смарт-промисловості</i>	12
1.2. Відмітні особливості смарт-промисловості та її трансформаційний потенціал.....	26
Вставка 1.2. <i>Великі дані та їх використання у смарт-промисловості</i>	30
Вставка 1.3. <i>Блокчейн та перспективи його використання у смарт-промисловості</i>	36
1.3. Смарт-промисловість та інновації. Національна інноваційна система у транснаціональному та коеволюційному контексті	45
1.4. Смарт-промисловість і policymaking. Концептуальний дизайн системи моніторингу й оцінювання смарт-промислового розвитку.....	69
Висновки до розділу 1.....	87
Література до розділу 1.....	92
2. НАУКОВО-АНАЛІТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМІВ СТАНОВЛЕННЯ СМАРТ-ПРОМИСЛОВОСТІ В УКРАЇНІ	104
2.1. Обґрунтування напрямів становлення смарт-промисловості в Україні: концептуальні засади	104
Вставка 2.1. <i>Ринки промислової робототехніки та AI-технологій</i>	124
2.2. Аналіз проблем і напрямів становлення смарт-виробництва у галузях промисловості.....	132
2.2.1. <i>Передумови, проблеми та напрями розвитку металургійної галузі України на смарт-засадах</i>	133
2.2.2. <i>Особливості, проблеми та напрями смарт-модернізації хімічної промисловості України</i>	151
Висновки до розділу 2.....	169
Література до розділу 2.....	174
3. ДЕРЖАВНЕ РЕГУЛЮВАННЯ СТАНОВЛЕННЯ СМАРТ-ПРОМИСЛОВОСТІ В УКРАЇНІ	182
3.1. Податково-бюджетне регулювання становлення смарт-промисловості.....	182

3.1.1.	<i>Концептуальні положення податково-бюджетного регулювання розвитку смарт-промисловості</i>	182
3.1.2.	<i>Зарубіжний досвід податково-бюджетного регулювання розвитку смарт-промисловості</i>	200
3.1.3.	<i>Пропозиції щодо податково-бюджетного регулювання становлення смарт-промисловості в Україні</i>	219
3.2.	Фінансово-кредитне регулювання становлення смарт-промисловості.....	233
3.2.1.	<i>Стан і напрями розвитку фінтеху. Фінтех vs традиційний банкінг</i>	235
	Вставка 3.1. <i>Монетарні механізми подолання фінансово-економічної кризи та глобальна фінансова нестабільність</i>	237
	3.2.2. <i>Блокчейн у фінансах і банківській сфері</i>	245
3.3.	Екологічне регулювання становлення смарт-промисловості.....	254
	Вставка 3.2. <i>Концепції смарт-промисловості та її "озеленення"</i>	268
	Висновки до розділу 3.....	274
	Література до розділу 3.....	280
4.	ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗВИТКУ СМАРТ-ПРОМИСЛОВОСТІ	304
4.1.	Науково-методичні підходи до економіко-математичного моделювання "розумних" виробничих систем.....	304
4.2.	Макроекономічні моделі смарт-промисловості	324
4.3.	Моделювання оцінки відповідності промислового виробництва критеріям смарт-індустріалізації.....	343
4.4.	Мікроекономічні моделі та інформаційно-комунікаційні технології розвитку смарт-виробництв.....	360
	4.4.1. <i>Математичне моделювання передових машинобудівних технологій для смарт-підприємств</i>	360
	Вставка 4.1. <i>Досвід створення єдиного інформаційного середовища на Новокраматорському машинобудівному заводі</i>	377
	4.4.2. <i>Інформаційне забезпечення розвитку смарт-виробництв</i>	379
	Висновки до розділу 4.....	400
	Література до розділу 4.....	405
	ВИСНОВКИ.....	418
	ДОДАТКИ ДО РОЗДІЛУ 3	434

ПЕРЕДМОВА

Актуальність теми дослідження обумовлена прискоренням процесів четвертої промислової революції, яка формує принципово нову економіку і суспільство, а також радикально змінює гео економічну структуру і відносні позиції світових економічних, науково-технічних і монетарних центрів. У таких умовах реалізація стратегічного курсу України на європейську інтеграцію потребує оновленої стратегії та політики щодо вирішення потрійного завдання: по-перше, забезпечення сталого економічного зростання, яке у зв'язку із становленням нової кіберфізичної реальності потребує переосмислення її рушійних сил, можливостей, викликів і загроз; по-друге, принципове зменшення споживання природних ресурсів і тиску на довкілля шляхом упровадження новітніх "розумних" технологій; по-третє, прискорений розвиток комплексу гнучких смарт-виробництв, точно налаштованих на потреби споживачів і здатних забезпечити зростання конкурентоспроможності національної економіки.

Ресурсо- і трудоємна індустріалізація була основною рушійною силою розвитку у світі протягом останніх двох століть. Сьогодні поширена думка про те, що нова смарт-промисловість (Індустрія 4.0), інтегрована з революційними технологіями смарт-досліджень, смарт-постачань, смарт-дистрибуції, смарт-фінансів тощо, є головною умовою для поліпшення добробуту населення, створення високотехнологічних робочих місць і підвищення конкурентоспроможності національних економік, але тільки на засадах "розумного" розвитку, передбаченого довгостроковими стратегіями ЄС та інших провідних технологічних й економічних лідерів світу. У зв'язку з цим перед Україною, яка має взяти активну участь у формуванні нової світової промислової структури, постає актуальне завдання розробки і реалізації концептуальних положень становлення смарт-промисловості, що дозволить їй посісти гідне місце насаперед у європейських мережах створення вартості.

Виконане дослідження спрямоване на обґрунтування комплексу теоретичних положень і науково-методичних підходів до становлення смарт-промисловості в Україні, яка формує у світі нові мережі та кластери створення вартості на основі сучасних цифрових технологій.

Структурно монографія складається з чотирьох розділів.

У першому розділі розглянуто теоретико-методологічні засади становлення і подальшого розвитку смарт-промисловості в контексті четвертої промислової революції.

Другий розділ присвячено обґрунтуванню напрямів становлення смарт-промисловості України, які передбачають вирішення економічних проблем "розумної" модернізації наявних і створення нових високотехнологічних виробництв.

У третьому розділі розроблено пропозиції щодо державного регулювання процесів становлення смарт-промисловості в Україні та забезпечення її відповідності вимогам сталого, соціально-інклюзивного розвитку національної економіки з використанням інструментарію грошово-кредитної та податково-бюджетної політики.

Четвертий розділ містить науково-методичні підходи до економіко-математичного моделювання розвитку "розумного" виробництва на промислових підприємствах, формування відповідного комплексу економіко-математичних моделей та інформаційно-комунікаційних технологій.

Завершують роботу висновки і додатки.

Авторський колектив:

акад. НАН України В.П. Вишневський – керівник (передмова, висновки, розділ 1, підрозділ 3.2);

к.е.н. О.В. Вісцька (підрозділ 3.1);

асп. О.А. Вісцький (підрозділ 3.1);

асп. О.А. Воргач (підрозділ 3.1);

к.е.н. О.М. Гаркушенко (підрозділ 3.1);

к.е.н. А.Ф. Дасів (розділ 4);

к.е.н. М.Ю. Заніздра (підрозділи 1.1, 3.1, 3.3);

к.е.н. Л.О. Збаразська (підрозділ 2.1, висновки);

к.е.н. С.І. Князев (підрозділи 1.1, 1.2, висновки);

к.е.н. С.І. Кравченко (підрозділ 1.3, висновки);

к.е.н. Д.В. Липницький (підрозділи 1.2, 3.2);

к.е.н. А.А. Мадих (розділ 4, висновки);

к.е.н. Ю.О. Мазур (підрозділ 3.1);

к.е.н. В.А. Нікіфорова (підрозділ 2.2);

к.е.н. О.О. Охтень (розділ 4, висновки);

к.е.н. О.В. Соколовська (підрозділ 3.1),

к.е.н. С.С. Турлакова (розділ 4, висновки);

к.е.н. В.Д. Чекіна (підрозділ 3.1, висновки);

д.е.н. Г.З. Шевцова (підрозділ 2.2);

к.е.н. Т.В. Щетілова (підрозділ 1.4).

1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ СТАНОВЛЕННЯ СМАРТ-ПРОМИСЛОВОСТІ

1.1. Смарт-промисловість у контексті технологічної та цифрової революцій

Сучасні глибокі трансформації світової економіки і суспільства характеризують чергову (уже четверту) промислову революцію. Засновник та виконавчий голова Всесвітнього економічного форуму К. Шваб відзначає: якщо перша промислова революція використовувала воду та пару для механізації праці, друга – електричну енергію для створення масового виробництва; третя – електроніку та інформаційні технології для його автоматизації, то четверта, що базується на революції цифровій (започаткованій у середині минулого століття), характеризується злиттям технологій, які розмивають лінії між фізичними, цифровими і біологічними сферами [124, с. 11-12].

Ключове значення для розуміння четвертої промислової революції має те, що вона заснована на революції цифровій. Попередні промислові революції трансформували насамперед матеріальну й енергетичну сфери, а нинішня – четверта – на основі революції в інформаційному світі формує нову кіберфізичну реальність і нову, орієнтовану на споживача, смарт-промисловість, або Індустрію 4.0¹. "Розум" цієї промисловості (штучний інтелект, комп'ютерне моделювання, оптимізація фізичних процесів, прийняття децентралізованих рішень на основі механізмів самоорганізації тощо) створюють саме цифрові технології, і вони ж більшою мірою визначають продуктивність нового способу суспільного виробництва.

¹ У рамках даної монографії терміни "Індустрія 4.0" та смарт-індустрія (смарт-промисловість) використовуються як синоніми. Поняття "Індустрія 4.0" є більш поширеним, але гірше характеризує суть досліджуваного явища, оскільки акцентує увагу тільки на порядковому номері шабля промислового розвитку, у той час як термін «смарт-індустрія» наголошує на якісних характеристиках нового шабля промислового розвитку (його розумності, інтелектуальності).

При цьому самі технології цифрової революції також пройшли декілька етапів, пов'язаних з етапами розгортання технологій цифрової революції: спочатку поширення транзисторів (50-ті роки ХХ ст.), потім комп'ютерів (80-ті роки ХХ ст.), інтернету (90-ті роки ХХ ст.), персональних мобільних гаджетів (2000-ні роки) [89], промислового інтернету речей (2010-ті роки) [44].

Швидкі та масштабні перетворення у сфері цифровізації часто пов'язують з дією так званого закону Мура [62], згідно з яким кількість транзисторів, що розміщуються на кристалі інтегральної схеми, подвоюється раз на два роки, при тому, що їх вартість залишається приблизно на тому самому рівні. Пізніше подібні експоненціальні залежності були виявлені і для обсягів пам'яті пристроїв зберігання даних, кількості й розміру пікселів у цифрових фотоапаратах тощо ¹.

Однак очевидно, що справа не просто в експоненційному зростанні продуктивності цифрових технологій, а в принципових якісних зрушеннях у світовій економіці, обумовлених розвитком цих технологій.

Можна умовно виокремити кілька етапів (ступенів) розуміння цих зрушень, пов'язаних із відповідними змінами в реальних процесах економіки.

І *етап (фізичний)* – нові можливості поводження з інформацією пов'язують насамперед із впливом інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) на реальний сектор економіки. І це природно. У ХХ ст. у світі тривала конкуренція за зростання продуктивності праці, яка вимірювалася через фізичний випуск продукції. Комп'ютери поза сферою виробництва (а також офісною та військовою) часто розглядалися як більш-менш дорогі іграшки, які мають далеке відношення до реальності. Саме в такому контексті розглядався і відомий парадокс Р. Солоу. Цей учений багато років досліджував вплив НТП на випуск продукції. У 1987 р. у невеликій замітці в газеті New York Times він зазначив: "You can see the computer age

¹ Відразу після публікації статті в 1965 р. та пізніше неодноразово висувалися передбачення про неминучу "смерть" закону Мура, оскільки в реальному світі ніщо не може зростати нескінченно (див., наприклад [90]). Проте і сьогодні знаходяться такі технічні рішення, які підтримують дію цієї емпіричної залежності.

everywhere but in the productivity statistics" ¹. Ці слова можна трактувати так, що: повсюдне зростання інвестицій в ІКТ (економічно доцільне в раціональному світі) зрештою є економічно безглуздим, ірраціональним. Природно, що таке твердження Нобелівського лауреата стало предметом пильної уваги фахівців. З'явилося багато робіт, автори яких намагалися пояснити цей парадокс неточністю вихідної інформації, необхідністю вибору адекватних методів дослідження, результуючих і пояснюючих змінних, форм залежностей тощо. У цілому висновки більшості досліджень зводилися до того, що позитивний вплив ІКТ на випуск продукції все-таки є, але не на стільки явно виражений і сильний, як можна було б очікувати [30; 114].

II *етап (кібернетичний)* – принципово змінилася сама постановка питання. Тепер акцент роблять на тому, що ІКТ мають значення самі по собі, незалежно від їх впливу на продуктивність "заліза", оскільки одним із головних результатів виробництва в дигіталізованій економіці є цифрові товари, створені за допомогою цифрового капіталу, які також, як і матеріальні товари, являть собою об'єкти розподілу, обміну та споживання [108, с. 13]. Зростаюче значення цифрових технологій і товарів підтверджується практикою провідних компаній світу, оскільки до найдорожчих із них тепер входять Amazon, Google, Facebook, Microsoft, які не спеціалізуються на сфері матеріального виробництва, а здійснюють переважно розробку програмного забезпечення, продажі цифрового контенту, надання послуг хмарної інфраструктури тощо [40].

Успіхи цих компаній багато в чому обумовлені тим, що економіка інформаційних продуктів має важливі властивості, які відрізняють її від економіки матеріального виробництва. Витрати на створення цих продуктів, у яких втілені знання та інформація, є особливо великими при створенні першої одиниці товару, а для наступних одиниць вони скорочуються. При цьому чим більшого поширення набуває той чи інший цифровий товар, тим нижче його вартість і ціна, яка зрештою буде прагнути до вартості матеріального носія або мережевого трафіка [110, с. 6].

¹ "Ви можете бачити комп'ютерний вік всюди, крім статистики продуктивності" [84].

Більш того, поширення деяких видів цифрових товарів підвищує їх корисність для споживачів у зв'язку з ефектом масштабу – чим більше людей користуються, наприклад, одним і тим самим текстовим редактором, тим менше транзакційні витрати, пов'язані з підготовкою і використанням текстових файлів.

Нарешті, важливим стає не тільки виробництво цифрових товарів як таких, а створення цифрових мереж, які продукують і поширюють ці товари. У мережах проявляється ефект зростаючої (а не спадної) корисності для споживачів: кожен додатковий користувач мережевим благом збільшує його корисність для інших індивідів, так що готовність платити у кожного наступного індивіда збільшується (але до певної межі) з підключенням до мережі нових учасників [118, с. 6].

III етап (*кіберфізичний*) – цифрові технології та продукти інтегруються з фізичними, формуючи нову кіберфізичну реальність. У цій реальності відмінність між сферою виробництва і сферою послуг (звичайна для розподілу концепцій індустріальної та постіндустріальної економіки) багато в чому втрачає сенс, оскільки ІТ-послуги становлять тепер невід'ємний елемент виробничого процесу з випуску гібридних товарів, які вже не є ні речами, ні послугами виключно [82, р. 20]. А саме виробництво набуває форми промислового інтернету речей (*industrial internet of things* – IIoT). Його загальний принцип полягає в такому: речі (інструменти, машини, пристрої тощо) наділяються вбудованими датчиками (сенсорами) – перетворювачами фізичних величин на електронні сигнали, і актуаторами – виконавчими пристроями у вигляді різного роду приводів. Цифрова інформація, яка надходить від датчиків через комп'ютерні мережі, виступає ресурсом для штучного інтелекту (*artificial intelligence* – AI), який зазвичай визначають як здатність системи правильно інтерпретувати зовнішні дані, робити з цього висновки і використовувати одержані знання для досягнення конкретних цілей і завдань за допомогою гнучкої адаптації [47] (вставка 1.1).

AI виконує моделювання та оптимізацію виробничих процесів і продуктів із подальшим прийняттям управлінських рішень, які приводять в дію машини й обладнання за допомогою підключених до комп'ютерної мережі виконавчих пристроїв. Усе це дозволяє прискорити та підвищити ефективність прийняття бізнес-рішень. Завдяки цьому продуктивність, ефективність і конкурентоспроможність таких виробничих процесів суттєво зростає.

Вставка 1.1.

Штучний інтелект та його використання у смарт-промисловості

Штучний інтелект створений і використовується як самонавчальний програмний інструмент для генерації та прийняття рішень на основі взаємодії з навколишнім середовищем, накопиченням та осмисленням досвіду цієї взаємодії [22].

До найбільш відомих діючих систем AI тепер належать: MYCIN – експертна система діагностики обмеженого набору захворювань; Deep Blue, AlphaGo, 20Q – віртуальні гравці; Siri, IBM Watson, ViaVoice – системи розпізнавання, здатні сприймати людську мову, здійснювати ймовірнісний пошук, обслуговувати споживачів; RoboCup – щорічний турнір роботів у спрощеній формі футболу.

Світові тенденції у сфері AI

Найбільшими гравцями та конкурентами на ринках, пов'язаних із дослідженнями та промисловим використанням AI, є США, ЄС та Китай (рис. 1.1).

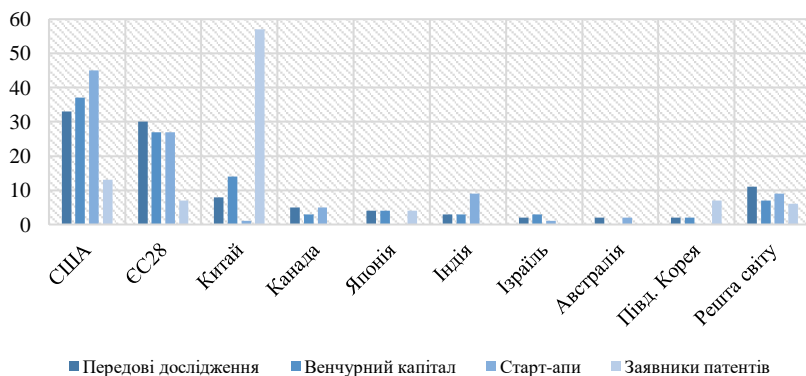


Рис. 1.1. Розподіл гравців на ринку штучного інтелекту за окремими видами діяльності, % від світового показника (2009-2018 рр.)

Джерело: European commission. Artificial intelligence, 2018.

Останнє десятиліття США утримували домінуючу позицію, проте Китай швидко наздоганяє і прагне лідирувати у 2030 р. Головна семирічна стратегія ЄС (Horizon 2020) з бюджетом 80 млрд євро (у цінах 2011 р.) передбачає забезпечення індустріального лідерства, спрощення

процедур отримання грантів, відкритість до нетрадиційних ідей, розширення підтримки ринку інновацій, вирішення соціокультурних проблем, а також додаткові законодавчі та фінансові заходи для стимулювання досліджень приватного сектору у сфері розвитку штучного інтелекту.

Основними напрямками використання AI у світі загалом є: машинне навчання, нейронні мережі, системи розпізнавання обличчя людини, комп'ютерний зір. Кожен з них займає понад 10% загальносвітового показника (рис. 1.2).



2% – віртуальний співорозмовник; 1,9% – віртуальний помічник; 0,6% – представлення знань; 0,3% – інтелект рою.

Рис. 1.2. Основні напрями використання штучного інтелекту у світі, % до загальносвітового показника (2000-2018 рр.)

Джерело: European commission. Artificial intelligence, 2018.

На рис. 1.3 відображено розподіл у контексті спеціалізації окремих географічних регіонів. Найбільший інтерес до розробки напрямів, пріоритетних для смарт-промисловості (це, зокрема, "пов'язані автоматизовані транспортні засоби" та "машинне навчання"), демонструють ЄС, США та Китай. Крім того, США та Японія зосереджені на розпізнаванні та обробці природної мови, а розпізнавання осіб перебуває в центрі уваги у Китаї та Японії. ЄС найбільш збалансовано охоплює всі основні типи використання AI.

У смарт-промисловості AI використовується як систематична методологія і дисципліна для розробки, валідації та розгортання алгоритмів машинного навчання для промислових додатків із сталою продуктивністю, генерування рішень для прикладних програм, які поєднують академічні дослідження з галузевими практиками [50].

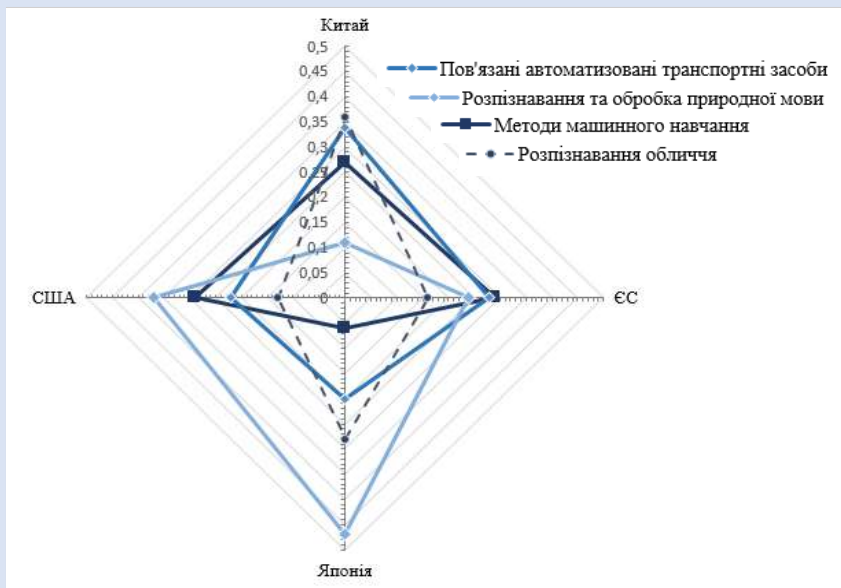


Рис. 1.3. Розповсюдженість видів використання штучного інтелекту за географічними зонами, % (2000-2018 рр.)

Джерело: European commission. Artificial intelligence, 2018.

Для побудови алгоритмів машинного навчання використовуються засоби математичної статистики, чисельних методів, методів оптимізації, теорії імовірностей, теорії графів, техніки роботи з даними в цифровій формі. Розрізняють два типи навчання:

за прецедентами (індуктивне), яке виявляє емпіричні закономірності у вибірці даних;

дедуктивне, що передбачає формалізацію знань експертів та їх перенесення в комп'ютер у вигляді бази знань.

Ключовими елементами промислового штучного інтелекту є: (А) аналітична технологія, (В) технологія "великих даних", (С) хмарна технологія, (D) ноу-хау домену та (Е) докази.

Аналітика є функціональним ядром систем AI. Технології великих даних і хмарні забезпечують джерела інформації та платформи для промислового AI. Ноу-хау домену полягає в розумінні: проблем, на вирішенні яких зосереджені потужності AI; систем для відбору даних необхідної якості; фізичних значень параметрів та природи їх зв'язку з фізичними характеристиками системи або процесу; характеру варіативності параметрів від машини до машини. Докази використовуються для перевірки коректності роботи промислових моделей AI та забезпечують їх інформаційною базою для навчання. Накопичуючи шаблони даних і доказів, пов'язаних із цими шаблонами, моделі AI самовдосконалюються і з часом стають більш точними, універсальними і надійними.

Напрями використання AI

Основні напрями промислового застосування AI [77]:

1. *Генеративний дизайн*. За умов чітко визначених проектних завдань із вхідними даними (обмеження і визначення типів матеріалів, методів виробництва, часу і бюджету тощо) генеративне програмне забезпечення для проектування дозволяє розробляти й аналізувати всі можливі конфігурації проектного рішення. Тестування отриманого набору рішень, генерованих алгоритмом AI, за допомогою машинного навчання дає змогу встановити, які рішення є працездатними та найбільш ефективними.

2. *Адаптація маркетингу та ланцюжків поставок*. Використання алгоритмів AI дозволяє оптимізувати ланцюжки поставок виробничих операцій, а також прогнозувати зміни ринкових умов і виробляти заходи щодо попереднього й оперативного реагування. Для оцінки попиту AI здатен ураховувати моделі попиту, класифіковані за датою, місцем розташування, соціально-економічними атрибутами, макроекономічною поведінкою, політичним статусом, погодними умовами тощо. Отримана інформація є корисною для оптимізації управління запасами, кадровим забезпеченням, енергоспоживанням, а також для прийняття кращих бізнес-стратегій.

3. *Контроль якості продукції 4.0*. Зростаюча складність смарт-продуктів, що інтегрують програмне забезпечення, скорочення часу їх виходу на ринки, практика вилучення партій товару при появі критичних дефектів, простота кооперації та вільний доступ до критичних оцінок споживачів в умовах цифровізації роблять завдання контролю якості пріоритетним для конкурентоспроможності. Система "Якість 4.0" на базі AI дозволяє виявляти проблеми, які призводять до падіння якості на початкових стадіях проектування та виробництва, а також формувати

бази даних про нюанси використання та продуктивність продуктів і обладнання в польових умовах, напрацьовуючи інформаційну основу для розробки інновацій та прийняття бізнес-рішень.

4. *Прогнозне технічне обслуговування.* На відміну від традиційного підходу до технічного обслуговування за графіком, AI використовує алгоритми прогнозування часу і локалізації можливого збою у виробничо-технологічному ланцюжку і завчасно попереджає персонал про необхідність вжити заходів для запобігання йому. При цьому враховується умова скорочення часу технічного простою, що впливає на кінцеву собівартість продукції. Попередження відмов, вчасний ремонт і заміна обладнання дозволяють виробничим системам функціонувати з меншою кількістю простоїв, більшою ефективністю при більш тривалому терміні експлуатації, оскільки запобігає вторинному ушкодженню і потребує менших витрат для виконання процедур обслуговування.

5. *Забезпечення безпечної взаємодії персоналу та промислових роботів.* За даними Міжнародної федерації робототехніки наприкінці 2018 р. у світі використовується близько 1,3 млн промислових роботів. Із поширенням робототехніки штучний інтелект відіграватиме важливу роль у забезпеченні безпеки персоналу, а також передачі роботам більшої відповідальності при прийнятті рішень з оптимізації виробничих процесів у реальному часі.

Загрози та ризики

Використання штучного інтелекту у смарт-промисловості має великий потенціал, але разом з тим навіть часткова реалізація прогресивних ідей щодо створення кіберфізичного простору породжує унікальні та комплексні проблеми [22; 50]. Серед них найбільш важливими і пріоритетними є такі:

1. *Транспарентність; прозорість і коректність взаємодії пристроїв між собою, алгоритмів обробки даних, прогнозування та прийняття рішень.* Алгоритми AI чутливі до методологічних розбіжностей сприйняття вхідних даних, викликаних відмінностями між технічними засобами виробничо-технологічного ланцюжку. Отже, необхідно забезпечити, щоб рішення AI не втручалися та не конфліктували з роботою інших систем життєвого циклу продукту. Не менш важливою є прозорість каузальних зв'язків, на яких ґрунтується автоматизоване прийняття рішень (так званих "чорних скриньок"), особливо у випадках їх використання для прогнозування попиту або оцінки ризиків.

2. *Кількість та якість вхідних даних.* Ефективність AI залежить не лише від достатнього обсягу інформації, що використовується для його навчання, але і від її якості. Якщо каузальні зв'язки, на основі яких відбувалося навчання, зазнали впливу суб'єктивних упереджень та ког-

нітивних спотворень, рішення AI також не будуть позбавлені цих недоліків. Отже, алгоритми AI вимагають значних і "чистих" масивів даних із мінімальними зрушеннями. Навчання інтелектуальної системи на основі неточної або неадекватної інформації призводить до вироблення помилкових алгоритмів прийняття рішень, некоректних результатів і дискредитації її працездатності.

3. *Кибербезпека.* Поширення технологій, підключених до глобальної мережі Інтернет, що базуються на принципі взаємодії постачальників, виробників, дистриб'юторів і клієнтів у режимі реального часу, робить інтелектуальні виробничі системи вразливими до кібератак. Відмова від ізольованого середовища управління надає зловмисникам більше можливості для впливу на інфраструктуру смарт-виробництва (людино-машинні інтерфейси, електронні пристрої, автоматизовані системи управління технологічними процесами, промислові мережеві пристрої, програмовані логічні контролери). Наочним прикладом є вдала кібератака у 2016 р. на Автоматизовану систему управління комунальної компанії Kemuri Water Company [80], коли зловмисникам вдалося змінити кількість хімічних реагентів, які застосовуються під час очищення води, що подається у водопровід.

У даний час на практиці масштаби вразливості систем AI до промислового кібер-шпигунства, шахрайства, крадіжок і тероризму недооцінено, і галузь поки що не готова до подолання існуючих загроз безпеці при широкому впровадженні кіберфізичних систем.

Як вважають фахівці "McKinsey & Company", глобальний ефект від застосування інтернету речей в обробній промисловості (*manufacturing*) може скласти від 0,9 до 2,3 трлн дол. у 2025 р., технологіями IIoT буде охоплено від 80 до 100% світової обробної промисловості, а спричинене цим скорочення операційних витрат може скласти 2,5-5% [53, р. 55].

За оцінками фахівців "General Electric Co.", поширення IIoT у світі до 2030 р. може додати до світового ВВП близько 15 трлн дол. (у постійних цінах 2005 р.). Поширення смарт-промисловості у світі зумовлює зростання продуктивності праці та може згенерувати додатковий ВВП, еквівалентний за розміром сучасній економіці США. Відповідно, зростатимуть і середні доходи на душу населення, так що до 2030 р. вони будуть майже на 20% вищими, ніж за відсутності промислового інтернету [23, pp. 29-30].

Головна причина такого зростання продуктивності – синергетичний ефект від злиття фізичних і цифрових технологій. У формалізованому вигляді це можна пояснити таким чином.

Кожну виробничу систему можна представити через взаємодію потоків трансформації (T) (переробки сировинного входу на продуктивний "вихід"), і потоків інформації (I), необхідної для організації та управління процесами трансформації [104]. При цьому смарт-система (s) відрізняється від системи звичайної (u) використанням цифрових рішень, заснованих на інтернеті речей, так що

$$\partial I_s / \partial T_s \gg \partial I_u / \partial T_u, \quad (1.1)$$

де $I_s = f_s^I(K_{I_s}, L_{I_s})$; $T_s = f_s^T(K_{T_s}, L_{T_s})$; $I_u = f_u^I(K_{I_u}, L_{I_u})$;
 $T_u = f_u^T(K_{T_u}, L_{T_u})$.

Однак збільшення потоків інформації є доцільним лише в тому випадку, якщо призводить до випереджаючого зростання ефективності виробництва, тобто за умови

$$\partial C_s / \partial T_s \ll \partial C_u / \partial T_u, \quad (1.2)$$

де $C_s = \varphi_s(K_{I_s}, L_{I_s}, K_{T_s}, L_{T_s})$ – витрати смарт-системи на інформацію та трансформацію; $C_u = \varphi_u(K_{I_u}, L_{I_u}, K_{T_u}, L_{T_u})$ – витрати звичайної виробничої системи на інформацію та трансформацію.

У зв'язку з цифровим підґрунтям смарт-промисловість виходить за рамки власне виробничих процесів і здатна формувати цілісні науково-виробничо-торговельні мережі [81, pp. 18-22], у яких комп'ютерні системи відстежують фізичні процеси, створюють віртуальні копії фізичного світу і приймають децентралізовані рішення на основі механізмів самоорганізації [82, p. 20].

У такій новій реальності уже не тільки речі є джерелом цифрової інформації та об'єктами моделювання, але і самі люди. Це пов'язано зі швидким прогресом у розвитку систем біометричної автентифікації (автоматизованих методів перевірки або розпізнавання особистості живої людини за фізіологічними або поведінковими характеристиками [95]), біосенсорів, здатних перекладати

біохімічні процеси в тілі й мозку людини мовою електронних сигналів, і формуванням комп'ютерних мереж датчиків тіла (body sensor networks), що з'єднують і приводять у дію датчики всередині, на або поблизу людського тіла [69]).

Крім того, багато людей самостійно, навіть без спеціальних датчиків, беруть добровільну участь у продукуванні цифрової інформації про себе, коли користуються сучасними гаджетами мобільного інтернету (смартфонами, планшетами, смарт-годинниками та ін.), реєструються й обмінюються повідомленнями в соцмережах, користуються онлайн кредитними системами, розплачуються за допомогою гаджетів за товари і послуги тощо. Завдяки цьому постачальники ІТ-послуг отримують доступ до інформації про місцезнаходження і переміщення людей, їх переконання, фізичні кондиції, хвороби, вподобання при виборі продуктів харчування і промислових товарів, середні розміри споживчого чека, наявність і величину боргів тощо. Інтеграція цих розрізнених даних дозволяє створювати моделі поведінки й оцінювати людей для прийняття важливих рішень у різних сферах.

У цьому відношенні найдаліше просунувся Китай. У КНР ще в 2014 р. було прийнято план будівництва системи соціального кредиту на період до 2020 р. [86], який потім неодноразово уточнювався [60, р. 12]. Як зазначено в цьому плані, система соціального кредиту (Social Credit System – SCS¹) заснована на повній мережі, що охоплює кредитну історію членів суспільства і кредитну інфраструктуру; підтримується законним застосуванням кредитної інформації та системи кредитних послуг; її внутрішніми вимогами є становлення ідеї культури щирості та просування традиційних чеснот; вона використовує як механізми стимулювання заохочення для збереження довіри і обмеження – проти руйнування довіри; її метою є підвищення менталітету чесності й рівня кредитоспроможності всього суспільства [86]. Очевидно, що такий підхід явно виходить за рамки звичайної практики кредитного рейтингу, оскільки передбачає вплив на багато аспектів людської поведінки, що перебувають поза сферою власне боргових відносин (залежно від рейтингу заохочення і покарання для людей у частині соціального забез-

¹ Іноді також перекладається як "система соціального рейтингу".

печення, роботи в державних установах, прав на користування окремими видами транспортних послуг та ін.).

За час, що минув з моменту прийняття цього плану, були створені основні центри збору та обміну даними, різні урядові установи і комерційні кредитні рейтингові служби (у тому числі від таких ІТ-гігантів, як Alibaba Group і Tencent [32]), які почали широко застосовувати SCS на практиці [35]. Тому, незважаючи на низку бюрократичних і технологічних бар'єрів, основні структури системи мають бути сформовані до 2020 р. [60, р. 2].

З позицій розвитку смарт-промисловості велике значення має той факт, що SCS поширюється на сферу діяльності не тільки фізичних, але і на юридичних осіб. У цій сфері завдання полягає в тому, щоб на основі моніторингу й оцінки економічної та неекономічної діяльності підприємств і організацій, у тому числі державних, із використанням технологій великих даних сформувати комплекс рейтингів, що стимулюють інвестиції у пріоритетні технології, які заохочують до соціально й екологічно відповідальної поведінки юридичних осіб [60, р. 2].

По суті, йдеться про відродження в нових умовах, на новому рівні й у нових формах ідеї централізованого регулювання економіки. Але вже не тільки про це. Прискореними темпами формуються нові форми соціальної організації, в яких соціальні рейтинги, засновані на великих даних, виграватимуть принципово більшу роль, ніж зараз, – так звані репутаційне суспільство і репутаційна держава [14; 54; 87].

Репутація, відображена в соціальних рейтингах – це інформація про об'єкт (фізичну чи юридичну особу), яка розкриває його суттєві характеристики і передбачає можливу поведінку [14, р. 6]. Підвищення регулюючого значення репутації об'єктивно зумовлене тим, що в епоху цифрової революції обсяги інформації, використовуваної в тому числі для складання рейтингів, зростають випереджаючими темпами і вже вимірюються ексабайтами (10^{18} байтів) [33, р. 655].

З точки зору економічної ефективності SCS є способом зменшення інформаційної асиметрії, а отже, поліпшення дії "невидимої руки" ринку. У цьому відношенні системи соціальних рейтингів мають властивості суспільних благ (антиблаг – у разі зловживань), належне надання яких може потребувати державного втручання. Крім

того, завдяки регулюванню "зсередини" (самоперевірка і самоконтролю) SCS істотно знижує, порівняно зі звичайним нормативно-правовим регулюванням, витрати досягнення соціально відповідальної та ефективної поведінки [14, р. 8].

Звичайна критика SCS, крім питань до техніко-технологічних аспектів реалізації плану, а також до аспектів інформаційної конфіденційності та безпеки, стосується загрози надмірної концентрації влади: якщо кілька людей або державних відомств контролюватимуть критерії оцінки або отримають доступ до даних, що надходять, то вони зможуть маніпулювати ними [12, р. 9; 85]. Виникають також питання фундаментального протиріччя між інтересами підвищення поточних рейтингів, з одного боку, та інтересами "довгого" інноваційного розвитку, що потребують іншого (ніж тільки чесність) типу поведінки – з іншого, а також деякі інші [13; 14, pp. 8-9]. Усе це в сукупності свідчить про те, що процеси формування репутаційних суспільств і держав є дуже непростими і неоднозначними.

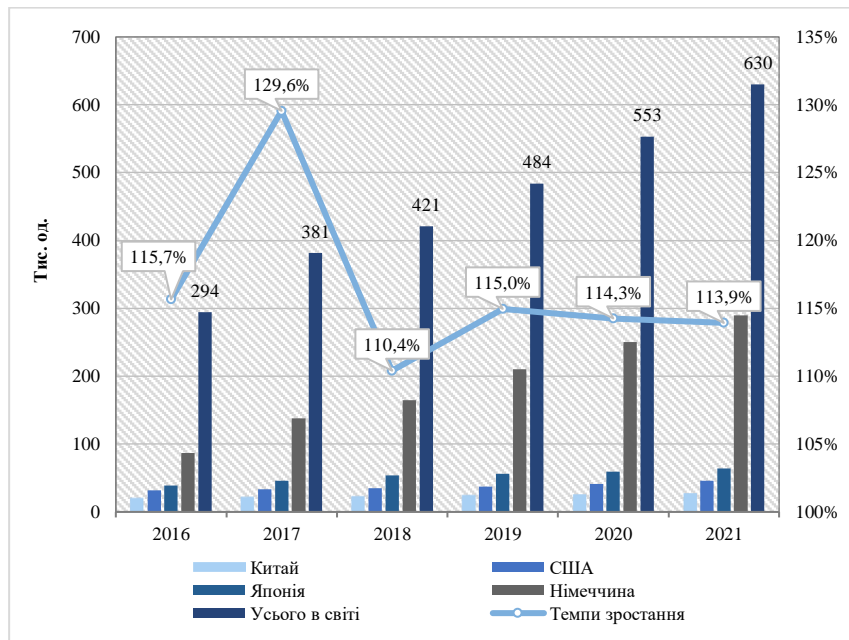
Сучасна промислова революція змінює не тільки державу та суспільство загалом, але і саму людину, людський капітал. Широкомасштабне розгортання кіберфізичного виробництва пов'язане з прискореним упровадженням робототехніки, технологій машинного навчання, штучного інтелекту тощо, які витісняють і трансформують людську працю.

За 2014-2018 рр. виробництво промислових роботів у світі зросло більш ніж удвічі, а в 2019-2021 рр. очікуються середньорічні темпи приросту їх поставки +14% (рис. 1.4), що набагато більше очікуваних темпів приросту світової економіки (+ 3,7%) [38] і населення (+ 1,0%) [92].

У найбільш розвинутих країнах (Японія, Німеччина, Сінгапур, Корея) щільність встановлених промислових роботів перевищує 300 од. / 10 тис. осіб, зайнятих в обробній промисловості (у середньому в світі – 76 од.) [41].

За оцінками McKinsey Global Institute, приблизно 60% всіх професій у світі включають не менше 30% видів професійної діяльності, які можуть бути автоматизовані. Тобто частка автоматизованих видів професійної діяльності у світі дорівнює близько 1/5. Загальна кількість працівників, яких імовірно замінять машини, до 2030 р. у світі може скласти близько 400 млн осіб [58, р. ii]. Машини

витісняють людей перш за все в тих видах професійної діяльності, які пов'язані з алгоритмізованою фізичною та розумовою працею. При цьому одночасно зростає попит на роботу у професіях, пов'язаних із творчістю, пізнанням навколишнього світу, управлінням людьми і турботою про людей, взаємодією людей з машинами [57, p.vi; 49, p. 3].



2016-2017 рр. – факт, 2018-2021 рр. – прогноз.

Рис. 1.4. Річні поставки багатофункціональних промислових роботів в окремих країнах і світі загалом

Складено за даними джерела: International Federation of Robotics (2018). *World Robotics 2018. Industrial Robots*. Executive Summary, pp. 13-22.

Сучасні роботи, що витісняють людей, – це вже не просто технічні пристрої, керовані людиною, а машини з AI, здатні навчатися на досвіді, пристосовуватися до мінливих зовнішніх умов і виконувати людські завдання [72], у тому числі приймати самостійні рішення, що ведуть до різних наслідків. Наприклад, використання в

США безпілотних "робомобілів", обладнаних системою автоматичного управління, вже призвело до нещасних випадків, які стали предметом судових розглядів [6].

У зв'язку з цим, крім морально-етичних аспектів проблеми [11], неминуче також виникають питання відповідальності (матеріальної, адміністративної, кримінальної тощо). І не тільки в результаті нещасних випадків. Оскільки роботи витісняють людей, це створює також проблеми із зайнятістю населення і життєздатністю традиційних систем соціального забезпечення.

Один із можливих шляхів вирішення проблеми відповідальності, запропонований у робочій доповіді Комітету з правових питань Європарламенту, полягає в наданні "... конкретного правового статусу роботам, так що, принаймні, найскладніші автономні роботи можуть бути встановлені як такі, що мають статус електронних осіб із конкретними правами та обов'язками, у тому числі стосовно будь-якого збитку, який вони можуть заподіяти, та застосування електронної особистості у випадках, коли роботи приймають розумні автономні рішення або іншим чином незалежно взаємодіють з третіми особами" [16, р. 12].

Звичайне заперечення на такого роду пропозиції полягає в тому, що роботи – це зрештою не більш ніж технічні інструменти, а тільки люди можуть мати права і нести відповідальність [8].

Однак тут не все так однозначно, якщо врахувати, що роботи можуть мати власну логіку прийняття рішень, оскільки "... розроблені таким чином, що жодна людина не може розуміти або контролювати, що вони роблять" [45]. Коли "інструмент" (робот) діє на власний розсуд, згідно з логікою, недоступною для людського розуміння, то виникає непросте питання про те, хто несе відповідальність за результат дій, особливо в тому випадку, якщо сам цей робот спроектований AI. Крім того, "... якщо повністю штучні та створені людиною сутності, такі як Google або IBM, є юридичними особами, пов'язаними соціальною відповідальністю, то, мабуть, можна було б поширити ті самі моральні та юридичні аспекти на AI або на роботів, таких як DeepMind від компанії Google або Watson від IBM. Важливо відзначити, що питання полягає не в тому, є чи можуть бути ці механізми "фізичними особами", які мають "справжній" моральний статус; питання в тому, чи доцільно з юридичної та моральної точки зору ставитися до цих механізмів як до особистостей,

так само, як ми зараз ставимося до корпорацій, організацій та інших людських артефактів" [93] ¹.

Такі міркування дозволяють по-новому поглянути на проблему оподаткування роботів, наділення їх (за аналогією з юридичними особами) майном, а також у цілому формування нової системи оподаткування, пов'язаної з переходом від податків на працю до податків на вартість, створену з використанням роботизованих виробничих процесів, цифрових платформ, хмарних обчислень тощо [75], яка краще відповідатиме вимогам четвертої промислової революції.

Таким чином, смарт-промисловість, що знаменує кіберфізичний етап цифрової революції, суттєво трансформує багато аспектів економіки і суспільства (рис. 1.5).

По-перше, змінюються економічні суб'єкти. Люди стають все більш "кібернетичними" з розширеними можливостями [70] і новими рутинами прийняття рішень (смартфон – це вже звичайний атрибут сучасної людини). Більше того, крім звичайних юридичних осіб очікується також поява осіб електронних: якщо роботи з AI самостійно приймають виробничі та бізнесові рішення, то закономірно порушувати питання про їх матеріальну й іншу відповідальність. Можливо також, що рано чи пізно постане питання про наділення електронних осіб майном (за аналогією з юридичними особами) для встановлення меж цієї відповідальності.

По-друге, прискореними темпами розвивається нове кіберфізичне виробництво гібридних продуктів, що поєднують властивості товарів і послуг, виробництво самоорганізоване, кероване AI, в якому людина усунена від прийняття рішень. Приблизно в 1/5 усіх видів професійної діяльності у світі людська праця може бути замінена машинами (до 2030 р. близько 400 млн осіб). У зв'язку з цим істотно змінюється сфера зайнятості людей. Фізична і розумова праця, що піддається алгоритмізації, стає менш затребуваною. Проте більшого значення набуває спеціалізація людей на творчих і когнітивних професіях, піклування людини про людину, взаємодія людей із машинами.

¹ У даному контексті слід звернути увагу на заяву американських регуляторів безпеки транспортних засобів про те, що система штучного інтелекту, яка управляє автономним автомобілем від Google, може розглядатися законом як водій [78].



Рис. 1.5. Становлення смарт-промисловості на основі поєднання фізичних і цифрових технологій та її наслідки для людини, виробництва й суспільства

По-третє, народжуються нові інститути влади і механізми інфорсменту у вигляді репутаційного суспільства і держави. При цьому за законами діалектики (розвитку по спіралі) соціокультурні (цивілізаційні) чинники не зникають і не розчиняються у глобалізованому світі, а навпаки, набувають у нових умовах більшого значення. Це пов'язано з тим, що соціальні рейтинги несуть явний цивілізаційний відбиток (що є добрим, а що поганим для побудови бальної оцінки, визначається в контексті соціокультурної специфіки даного суспільства).

Усі розглянуті процеси є дуже непростими, турбулентними і неоднозначними. Крім того, вони розтягнуті у просторі та часі, так що різні шаблі цифрового суспільства функціонують одночасно, паралельно. Це необхідно враховувати при формуванні національних стратегій розвитку, у тому числі у сфері смарт-промисловості України.

1.2. Відмітні особливості смарт-промисловості та її трансформаційний потенціал

Смарт-промисловість базується на повністю інтегрованих мережах виробничих систем. Первинною ланкою смарт-промисловості є смарт-підприємства, які зазвичай характеризують як фабрики (заводи) майбутнього, де керовані комп'ютером системи контролюють фізичні процеси, створюють віртуальні копії фізичного світу і приймають децентралізовані рішення, засновані на самоорганізації [83, р. 7].

Смарт-фабрика являє собою таку гнучку систему, яка може самостійно пристосовуватися до мінливих умов у реальному чи майже реальному часі, автономно виконувати всі виробничі процеси і підвищувати продуктивність виробничої діяльності.

Як відзначають фахівці Deloitte, однієї з провідних організацій світу у сфері надання професійних аудиторських і консалтингових послуг, "розумна" фабрика є кроком уперед від більш традиційної автоматизації виробничих процесів до повністю інтегрованої та гнучкої системи, яка збирає і використовує потоки даних від сполучених операційних і виробничих систем та може самостійно навча-

тись і пристосуватися до нових вимог [10, р. 5], у тому числі запитів різних споживачів. Така "розумна" фабрика здатна здійснювати моніторинг й управляти матеріально-технічним забезпеченням, транспортними засобами, підготовкою виробництва, самим виробництвом, контролювати стан обладнання, безпеку і здоров'я персоналу, якість виготовленої продукції тощо (рис. 1.6).

У теоретико-методологічному аспекті найбільш принциповою відмінною рисою функціонування смарт-фабрики є те, що вона на сучасному техніко-технологічному й інформаційному рівні реалізує в управлінні виробництвом загальнонауковий (філософський) принцип рефлексії: мислення суб'єкта (у даному випадку інтегрованої виробничої системи), спрямоване на пізнання самого себе, яке виступає джерелом нових знань про суб'єкт [122].

Аналіз функціонування реальної фабрики служить для створення рефлексивного образу – моделі фабрики, яка може використовуватися для обміну інформацією, моделювання й оптимізації протягом життєвого циклу фізичного оригіналу [43, р. 6]. З цієї точки зору смарт-фабрика є таким способом взаємодії апаратних засобів, первинних даних, програмного забезпечення, штучного і людського інтелекту, коли дані, отримані за допомогою датчиків, лог-файлів та пошукових роботів від фізичних пристроїв і комп'ютерних мереж, збираються, передаються, попередньо опрацьовуються, зберігаються, візуалізуються, аналізуються і застосовуються для моделювання та подальшого вдосконалення промислових продуктів і виробничих процесів [105, с. 15] (рис. 1.7).

Ключова ланка такої взаємодії – це вже добре відомі у світі великі дані (*big data*) [189], які є новим поколінням технологій і архітектур, призначених для одержання економічної вигоди від дуже великих обсягів широкого спектра інформації за допомогою її високошвидкісного захоплення, пошуку та/або аналізу [82, р. 654]. (вставка 1.2).

Нові техніко-технологічні та організаційні можливості, які створює виробництво, засноване на принципах "смарт", обумовлюють виникнення додаткового потенціалу зростання продуктивності й ефективності. Зокрема, обстеження, здійснені Boston Consulting Group, свідчать, що для підприємств найбільший ефект Індустрії 4.0 пов'язаний зі зменшенням виробничих витрат (47% опитуваних),

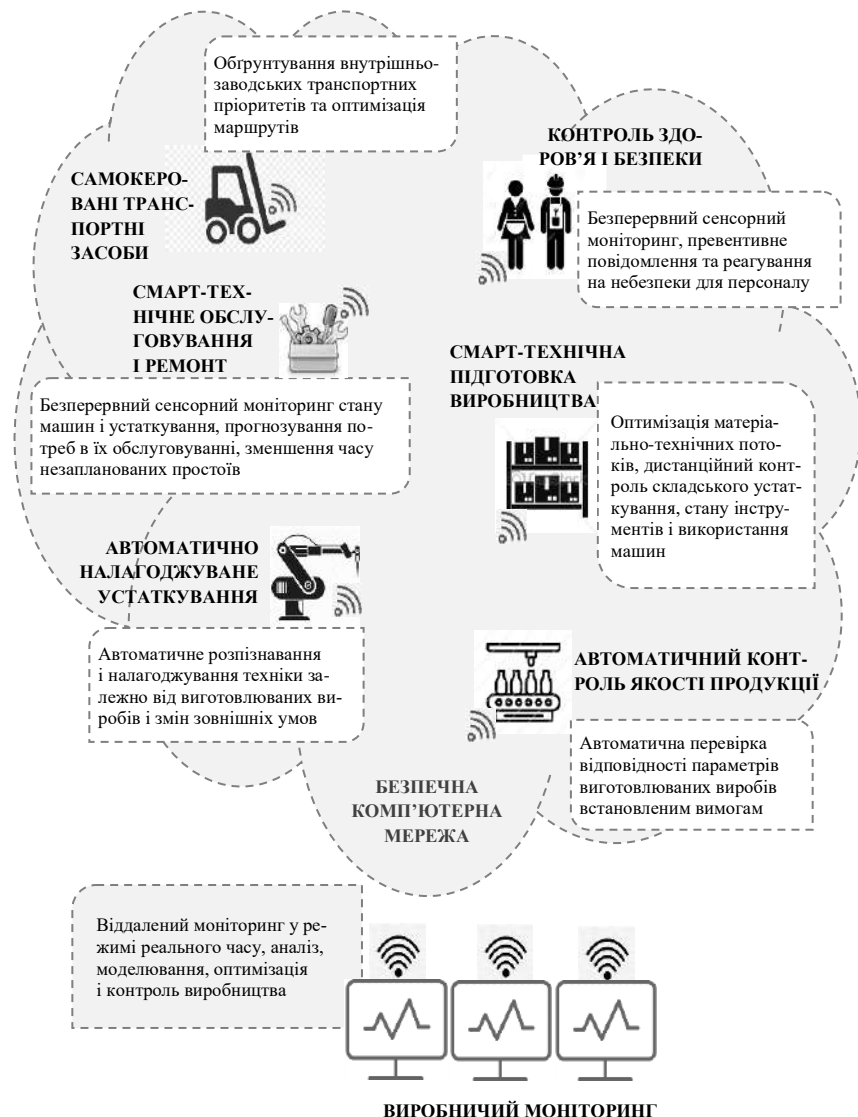


Рис. 1.6. Схема смарт-фабрики на базі IIoT

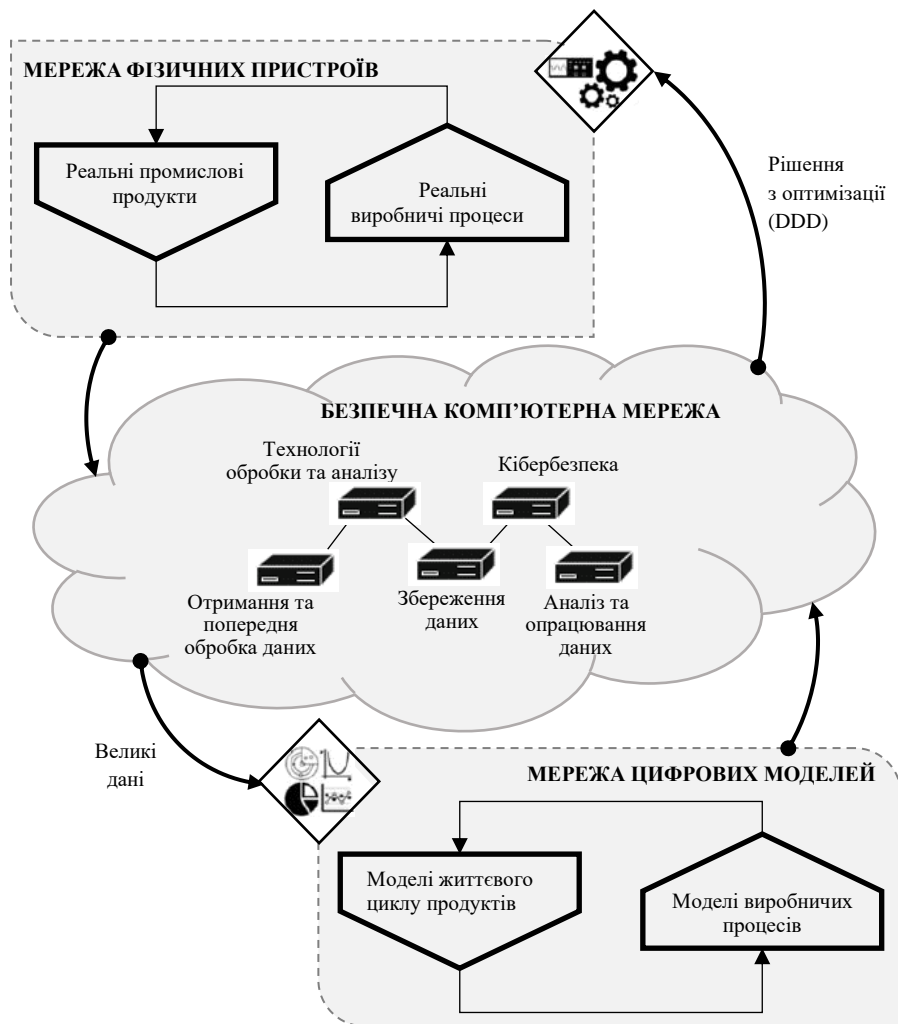


Рис. 1.7. Смарт-підприємство як взаємодія реальних предметів та їх цифрових аналогів

Вставка 1.2.

Великі дані та їх використання у смарт-промисловості

Головними ознаками великих даних є так звані "чотири V": обсяг (*volume*), різноманіття (*variety*), швидкість (*velocity*) і вартість (*value*). Аналітика великих даних є однією з базових технологій, на яких ґрунтується цифрова смарт-трансформація промисловості, оскільки її впровадження у виробництво дозволяє оптимізувати якість продукції, знизити енергетичні витрати, поліпшити обслуговування обладнання, функціонування систем виробництва й управління тощо.

Масштаби використання великих даних зростають у світі випереджаючими темпами (рис. 1.8).

За даними опитування New Vantage Partners [64, с. 10], близько 85,5% підприємств планують використання або вже застосовують аналіз великих даних, проте тільки 37,1% досягли успіху в цьому напрямі. Як відзначено у звіті Dresner Advisory Services "Big Data Analytics Market Study" [19, с. 20], у 2017 р. великі дані у своїй діяльності використовували більше половини досліджуваних компаній, що на 36% більше, ніж у 2015 р.

Найбільшу віддачу від аналізу великих даних підприємства отримують за рахунок скорочення витрат і використання нових можливостей для інновацій: 49,2% підприємств зазначили, що зуміли зменшити обсяги операційних витрат за рахунок інвестицій у великі дані, 44,3% – знайшли нові можливості для інновацій, 27,9% вдалося створити та налагодити ефективну систему використання великих даних (*data-driven culture*) [64, с. 8].

Фахівці з McKinsey Analytics у глобальному огляді "Analytics comes of age" [56, с. 43], спираючись на онлайн-опитування 530 керівників компаній вищої ланки з різних регіонів світу та галузей визначили сфери бізнесу, на які використання великих даних впливають найбільшою мірою (рис. 1.9).

Аналіз великих даних в індустрії (особливо в енергетиці та добувній промисловості) має велике значення, особливо для виконання таких бізнес-процесів, як продажі й маркетинг, а також проведення НДДКР. Втім їх вплив не обмежується указаними сферами.

Як свідчать результати дослідження [5], саме обробна промисловість є тією галуззю, де аналітика великих даних може бути успішною через характер й обсяги генерованої нею інформації. І хоча більшість промислових підприємств тільки починає відкривати потенціал цієї технології, вже є деякі піонери, які запропонували такі перспективні напрями використання великих даних:



Рис. 1.8. Порівняльна динаміка світового ВВП і ринкової вартості великих даних

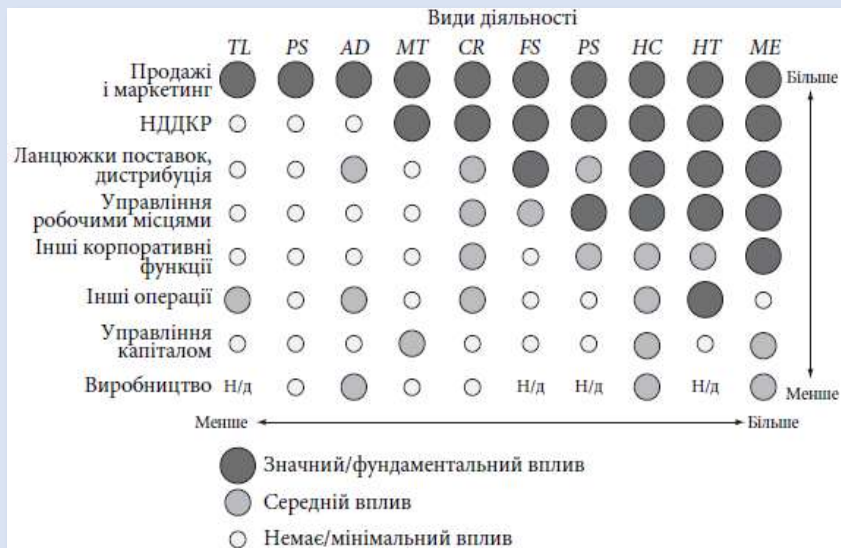
Складено за даними джерел: IMF, World Economic Outlook Database; Statista

ризи́к-менеджмент – у постачальників продукції з'явилася можливість ділитися своїми виробничими даними з партнерами і клієнтами, що створює атмосферу прозорості та високоєфективний канал комунікації для обох сторін, який знижує ризики спільної діяльності;

виробництво на замовлення – індивідуалізоване виробництво вже стало тенденцією не тільки в автомобільній промисловості, але і в авіації, комп'ютерних послугах і навіть у споживчих товарах; завдяки аналізу великих даних виробник отримує доступ до інформації про продажі, а також можливість зробити точний прогноз щодо обсягів замовлень на кожній із бізнес-конфігурацій, а отже, відрегулювати свій ланцюжок постачання;

підвищення якості продукції – суттєва економія може бути досягнута при використанні прогностичної аналітики в тестуванні продукції на основі розпізнавання образів та використання аналітичних засобів прогнозування; за допомогою аналітики великих даних можна також підвищити якість функціонування виробничих ліній;

післяпродажне обслуговування – за допомогою великих даних можна уникати або передбачати виникнення питань, пов'язаних із дотриманням гарантій та відкликанням продукції, заощаджуючи тим самим значні суми грошей;



Умовні позначення:

TL – подорожі, логістика; PS – суспільний сектор; AD – передові галузі; MT – медіа, телекомунікації; CR – роздрібна торгівля; FS – фінансові послуги; PS – професійні послуги; HC – охорона здоров'я; HT – високі технології; ME – виробництво сировини, енергетика.

Рис. 1.9. Вплив технологій великих даних на діяльність суб'єктів господарювання за видами і процесами економічної діяльності

Складено за даними джерела: McKinsey & Company (2018). *Analytics comes of age*. McKinsey Analytics.

оперативний моніторинг виробництва – виробники отримують можливість аналізу потоків даних із виробничих ліній, що показують розбіжності з технологічним режимом та можливості в реальному часі; для цього використовуються не тільки дані датчиків, що надходять із виробничого обладнання, а також інформація про фінанси, яка належним чином пов'язана з оперативними технічними даними;

зростання підприємства, кероване даними – використання великих даних уможливило оперативне порівняння продуктивності різних бізнесів і формування глобальної стратегії зростання: де саме відкрити новий завод, яка виробничий майданчик має бути переміщений або закритий, чи можна легко ввести новий продукт тощо;

прогностичне та профілактичне обслуговування – завдяки сучасним сенсорним технологіям операційні дані можуть бути зібрані та проаналізовані в режимі реального часу практично з будь-якого виду машин або споживчого продукту; це дозволяє запобігти простоям і витратам на технічне обслуговування обладнання й устаткування, налаштувати оптимальне обслуговування споживчих товарів;

відстеження накладних витрат – однією з тих сфер, які сприяють зменшенню накладних витрат, є стандартизація у зв'язках із постачальниками на основі великих даних із джерел із мережі постачань та розширених можливостей аналізу, а також моніторинг витрат на персонал із визначенням точної вартості кожного завдання у процесі, розподіленому на функції окремих осіб;

тестування та моделювання нових виробничих процесів – завдяки цифровим близнюкам, середовищу віртуальної реальності та моделюванню з використанням великих даних з'явилася можливість тестувати виробничі процеси і продукти, зменшувати ризики прийняття рішень щодо початку процесів їх впровадження і виробництва;

логістика – складування та транспортування є тими сферами, де можна успішно використовувати великі дані для заміни людей на інтелектуальних роботів, які прискорюють процеси переміщення товарів і мінімізують помилки. Перевезення також революціонується завдяки моніторингу в режимі реального часу вантажів, погодних та дорожніх умов.

Однак використання технологій великих даних не забезпечує автоматичного успіху. Респонденти, які мають відповідний досвід, вказують на такі перешкоди їх ефективному впровадженню:

- недостатньо підготовлена організаційна структура (42,6%);
- відсутність розуміння на середньому рівні управління (41,0%);
- спротив чи нерозуміння з боку персоналу (41,0%);
- відсутність узгодженої стратегії впровадження (29,5%);
- відсутність спільного бачення проблем (26,2%);
- відсутність спеціальної політики та досвіду управління великими даними (21,3%) [64, с. 10].

У зв'язку з цим на допомогу тим підприємствам, які прийняли відповідні рішення, приходять спеціалізовані компанії, що пропонують техніко-технологічну підтримку та інші послуги, пов'язані з використанням великих даних.

підвищенням якості продукції (43%) і оперативної гнучкості виробництва (42%), зменшенням витрат у ланцюжках поставок (37%), прискоренням продуктових інновацій (33%) [7].

За інформацією Siemens, одержаною згідно з опитуваннями по всьому світу, уже 40-50% малих і середніх підприємств та 70-80% великих здійснили пілотні проекти з упровадження технологій Індустрії 4.0 [79].

Практичний досвід фірм із Німеччини, яка вважається одним із світових лідерів у сфері смарт-промисловості, свідчить про те, що найближчим часом використання смарт-технологій дозволить підвищити продуктивність в усіх виробничих секторах промисловості цієї європейської країни на 5-8%. Економічне зростання, яке стимулює Індустрія 4.0, приведе до 6-відсоткового збільшення зайнятості протягом найближчих десяти років, а попит на працівників такої провідної галузі, як машинобудування, може зрости ще більше – на 10% за той самий період [117, с. 8-9].

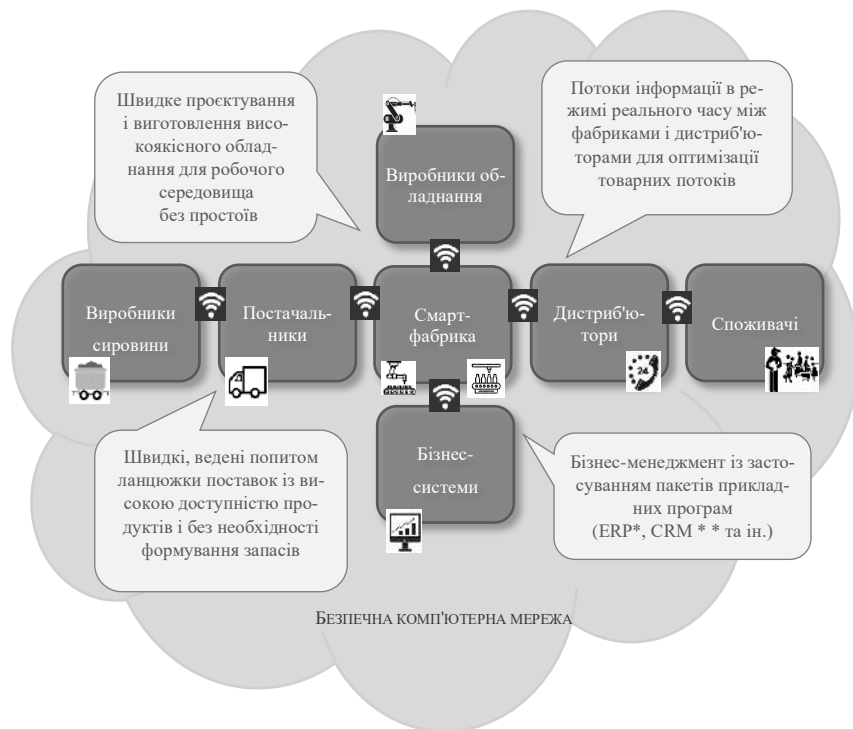
При цьому важливо підкреслити, що смарт-промисловість – це набагато більше, ніж відокремлені підприємства і продукти, які на них створюються, оскільки, як зазначено вище, вона базується на повністю інтегрованих мережах високотехнологічних виробничих систем, але включає не тільки їх (виробничі системи).

Термін "виробництво" (manufacturing) означає виготовлення речей для продажу. А термін "промисловість" (industry) має більш широке значення і включає крім власне виготовлення речей виробництва також виконання широкого спектру пов'язаних функцій – від їх розробки до утилізації. Наприклад, автомобільна промисловість охоплює підприємства, які виготовляють різні види безрейкових транспортних засобів переважно з двигунами внутрішнього згорання, але не обмежується тільки ними, адже до неї входить також широкий спектр компаній і організацій, які здійснюють проектування, розробку, маркетинг і продажі автомобілів.

Ось чому фахівці у сфері економіки і технологій говорять про четверту промислову революцію, а не про четверту виробничу революцію, і включають до аналізу не тільки смарт-виробництво, але і смарт-розробки, смарт-постачання, смарт-споживання, смарт-фінанси тощо.

У такій системі смарт-промисловості виробничі ланцюжки взаємопов'язані з дослідниками і розробниками, постачальниками,

дистриб'юторами, споживачами та іншими через новітні ІКТ, завдяки чому формуються інтегровані цифрові екосистеми, які поліпшують координацію та підвищують ступінь активності участі всіх партнерів як в окремих ланцюжках, так і в цілісних мережах створення вартості (рис. 1.10).



* ERP (Enterprise resource planning systems) – системи планування ресурсів підприємства.

** CRM (Customer Relationship Management systems) – системи управління взаємовідносинами з клієнтами.

Рис. 1.10. Смарт-промисловість як комп'ютерна мережа смарт-підприємств із різних сфер економічної діяльності

Саме тому питання становлення і подальшого розвитку смарт-промисловості виходять за рамки окремих виробництв і потребують вирішення широкого спектру проблем, у тому числі на регіональному, національному і міжнародному рівнях:

технічних (поліпшення показників швидкості передачі, надійності та покриття мережі мобільного зв'язку, подальший розвиток новітніх цифрових технологій (вставка 1.3), забезпечення цифрової безпеки);

економічних (збільшення обсягів і підвищення продуктивності досліджень, інновацій та інвестицій, перебудова систем підготовки та перепідготовки персоналу);

організаційних (стандартизація систем, платформ, протоколів; зміни в організації роботи, що враховують особливості нових кіберфізичних бізнес-моделей), правових (створення загальної правової бази для підтримки поширення смарт-промисловості, гармонізація господарського законодавства різних країн тощо).

Вставка 1.3.

Блокчейн та перспективи його використання у смарт-промисловості

Серед новітніх цифрових технологій, на яких базується нова кіберфізична реальність, одне з центральних місць посідає блокчейн – розподілений цифровий реєстр із вбудованою системою записів транзакцій між учасниками мережі в режимі реального часу.

Сьогодні завдяки ентузіазму окремих інвесторів і розробників (у тому числі відкритого програмного забезпечення) сформовано екосистему блокчейн, яка включає три покоління.

Перше покоління блокчейн – це власне широковідомий Біткоїн і подібні йому криптовалюти. Архітектури блокчейн, які обслуговують їх, здатні виконувати лише найпростіші транзакції та мають продуктивність, яка швидко деградує.

Друге покоління почалося зі створення блокчейну для криптовалюти Ефір (*Ethereum*) і забезпечило учасникам можливість не просто здійснювати перекази токенів (аналога цінних паперів у цифровому світі, від *англ.* token – знак, символ, жетон), але й укладати між собою повноцінні смарт-контракти – алгоритми для автоматичного виконання транзакцій, написані спеціальними мовами (наприклад, Solidity для Ефіру), що зберігаються в блокчейні та виконуються в середовищі віртуальних машин.

Можна стверджувати, що друге покоління відкрило двері для масштабної дигіталізації економіки, оскільки на основі "розумних" контрактів теоретично можливо оцифровувати не тільки найпростіші транзакції, але і технологічні процеси, логістичні ланцюжки, юридичні конструкції, законодавчі норми тощо. У розробці нових поколінь блокчейну останнім часом брали активну участь провідні гравці світової промисловості, торгівлі та фінансів, серед яких Toyota, Samsung, Oracle, IBM, Apple, Bank of China, Bank of America, IMG, Alibaba та ін. [15].

Однак поки що ситуація з технологією блокчейн виглядає так, немов "гора народила мишу". Проникнення блокчейн у реальний сектор залишається незначним. Це підтверджується опитуванням ІТ-директорів, серед яких тільки 14% заявили, що включають блокчейн до своїх планів на майбутнє [59]. У багатьох респондентів спостерігається втома від цієї технології, адже після хайпового дебюту процес "дозрівання" технології затягнувся [3].

Надпопулярність блокчейну породила масу "сліпих" інвесторів. Експерти однастайні в тому, що для таких інвесторів блокчейн став скоріше привабливою ідеєю, ніж конкретним її втіленням. Тому в більшості випадків кошти вкладалися виключно в саму ідею "блокчейнізації" (57%), а не в потрібний ринку продукт. Тільки 7% проектів, профінансованих у ІV кварталі 2018 р., були орієнтовані на конкретних клієнтів. Більшість проектів (59%), які зібрали венчурне фінансування в 2018 р., взагалі не отримали кінцевого продукту [59]. Це пояснює причини банкрутства більш ніж 85% реалізованих ICO-проектів (від *англ.* Initial Coin Offering – первинна пропозиція монет як форма залучення інвестицій у вигляді емісії та продажу інвесторам нових криптовалют).

Крім інвестиційної пастки, існує також пастка технологічна. Після початкового сплеску оптимізму стало зрозуміло, що перехід від криптовалютного призначення блокчейну до універсального, у тому числі в промисловості, потребує більш глибокої трансформації технологічного ядра, ніж очікувалося раніше.

У другому поколінні далеко не всі вузькі місця блокчейну були усунені. Проекти, які наразі формують екосистему *третього покоління* блокчейн, спрямовані насамперед на подолання його глибинного протиріччя, "родової травми", властивої цій технології від моменту її виникнення і названої творцем Ethereum В. Бутерінім "трилемою" блокчейну [68]. Ця "трилема" характеризує внутрішнє обмеження блокчейну, що не дозволяє йому бути одночасно продуктивним, розподіленим і безпечним. Досягнення будь-яких двох цілей суперечить третій. Очевидно, що це принципово ускладнює практичні імплікації блокчейну у виробничих системах та інших сферах потенційного використання.

Тому зусилля дослідників і розробників сконцентровані на пошуку компромісних рішень "трилеми", наприклад, збільшення продук-

тивності блокчейн без істотного збитку для децентралізації та безпеки. Більш специфічні завдання, які постають перед третім поколінням, – це зростання універсальності технології для застосування її в різних галузях, спрощення взаємодії різних систем блокчейн між собою (шляхом міжсистемних смарт-контрактів). Також, звичайно, потрібна повноцінна інтеграція блокчейну з фізичним світом (створення тригерів для зв'язку виконання "розумних" контрактів із зовнішніми подіями) [71].

Обриси третього покоління блокчейн наразі тільки формуються, так що альтернативним рішенням ще тільки доведеться пройти природний відбір. Одним із перспективних кандидатів на перемогу є так званий "шардінг" (від *англ.* shard – осколок, шматочок), який використовується для створення розподіленої системи. На відміну від теперішньої практики зберігання на кожному вузлі (ноді) повної копії бази даних, "шардінг" пропонує зберігати на окремих нодах (від *лат.* nodus – вузол – будь-який комп'ютер, підключений до блокчейн-мережі) тільки фрагменти бази даних. Повна база формується як мозаїка, що складається з усіх окремо збережених фрагментів. "Шардінг" істотно збільшує продуктивність системи [46], що особливо важливо для застосування як у фінансовому, так і в реальному секторах економіки.

У 2015 р. було розроблено Lightning Network і подібні до неї підходи, названі дворівневими протоколами [51]. Вони вирішують проблему низької продуктивності блокчейну по-іншому, ніж "шардінг", а саме за рахунок зниження вимог безпеки для приватних транзакцій. Так, безліч індивідуально не критичних транзакцій, наприклад дрібних із допустимим ризиком (на практиці таких переважна більшість), виконується поза блокчейном (*off-chain*), тобто без консенсусу. І тільки після завершення виконання групи дрібних завдань їх зливають разом в одну мегатранзакцію, яку перевіряють і проводять класично, тобто розміщують у блокчейн за загальними правилами через консенсус. Завдяки цьому навантаження на систему зменшується, а продуктивність зростає. При цьому очікується, що згідно із законом великих чисел ціна ризику для безлічі дрібних транзакцій, виконуваних *off-chain*, не перевищить виграшу від зростання швидкості блокчейн у сотні й тисячі разів.

Також цікавим прикладом виходу "з глухого кута трилеми" є проєкт Eхopит, що розробляється компанією Vitfury – одним із лідерів виробництва обладнання для блокчейн і майнінгу [24]. Проєкт реалізований як децентралізована система з лімітованою кількістю активних вузлів. Завдяки такому обмеженому масштабуванню і використанню оригінальних алгоритмів консенсусу було досягнуто високу продуктивність (до 15 тис. операцій на секунду). Розуміючи, що криптостійкість у цій системі може буде вразливою, творці Eхopит вирішили подбати про безпеку по-своєму. Час від часу системою створюються точки синхронізації, які зберігають контрольні суми її стану в розпо-

діленому блокчейні (Біткоїні, на сьогодні максимально безпечному). Таку процедуру назвали "якоріння" (анкоринг). Автори проекту заявляють, що хоча фабрикація даних у їх системі є потенційно можливою, але вона однозначно буде помічена, так що істину можна легко відновити. Переваги Echronum дозволили йому взяти участь у проєкті переходу на блокчейн земельного кадастру Грузії.

Крім існуючих внутрішніх протиріч блокчейну, упровадження цієї цифрової технології гальмує традиційний опір змінам. Реінжиніринг бізнесу з метою переходу на блокчейн є досить ризикованим і дорогим заходом для успішної компанії. Через це впровадження блокчейн, на думку Deloitte, залучає в основному бізнес, який створюється "з чистого аркуша" [3].

Втім, уже існують проєктні рішення "під ключ", які максимально полегшують впровадження блокчейну для працюючих компаній. Одним із лідерів у сфері B2B є Hyperledger Fabric [36], заснований Linux Foundation у 2015 р. за участю IBM і переданий спільноті вільного програмного забезпечення. Проєкт належить до другого покоління блокчейну і безперервно розвивається, розширюючи сфери свого застосування.

Hyperledger Fabric мало схожий на розподілений публічний блокчейн (наприклад, Ethereum). Він є реалізацією криптографічно захищеного децентралізованого реєстру транзакцій на обмеженій кількості вузлів. Однак для індустріального використання такі частково масштабовані системи є тепер доступним вибором. Закриті "квазі-блокчейн"-проєкти (названі так на протигагу відкритим і розподіленим "істинним" блокчейнам) часто застосовуються для вирішення актуальних завдань бізнесу, зокрема фінансових розрахунків, кредитування, проходження митних процедур та ін. Найбільш відомим прикладом є Corda, яка була створена консорціумом R3 (200 фірм, включаючи гігантів Barclays, Credit Suisse, Goldman Sachs, JP Morgan) [18]. Corda, зокрема, була впроваджена Cargill для контролю за переміщенням товарів і розрахунків із партнерами, що дозволило збільшити прозорість, безпеку торгових і фінансових операцій, прискорити отримання акредитивів [65].

Об'єднує "квазі-"продукти (нерозподілені, з обмеженою децентралізацією) з класичним блокчейном таке явище, як токенизація – створення унікальних, криптографічно захищених цифрових представлень активів у реєстрі. Токенизація, як частина загальної тенденції до дигіталізації економіки, може бути застосована не тільки для грошей, але і для товарів, послуг, прав, персоналії тощо.

Токенизація значно полегшує ідентифікацію в цифровому просторі. Завдяки їй, наприклад, неможливо багаторазово використовувати один і той самий предмет як засіб забезпечення платежу або застави. Це актуально не тільки для матеріальних цінностей. Токенизація обслуго-

вуючих потужностей, сервісних годин, орендних площ тощо дозволяє значно підвищити довіру інвесторів, полегшити попередні продажі, фінансування девелоперів і виробників. Те, що наразі відбувається як бум ICO для IT- та WEB-проектів, із часом може стати практикою інвестування в матеріальні активи.

Завдяки своїм новим можливостям блокчейн формує середовище не тільки для залучення інвестицій, але і для оптимізації робочого капіталу. Найбільш відомий приклад – прискорення кредитування виробничих і торгових операцій за допомогою фінансування ланцюжка поставок (supply chain finance). Використання блокчейну як інформаційної платформи для e-Invoicing (electronic invoicing), дозволяє за рахунок підвищення якості інформації (завдяки відкритості та взаємному аудиту) мінімізувати ризики сторін, а отже, знизити вартість залучення кредитів у схемах факторингу. У деяких публікаціях розглянуто приклади того, як компанії масштабу IBM, Maersk, Dianrong зайняті впровадженням міжнародних систем фінансування ланцюжка поставок, заснованих на блокчейні [31].

Симбіоз e-Invoicing і блокчейну можна вважати однією з найбільш перспективних інновацій. e-Invoicing – це єдина "розшарена" для торгуючих сторін електронна бухгалтерія (точніше, частина бухгалтерського обліку, пов'язана з обігом товарів) [21]. E-Invoicing є технологією випуску і передачі рахунків-фактур, товарних і податкових накладних торговими партнерами один одному, а також фіскальним органам у цифровому вигляді (на відміну від паперових або навіть сканованих "безпаперових" документів).

Оцифрування рахунків-фактур, введення їх у блокчейн і зв'язок із "розумними" контрактами спрощують моніторинг дотримання договірних і законодавчих норм. Технології e-Invoicing і блокчейн розвивалися незалежно, але досягнувши певної зрілості, вони стали комплементарними. Очікується, що найближчим часом можна буде ще більше прикладів успішної реалізації e-Invoicing на платформі блокчейн третього покоління.

Ще одним перспективним напрямом використання блокчейну у промисловості є його симбіоз із технологіями промислового інтернету речей [28]. Наразі IoT використовується в системах планування ресурсів підприємств, обладнанні, яке здатне саме себе діагностувати й обслуговувати, для створення мереж мініатюрних пристроїв, що утворюють "павутину" органів почуттів для AI та багато іншого. З огляду на низьку довіру до таких IoT-девайсів, блокчейн може бути вирішенням проблем безпеки, що потребує однак також високої продуктивності та масштабованості. Якщо в третьому його поколінні будуть запропоновані розумні ефективні рішення цієї "головоломки", то інтеграція IoT і AI з блокчейном може породити новий потік революційних промислових інновацій.

Крім комплексу вищезазначених проблем, принципове значення для процесів становлення і подальшого розвитку смарт-промисловості мають обставини часу та місця.

Часовий чинник у даному контексті проявляється через життєвий цикл домінуючих технологій, а чинник місця – через розміщення домінуючих технологій по країнах і регіонах світу, які характеризуються власними закономірностями еволюції соціокультурних, інституційних і техніко-технологічних чинників.

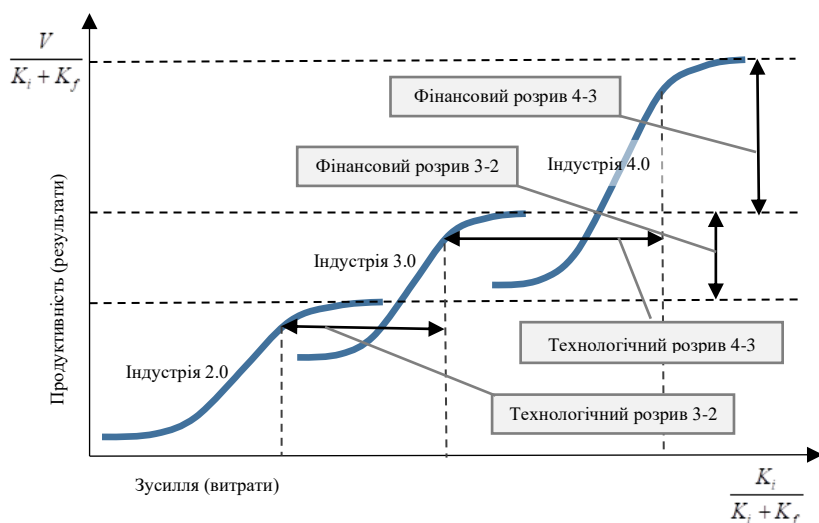
Життєвий цикл виробничих технологій – це одна з ключових концепцій, яка визначає динаміку наукового-технічного прогресу і закономірності переходу з одного покоління технологій на інше. У рамках цієї концепції залежність між затратами на створення, просування нових технологій та отримуваними результатами описується S-подібною кривою [121]. Її техніко-економічний сенс полягає в тому, що спочатку, коли технологія тільки починає свій життєвий шлях, зусилля щодо її розвитку, як правило, приносять скромні результати, оскільки створення і налаштування нових виробничих процесів, методів й інструментів потребують певного часу і зусиль. Але потім, як результат цих зусиль, нова технологія починає розкривати свій потенціал (якщо тільки запропоновані нові інженерно-конструкторські рішення виявилися правильними, а не помилковими). При цьому подальші вкладення (витрати) починають приносити зростаючу віддачу, що показано як збільшення куту нахилу S-подібної кривої на рис. 1.11.

Нарешті, на стадії зрілості подальші зусилля з удосконалення технології уже приносять незначні результати з точки зору її фізичної продуктивності. Це свідчить про те, що потенціал даних інженерно-конструкторських рішень в основному вичерпано.

У зв'язку з тим, що промисловий розвиток базується на розвитку цифровому, на рис. 1.11 вкладення в технологію описані через структуру капіталу – питому вагу цифрового капіталу (K_i) у його загальній величині (сумі цифрового і фізичного капіталів – $K_i + K_f$).

Як відомо, цифровий капітал виступає у двох формах: цифрових матеріальних активів (комп'ютери, сервери, маршрутизатори, принтери, інші фізичні пристрої в комплекті з відповідними комп'ютерними програмами) та цифрових нематеріальних активів

(веб-сайти, авторські права на дизайн, "ноу-хау" у цифровому аналізі поведінки користувачів, великі дані, роялті за використання патентів і програмних продуктів, брендів, створених завдяки цифровим технологіям тощо). У країнах-лідерах Індустрії 4.0 саме цифровий (а не фізичний) капітал, особливо його нематеріальна частина, демонструє випереджаючі темпи зростання: якщо в середньому у світі цифрові інвестиції в нематеріальні активи становлять приблизно 50% вкладень у цифрові матеріальні активи, то в Ізраїлі, Японії, Швеції, Великобританії та США – близько 2/3 [9].



Умовні позначення: K_i – цифровий капітал; K_f – фізичний капітал; V – додана вартість.

Рис. 1.11. Життєвий цикл технологій, технологічні та фінансові розриви в контексті кіберфізичних систем

Проте очевидно, що зрештою продуктивність виробничих технологій визначається продуктивністю та якістю фізичного капіталу. Тому кут нахилу середньої частини S-подібної кривої технологій Індустрії 2.0 на рис. 1.11 є меншим, ніж кут нахилу середньої частини S-подібної кривої технологій Індустрії 3.0 і тим більше –

кривої технологій Індустрії 4.0. Що стосується верхніх частин відповідних кривих, то вони свідчать про те, що для кожної даної технології потенціал зростання фізичної продуктивності, обумовленої у тому числі процесами цифровізації, є обмеженим, так що подальше її зростання потребує пошуку нових інженерно-конструкторських, а не тільки цифрових рішень.

Тим не менш, саме на етапі фізичної зрілості добре відпрацьовані технології приносять найбільшу фінансову віддачу. Тому такі зрілі технології їх власники намагаються експортувати, оскільки це приносить високі прибутки. При цьому важливо враховувати, що країни, які їх купляють і приймають (адаптують і впроваджують) з метою підвищення загального рівня національного виробництва, завжди будуть відставати від країн – технологічних лідерів, які, використовуючи потоки грошей від експлуатації та продажів зрілих технологій, мають можливість інвестувати в розвиток нових поколінь інженерно-конструкторських рішень, потенційно здатних принести набагато більшу віддачу, ніж технології попередніх поколінь. Тобто згідно з термінологією рис. 1.11 втрати від вкладень у становлення технологій Індустрії 4.0 більш ніж компенсуються зростанням фізичної продуктивності (технологічний розрив 4-3), що згодом забезпечує збільшення фінансових результатів (фінансовий розрив 4-3).

Як відзначено в роботі [119, с. 97], цю концепцію можливо і доцільно поширити також на сферу технологічних відносин між країнами, які мають домінуючі виробничі технології різного рівня і різного ступеня розвитку. Тобто перехід між точками однієї і тієї самої S-подібної кривої праворуч можна трактувати як перехід від однієї країни до іншої, яка просунулася далі в розкритті потенціалу домінуючих технологій даного рівня, наприклад, технологій Індустрії 2.0 чи Індустрії 3.0. Якщо ж ті чи інші країни перейшли до масового використання технологій 4.0, які представляють четверту промислову революцію, то вони будуть розташовані на іншій, більш високого рівня S-подібній кривій.

Такий науково-методологічний підхід, що враховує обставини місця (розташування домінуючих технологій по країнах і регіонах світу), має принципове значення, оскільки дозволяє зробити перехід від техніко-технологічних чинників до інституційних, у тому числі тих, що визначають національний ступінь розвитку інно-

ваційної та науково-технологічної сфер: наявність наукових й інженерних шкіл, науково-технічних й інженерно-технічних кадрів, наукового доробку, відповідність цього доробку сучасним тенденціям розвитку науково-технічної сфери, нарешті, готовність держави (уряду) і підприємців (бізнесу) інвестувати великі кошти в ризиковані науково-технічні й інженерно-конструкторські рішення. Зрештою результативність й ефективність упровадження нових технологій (як фізичних, так і цифрових) визначається формальними і неформальними нормами поведінки економічних суб'єктів, що переважають у тому чи іншому суспільстві. Суспільство, яке через ті чи інші причини не сприймає новаторів, не зможе бути успішним і в розвитку сучасного кіберфізичного виробництва.

Згідно з економетричними розрахунками, наведеними в роботі [119], Україна входить до групи тих держав, які відстають за рівнем розвитку національного виробництва, оскільки більшість її виробничих технологій належать до третього і четвертого технологічних укладів (заснованих на масовому і серійному виробництві), тобто тих, період домінування яких у світі завершився ще у ХХ ст. У свою чергу, це обмежує трансформаційний потенціал цифрових технологій. Результати аналізу свідчать про те, що в Україні зростання цифрової економіки на 10% здатне забезпечити приріст ВВП тільки на 1,4%, а в групах більш розвинутих країн ефект цифровізації в рази більший (для кластера країн Індустрії 3.0 – 2,4%, та країн Індустрії 4.0 – 3,0%) [119, с. 115].

І справа не тільки в техніці й технологіях, а ще і в тому, що Україна критично відстає за якістю інститутів, які сприяють інноваційному розвитку, у тому числі внаслідок короткого горизонту бізнес-планування, спричиненим негативним впливом політичного циклу [94].

Питання становлення смарт-промисловості України має розглядатися як частина більш широкої проблематики національних і наднаціональних інноваційних систем, які згідно з еволюційною методологією формуються під впливом рушійних сил (мінливості, спадковості й відбору) у контексті дії різноманітних факторів (географічних, історичних, соціокультурних) та є результатом ко-еволюції соціуму, виробництва, технологій і соціально-економічних інститутів.

1.3. Смарт-промисловість та інновації. Національна інноваційна система у транснаціональному та коеволюційному контексті

Смарт-промисловість – це за визначенням промисловість інноваційна, яка поєднує новітні фізичні, біологічні та цифрові технології, фундаментальні підвалини яких формують сучасна освіта і наука. Відповідно до цього пошук способів і стимулів активізації розвитку національної інноваційної системи та її головного елемента – творчої особистості, яка має необхідні знання, навички і компетенції, є головною передумовою успішного становлення смарт-промисловості в Україні.

Важливо підкреслити, що у світі не існує універсальних рецептів успішного розвитку науково-освітнього комплексу у поєднанні з комплексом виробничим, оскільки можливості й особливості нинішнього економічного розвитку визначаються особливостями "path-dependence", що сформувалися під впливом різноманітних чинників: географічних, історичних, соціокультурних та ін.

Саме тому одним із пріоритетних напрямів, прийнятих за основу досліджень у сфері інновацій в ОЕСР, ЄС, UNCTAD, UNIDO та ін. [21], є концепція національних інноваційних систем (НІС) [25; 52; 63], яка є визнаною в науковому середовищі та набула поширення не лише на національному, але і на галузевому, регіональному та міжнародному рівнях. Ефективне управління розвитком національних інноваційних систем є запорукою успіху в контексті майбутніх смарт-трансформацій глобальної промисловості як провідної галузі економіки та забезпечення пріоритетності інклюзивного та сталого зростання.

Різноманіття концепцій НІС, створених на основі базової, сформульованої Б. Лундваллом, К. Фріманом, Р. Нельсоном та ін. у 80-х роках ХХ ст., і відповідно методологічних підходів до їх моделювання, аналізу та класифікації, обумовлене як об'єктивними чинниками – комплексністю основних елементів національних інноваційних систем, специфічними особливостями етнічних популяцій, що формують соціально-економічні та інституційні надбудови суспільства, так і суб'єктивними – цілепокладанням і професійними інтересами дослідників. Таким чином, з одного боку, категоріальний апарат, структура і підходи до визначення, класифікації та уп-

равління розвитком НІС безперервно вдосконалюються [20; 55; 100; 120; 123], а з іншого – теоретико-методологічні положення не відрізняються єдністю поглядів, є дискусійними та в деяких випадках суперечать одне одному [111].

Аналіз робіт, у яких охарактеризовано різні варіанти таксономії НІС [4; 27; 103; 112], свідчить про те, що гіпотеза існування типових соціально-економічних моделей у формі наднаціональних інноваційних систем об'єктивно обґрунтована і може бути підтверджена емпіричними спостереженнями. Так, відповідно до джерела [112] за рівнем розвитку НІС, повнотою інноваційного циклу та галузевою специфікою більшість дослідників виокремлюють євроатлантичну (ЄС, США), східно-азіатську (Японія, Південна Корея, Тайвань, Китай та ін.) та альтернативну (Таїланд, Чилі, Туреччина та ін.) моделі.

Проте існують і більш детальні класифікації. Особливий інтерес у рамках даного дослідження становлять:

"Towards a taxonomy of innovation systems" ¹ [27]) – трирівнева таксономія НІС-2005, що складається з мега-кластерів, кластерів і субкластерів (по низхідній). Вибірка включає 69 країн (що охоплюють 87,4% населення світу), різних за рівнем економічного розвитку і регіонах розташування. Дослідження спрямоване на підтвердження або спростування наявності спільних рис у НІС розвинутих економік і тих, що розвиваються;

"Mapping national innovation systems in the OECD area" ² [4]) – таксономія НІС-2006 з емпіричного виявлення міжнаціональних відмінностей і подібностей у структурі та діяльності інноваційних систем високотехнологічних розвинутих економік (емерджентні країни та країни, що розвиваються, виведено за рамки дослідження). Вибірка включає 18 країн-членів ОЕСР, з яких 14 є членами ЄС;

"Наднациональные модели налоговых систем: от Китая до Магриба" [103]) – має на меті пошук "довгих" тенденцій розвитку податкових популяцій, їх очікуваного розширення або стиснення, аналіз можливих результатів взаємодії та протидії. На базі 19 пока-

¹ "Про класифікацію інноваційних систем".

² "Зіставлення національних інноваційних систем у регіоні ОЕСР".

зників, що характеризують формування та розвиток податкових систем, виокремлено Європейську¹, Китайсько-Східноазіатську, Індійсько-Південноазіатську, Магрібсько-Близькосхідну податкові популяції.

Незважаючи на певну схожість концепцій, вихідних передумов й аналітичного інструментарію, кінцеві цілі, використовувани підходи та результат розглянутих публікацій мають декілька суттєвих відмінностей. Проте вони обґрунтовують загальну ідею про існування типових моделей (базових материнських популяцій), що виходять за межі існуючих адміністративних кордонів та базуються на спільності інституційно-культурних мемів, а також сформованих на їх основі підходів до організації та самовідтворення соціуму як складної економічної системи, включаючи інноваційну діяльність.

Віддаючи належне науковим напрацюванням із таксономії НІС, слід відзначити, що внаслідок комплексності й динамічності цих систем як соціально-економічного явища теоретичні та практичні питання інноваційного розвитку, розкриті раніше, обмежені специфікою цілепокладання авторів і не є універсальними. Тому передбачається обґрунтувати інший, відмінний від розглянутих, набір основних класифікаційних ознак НІС і відповідно перелік аналізованих показників з метою розробки типології, придатної для визначення базових (материнських) типів наднаціональних (транснаціональних) інноваційних систем (ННІС) у контексті "quadruple helix", а також встановити, до якого з них належить НІС України.

Як теоретичний фундамент НІС у даному дослідженні використано концепцію чотириланкової спіралі (quadruple helix), за якою розвиток технологій виробництва та соціально-економічних інститутів у соціумі відбувається коєволюційно. Звідси провідними елементами національних і наднаціональних інноваційних систем виступають чотири конгруентних комплекси: науково-освітній (НО), виробничо-економічний (ЕК), державно-політичний (ДК) та соціокультурний (СК).

Освіта і наука є основоположними та взаємодоповнюючими формами діяльності, які визначають формування інтелектуального

¹ До Європейської включено відразу кілька субпопуляцій: Західноєвропейська, Північноамериканська, Австралійська, Латиноамериканська і Євразійська, із загальною (родовою) основою – Західноєвропейською.

капіталу [107], попит на інновації, спадкоємність як біологічних, так і техніко-технологічних поколінь. Наука спрямована на структуроване пізнання та цілеспрямоване перетворення навколишньої дійсності, у тому числі для створення суспільних благ і конкурентних переваг. Система освіти забезпечує передачу і закріплення культурної спадщини та професійних навичок, знань і досвіду, правдивість та корисність яких підтверджені часом. Обидва напрями є базовими для формування та розвитку НІС.

Класифікаційна ознака "науково-освітній комплекс" описує НІС за допомогою 12 кількісних і 11 якісних показників, що характеризують: тривалість навчального процесу; охоплення і доступність освіти для різних груп населення; рівень зайнятості та якість послуг, що надаються в даній сфері; доступність джерел інформації; розвиненість відповідної інфраструктури; кінцеві результати наукової діяльності.

Оскільки індустріалізація об'єктивно визнана рушійною силою розвитку [115 с. 1], а економічні результати – одними з найбільш поширених і показових індикаторів ефективності, наступною класифікаційною ознакою, необхідною для коректного аналізу НІС, є стан виробничо-економічного комплексу. У зв'язку з тим, об'єктами даного дослідження виступають окремі держави, класифікаційна ознака "виробничо-економічний комплекс" представлена переважно макроекономічними показниками (32 найменування), що дозволяють оцінити обсяг та інвестиційний клімат національних економік, встановити структуру доходів і витрат, охарактеризувати їх збалансованість та інноваційність.

Третя класифікаційна ознака – "державно-політичний комплекс" – характеризує якість соціально-економічних інститутів, співвідношення їх конструктивних і деструктивних форм, а також їх ефективність та адекватність, що визначає життєздатність соціуму і конкурентоспроможність країни, яка його представляє. Це найбільша група показників (71 показник), метою якої є найбільш повне врахування специфіки інституційного середовища, що обумовлює унікальність й ефективність розвитку НІС.

Показники якості життя виступають прямим продовженням соціального й економічного успіху наукової та освітньої діяльності, обраної економічної стратегії, ефективності інститутів та ін. Здатність до самовідтворення соціуму також багато в чому визначає

підсумкові часові рамки його існування в довгостроковій перспективі. Тому демографічна та криміногенна ситуація, разом із впливом клімато-географічних чинників і релігійним менталітетом, який також виокремлюють серед найважливіших причин нерівномірності економічного розвитку, соціальних ризиків і вигід, інституційних правил та "провалів" [98], обрано основою четвертої класифікаційної ознаки – "соціокультурний комплекс" (22 переважно кількісних, вимірюваних показники).

Для формування репрезентативного набору вихідних показників, що характеризують кожен з основних класифікаційних комплексів НІС, використано бази даних таких глобальних інтегральних індексів:

Глобальний індекс інновацій¹ (The Global Innovation Index) міжнародної бізнес-школи INSEAD;

Індекс людського розвитку² (Human Development Index), розроблений у рамках ПРООН;

Індекс глобальної конкурентоспроможності³ (The Global Competitiveness Index), що розраховується Всесвітнім економічним форумом;

Індекс готовності до майбутнього міжнародного дискусійного клубу "Валдай" і Всеросійського центру вивчення громадської думки.

Також використано інформаційні бази Інституту статистики ЮНЕСКО, Міжнародного енергетичного агентства та Програми сприяння управлінню енергетичним сектором Світового банку [88], інтернет-ресурсу Travel Weather Averages [96] та ін.

Перевагами застосування наведених джерел є: достатній рівень довіри до професіоналізму профільних установ, що відповідають за формування інформаційних баз даних; доступність і різноплановість інформації за довгостроковий період часу; широка географія країн – об'єктів дослідження (близько 200); щорічне оновлення відомостей. Серед недоліків слід відзначити часовий лаг виходу звітів і, як наслідок, запізнення інформації на 1-2 роки, а також

¹ Складено на базі 82 різних змінних, що характеризують інноваційний розвиток країн світу (Global Innovation Index [26]).

² Близько 100 вихідних показників (Human Development Index [34]).

³ 12 контрольних показників, 113 змінних (GC Report [76]).

поширену практику використання суб'єктивних експертних оцінок (у балах) та результатів соціологічних опитувань для важковимірюваних показників.

Схематично загальний алгоритм визначення базових типів ННІС наведено на рис. 1.12.

В алгоритмі послідовно поєднано такі методи: стандартизації, або нормування, – для приведення сукупності аналізованих показників до порівняльного вигляду;

генетичних алгоритмів – для оптимізації вибірки країн шляхом виключення незначущих об'єктів, впливом яких можна знехтувати;

кластерного аналізу за методом Ворда – для розбиття оптимізованої вибірки країн на кластери, що відповідають певному типу ННІС;

нейромережевого моделювання – для завдань перекластеризації при інших часових рамках або у випадку зміни параметрів аналізу, а також за необхідності включення (виключення) об'єктів до (із) складу наявних класифікаційних груп.

Згідно з результатами виконаних розрахунків:

1. Вихідна вибірка представлена 136 країнами, стан НІС яких описують 148 кількісних і якісних показників, розподілених між 4 класифікаційними ознаками (НО, ЕК, ДК та СК) на групи. Оскільки вибірка показників за своїм складом є неоднорідною, здійснення коректних порівнянь потребує їх приведення до порівняльного вигляду.

2. Здійснено стандартизацію різнорідних показників за таким правилом: чим більше значення стандартизованого показника, тим більш ефективним є функціонування країни-об'єкта аналізу в конкретній сфері діяльності

$$z_j = \frac{x_j - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad (1.3)$$

де x_j – вихідне значення показника для j -ї країни; $x_{\min(\max)}$ – мінімальне (максимальне) значення показника для всіх країн.

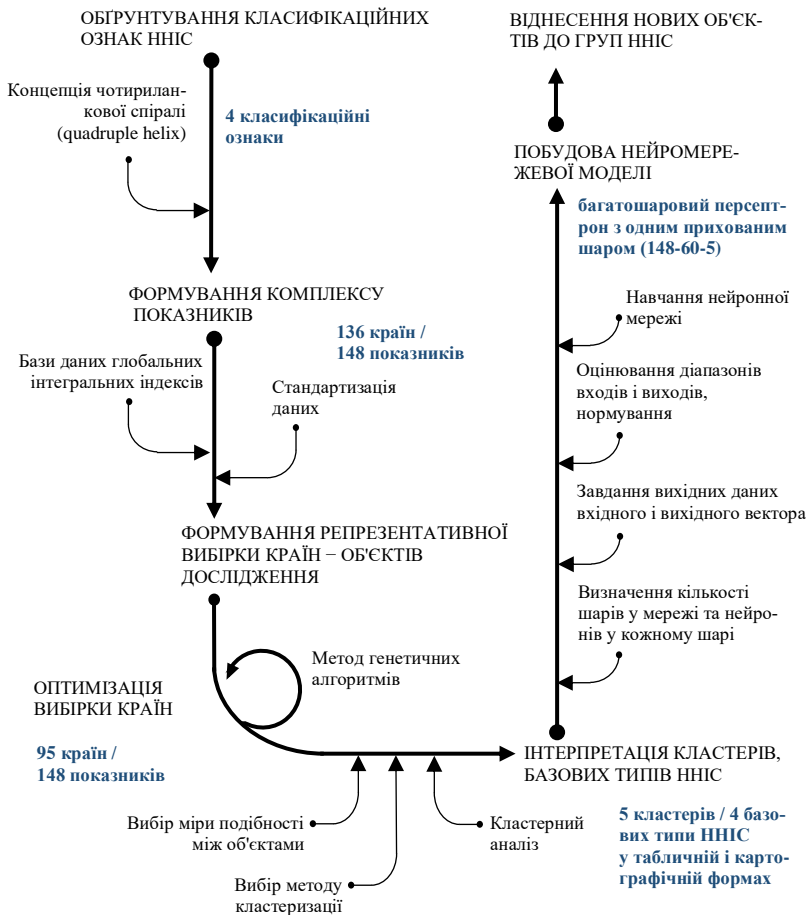


Рис. 1.12. Принципова схема алгоритму дослідження ННІС

Нормування дозволило привести показники до діапазону $[0, 1]$. Вибір даного типу стандартизації зумовлений тим, що заплановано побудову нейронної мережі, яка працює з бінарним типом даних.

3. Кожному аналізованому показнику присвоєно номер залежно від того, до якої класифікаційної ознаки (групи) він належить. Із

використанням ряду як цільової функції за методом генетичних алгоритмів відібрано країни, які можуть бути застосовані для розбиття на групи на основі обраних показників. Фактично розв'язано зворотну задачу – при заданому розбитті об'єктів на групи вибрати ті показники, які мають найбільш істотний вплив на дане розбиття. У цьому випадку як "групи" виступили групи показників, а країни – як "показники", важливі для розбиття. У результаті вихідна матриця скоротилася до 95 країн, що описуються 148 показниками.

4. З метою класифікації оптимізованої вибірки використано метод Ворда, який мінімізує внутрішньогрупову дисперсію. Мірою відстані виступає квадрат евклідової відстані. Згідно з графіком зв'язків (покрокових відстаней) можна виокремити від 4 до 5 кластерів – типових груп ННІС. Для точного визначення кількості кластерів використано функціонал якості – суму квадратів відстаней до центру кластерів

$$F = \sum_{l=1}^k \sum_{i \in S_l} d^2(Z_i, \bar{Z}_l), \quad (1.4)$$

де l – номер кластера; \bar{Z}_l – центр l -го кластера; Z_i – вектор значень змінних для i -го об'єкта, що входить до l -го кластера; $d(Z_i, \bar{Z}_l)$ – відстань між i -м об'єктом і центром l -го кластера.

Виконані розрахунки свідчать, що при розбитті на 4 кластери функціонал дорівнює 255, на 5 – 235, на 6 кластерів – 254. Відповідно оптимальним буде розбиття вихідної сукупності країн на 5 кластерів.

5. Побудовано нейронну мережу – багатошаровий перцептрон з одним прихованим шаром (148-60-5) (табл. 1.1). Розбивка вихідних даних: 70% для навчання, 15% для тестування, 15% для перевірки.

Таким чином, мережа на 100% правильно визначила значення навчальної вибірки, на 92,9% – значення тестової вибірки, на 85,7% – значення перевіркової вибірки, що вказує на високу якість одержаної мережі.

Таблиця 1.1.

Резюме активних мереж (Spreadsheet1)

Ім'я мережі	Навчання	Тестування	Продуктивність
MLP 148-60-5	100,0000	92,85714	85,71429

Кластерний аналіз вибірки 95 країн світу, різних за рівнем економічного розвитку і регіональним розташуванням, із використанням 148 показників, що характеризують НІС, дозволив визначити п'ять кластерів (табл. 1.2).

Однак країни, віднесені до найбільш нечисленного кластера (САР Гонконг, Китай ¹; Катар ²; Сінгапур ³; Об'єднані Арабські Емірати ⁴), є нетиповими прикладами національних інноваційних систем. За даними МВФ [37] ці країни входять до найбагатших економік світу, високі показники ефективності яких досягаються внаслідок доходів рентного типу.

Так, наприклад, Об'єднані Арабські Емірати та Катар є найбільшими експортерами вуглецевих енергоносіїв (нафти та природного газу), забезпечуючи цим переважну частку їх сукупного доходу (близько 85% доходів від експорту та 70-80% державних доходів) і стрімке зростання економіки. Проте конкурентна стратегія, яка спирається на експлуатацію унікального природного ресурсу, домінування ісламу як державної релігії, унікальне поєднання республіканського устрою із традиційною спадковою монархією зумовлюють високий рівень консервативності суспільства та інерційності економічних рутин. Тому, виступаючи активними споживачами інноваційних продуктів, що зумовлено надзвичайно високою купівельною спроможністю населення, за даними агентства Bloomberg, ці економіки займають передостанні позиції ⁵ в рейтингу найбільш інноваційних економік світу [91].

¹ Буддизм і даосизм.

² Державна релігія – іслам, 77,5% населення.

³ Буддизм (33,3%), християнство (18,3%), іслам (14,7%), даосизм (10,9%) та індуїзм (5,1%).

⁴ Офіційна релігія – іслам, переважають суніти (85% населення).

⁵ 46 та 57 відповідно із 60 можливих.

Таблиця 1.2.

Групи кластерів та базові типи наднаціональних інноваційних систем

		Кластери							
Перший		Другий	Третій		Четвертий	П'ятий			
1		2	3		4	5			
1	САР Гонконг, Китай	Базові типи ННІС							
2	Катар	A	B		C	D			
3	Сінгапур	Розвинуті країни з інститутами переважно інклюзивного типу	Країни, що розвиваються, зі змішаними екстрактивно-інклюзивними інститутами із сильно вираженою соціокультурною складовою (переважно мусульманського і буддійсько-індуїстського типів)		Розвинуті країни та країни, що розвиваються, зі змішаними екстрактивно-інклюзивними інститутами із сильно вираженою неформальною складовою (у т. ч. пострадянського типу)	Країни, що розвиваються, з інститутами переважно екстрактивного типу			
4	Об'єднані Арабські Емірати								
		1	Австралія	1	Азербайджан	1	Вірменія	1	Алжир
		2	Австрія	2	Бахрейн	2	Хорватія	2	Аргентина
		3	Канада	3	Бруней-Даруссалам	3	Чеська Республіка	3	Бангладеш
		4	Данія	4	Китай	4	Грузія	4	Бразилія
		5	Естонія	5	Індія	5	Греція	5	Кабо Верде
		6	Фінляндія	6	Індонезія	6	Угорщина	6	Камбоджа
		7	Франція	7	Йорданія	7	Італія	7	Чад
		8	Німеччина	8	Кувейт	8	Латвія	8	Коста Ріка
		9	Ісландія	9	Маврикій	9	Монголія	9	Домініканська Республіка
		10	Ірландія	10	Оман	10	Чорногорія	10	Республіка Єгипет
		11	Ізраїль	11	Панама	11	Польща	11	Сальвадор
		12	Японія	12	Саудівська Аравія	12	Португалія	12	Гана
		13	Республіка Корея	13	Таїланд	13	Румунія	13	Гаїті
		14	Люксембург			14	Російська Федерація	14	Гондурас
		15	Мальта			15	Сербія	15	Іран
		16	Нідерланди			16	Словацька Республіка	16	Кенія
		17	Нова Зеландія			17	Іспанія	17	Лаоська НДР
		18	Норвегія			18	<i>Україна</i>	18	Ліван
		19	Швеція			19		19	Лесото

Закінчення табл. 1.2.

1	2	3	4	5	
	Базові типи ННІС				
	A	B	C	D	
	Розвинені країни з інститутами переважно інклюзивного типу	Країни, що розвиваються, зі змішаними екстрактивно-інклюзивними інститутами з сильно вираженою соціокультурною складовою (переважно мусульманського і буддійсько-індуїстського типів)	Розвинені країни та країни, що розвиваються, зі змішаними екстрактивно-інклюзивними інститутами з сильно вираженою неформальною складовою (у т. ч. пострадянського типу)	Країни, що розвиваються, з інститутами переважно екстрактивного типу	
	20	Швейцарія		20	Ліберія
	21	Великобританія		21	Мадагаскар
	22	Сполучені Штати		22	Малаві
				23	Малі
				24	Мавританія
				25	Мексика
				26	Марокко
				27	Намбія
				28	Нікарагуа
				29	Нігерія
				30	Пакистан
				31	Парагвай
				32	Філіппіни
				33	Південна Африка
				34	Свазіленд
				35	Тринідад і Тобаго
				36	Туреччина
				37	Венесуела, РБ
				38	В'єтнам

Гонконг та Сінгапур також належать до найбагатших країн світу, але їх матеріальний добробут спирається на звільнення від оподаткування та відсутність митних зборів, що забезпечує їх привабливість для транснаціональних корпорацій. Тобто фундаментом їх економіки є розвинутий сектор фінансових послуг. Отже, із країн розглянутого кластера лише Сінгапур¹ займає високу позицію серед інноваційних економік за рейтингом Bloomberg 2019 р. (6 місце), проте його статус було знижено з третьої позиції, яку він посідав у 2018 р. Виходячи з даних обставин кластер багатих країн, економіки яких спеціалізуються на доходах рентного типу, виключено з типології базових типів наднаціональних інноваційних систем. Отже, у результаті встановлено чотири типи ННІС (див. табл. 1.2, рис. 1.13):

А – розвинуті країни з інститутами переважно інклюзивного типу;

В – країни, що розвиваються, зі змішаними екстрактивно-інклюзивними інститутами із сильно вираженою соціокультурною складовою (переважно мусульманського і буддійсько-індуїстського типів);

С – розвинуті країни та країни, що розвиваються, зі змішаними екстрактивно-інклюзивними інститутами із сильно вираженою неформальною складовою (у т. ч. пострадянського типу);

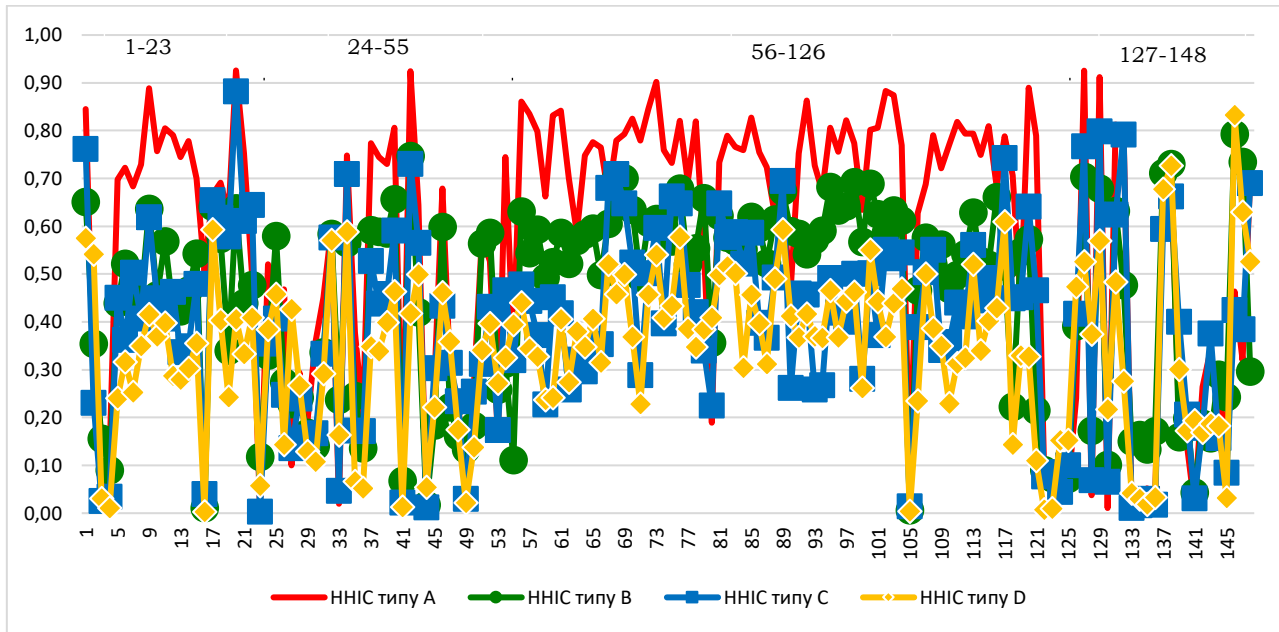
Д – країни, що розвиваються, з інститутами переважно екстрактивного типу.

ННІС типу А – це високоефективний тип інноваційної системи, характерний для північноамериканських, західноєвропейських та деяких розвинутих східно-азіатських країн (останні – з цивілізаційним нахилом до конфуціанства) – урбанізованих, індустріальних, високотехнологічних, із високою якістю життя, а також деяких країн, які були західноєвропейськими колоніями або підвладні значному політичному впливу західної цивілізації (табл. 1.2, рис. 1.13-1.15). Більшість аналізованих показників даних країн варіюється в діапазоні 0,6-0,7 од. Як підкреслюється в монографії [103], більшість країн цього кластера домінували протягом усього ХХ ст., проте зараз через різні причини поступово втрачають полі-

¹ Гонконг посідає 38 місце в рейтингу Bloomberg Innovation Index 2019.



Рис. 1.13. Географічний розподіл типових наднаціональних інноваційних систем



Умовні позначення:

показники 1-23 – "Наука та освіта"; 24-55 – "Економіка"; 56-126 – "Інститути"; 127-148 – "Соціум".

Рис. 1.14. Центри кластерів (за стандартизованими значеннями)

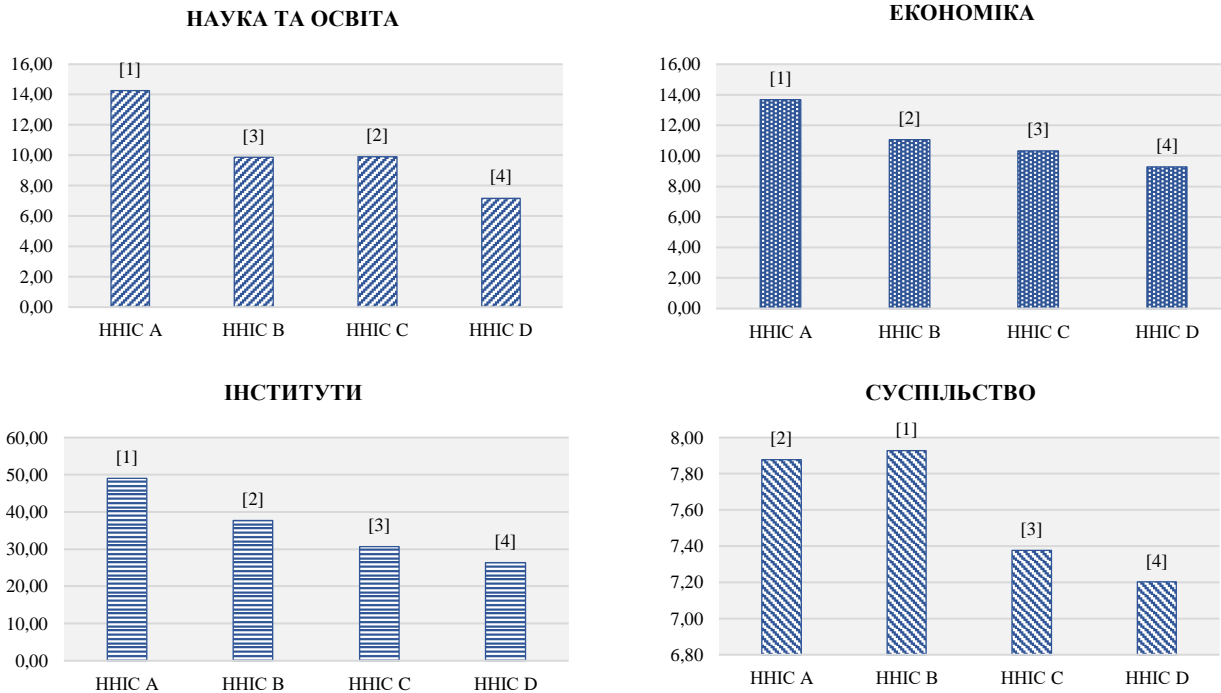


Рис. 1.15. Підсумкові результати рейтингів у розрізі класифікаційних ознак (за центрами кластерів)

тичний вплив та економічну міць. Даний тип ННІС посідає перші місця за більшістю класифікаційних ознак, за виключенням розвитку соціокультурного середовища – займає середнє положення (2 позиція), поступаючись мусульманським і буддійсько-індуїстським країнам (ННІС типу В).

ННІС типу В – середньо-ефективний тип інноваційної системи, характерний для країн Близького і Далекого Сходу, Саудівської Аравії та Панами (див. табл. 1.2, рис. 1.13-1.15). Здебільшого характеризуються швидким зростанням і найбільшою чисельністю населення серед усіх кластерів при тривалості життя нижче середнього та паритеті міського і сільського населення 66 на 34% відповідно.

За результатами своєї діяльності країни, що увійшли до цієї групи, займають проміжне положення відносно низькоконкурентних країн із недостатнім рівнем інноваційного розвитку та економічно і технологічно розвинутими країнами. Для цього типу ННІС властивий широкий розкид значень (від 0,2 до 0,7 од.). Можна стверджувати, що більшість досліджуваних параметрів зосереджено в діапазоні 0,5-0,6 од. Відповідно до рівня розвитку науково-освітнього комплексу даний тип ННІС перебуває на 3 місці (більш несприятлива ситуація характерна лише для ННІС базового типу D), за виробничо-економічною та державно-політичною класифікаційними ознаками – 2, за рівнем соціокультурного розвитку – 1 місце (близько до рівня ННІС базового типу А).

ННІС типу С – менш ефективний тип інноваційної системи, до якого належить більшість південно-західних і південно-східних країн Європейського Союзу, країни СНД, Грузія і Монголія (всього 18 країн). Відмітною особливістю є наявність в історії розвитку (для багатьох із них) періоду переходу від адміністративно-командної системи до ринкових відносин і змішаної економіки. Діапазон розкиду значень за деякими показниками досить значний, але в основній масі становить 0,4-0,7 од., тобто в середньому близько 0,5 од. Таким чином, результати діяльності даного кластера перебувають на щабель вище, ніж у країн, що розвиваються, з інститутами переважно екстрактивного типу. Однак за окремими напрямками вони можуть бути гіршими¹ або, навпаки, наближатися до рівня більш

¹ Наприклад, за здатністю країн залучати і зберігати таланти даний тип ННІС отримав найгірший результат із можливих.

ефективних кластерів: до країн, що розвиваються, зі змішаними екстрактивно-інклюдзивними інститутами із сильно вираженою соціокультурною складовою (переважно мусульманського і буддійсько-індуїстського типів), а також до розвинутих країн з інститутами переважно інклюдзивного типу. Даний тип ННІС переважно посідає передостаннє 3 місце за більшістю класифікаційних ознак, за винятком науково-освітнього комплексу, за яким перебуває на 2 місці, випереджаючи ННІС базового типу В.

ННІС типу D – низькоефективний тип інноваційної системи, до якого віднесено більшу кількість об'єктів із вибірки – 38 держав (40%) з широкою географією і діапазоном релігійних течій¹. Більшість можна віднести до країн "третього світу": країни Близького Сходу, Африканського континенту, Мексиканського півострова, Панамського перешийка, Південної Америки, Південної Азії та прилеглих острівних держав (див. табл. 1.2, рис. 1.13-1.15). Даний кластер має найменший розкид показників – графік центрів кластера варіюється в діапазоні 0,2-0,5 од., в основному на рівні осі 0,4 стандартизованих значень, формуючи нижню межу оцінювального діапазону, посідає останнє 4 місце за всіма класифікаційними ознаками (див. рис. 1.14, 1.15).

Виходячи з того, що концепція НІС тісно пов'язана з вивченням прямих і непрямих чинників інноваційних зусиль у рамках специфічних, історично сформованих інституційних умов, у запропонованій типології як базова ознака для позначення одержаних типів ННІС використано характеристику домінуючих інститутів.

Під інститутами інклюдзивного типу (від *англ.* inclusive – той, що включає, поєднує) зазвичай розуміють ті, що надають рівні стартові можливості всім економічним суб'єктам і чіткі правові гарантії діяльності. Їх фундаментальний принцип полягає в тому, що вони сприяють економічному зростанню, підвищенню продуктивності праці та процвітанню всіх верств суспільства² [99]. На відміну

¹ 53% країн є переважно християнськими (католицькими та протестантськими); 24% – мусульманськими; 13% – зі змішаними віруваннями (традиційні язичницькі, християнство та іслам); 5% – буддисти.

² Частиною інклюдзивних інститутів обов'язково є захищені права приватної власності, неупереджена система правосуддя та рівні можливості для участі всіх громадян в економічній діяльності; ці інститути повинні також забезпечувати вільний вхід на ринок для нових компаній і вільний вибір професії та кар'єри для всіх громадян.

від них, екстрактивні інститути (від *англ.* to extract – витягати, вичавлювати) мають властивості, протилежні інклюзивним, тобто спрямовані на те, щоб отримати максимальний дохід шляхом експлуатації однієї частини суспільства в інтересах збагачення іншої, значно меншої. Фундаментальним принципом екстрактивних інститутів є жорсткий примус, пропагандистський характер взаємодії суспільства і структур влади, відсутність незалежної правової системи та рівних можливостей.

Неформальні інститути слід розуміти як стійкі та взаємопов'язані, але при цьому не зафіксовані у знаковій формі та не узаконені, у багатьох відносинах явно нелегітимні й частково примусового характеру [101]. Їх існування, як правило, визнане на законодавчому рівні та в бізнес-колах реальною і впливовою негативною силою (явищем), що викривляє вільні економічні та правові відносини. Наприклад, це виражається в офіційній критиці корупції та розробці заходів боротьби з нею, мультиплікації "подвійних стандартів" у різних сферах, визнанні діяльності "впливових кіл", які не мають формальних повноважень.

Країни пострадянського простору є наочним прикладом домінуючих неформальних інститутів та наслідків їх впливу на політику, економіку і життя суспільства загалом. До них належать приховані форми та механізми приватизації, демонстративна опортуністична поведінка економічних агентів, рейдерські захоплення приватного бізнесу шляхом банкрутства, у тому числі ті, що здійснюються представниками державної влади та ін. [113].

Посилання на інститути мусульманського, буддійсько-індуїстського і конфуціанського типу апелює до справедливості гіпотези про те, що формування трудової етики й інтенсивність економічного розвитку в державі перебувають у прямій залежності від типу і сили релігійної самоідентифікації населення. Зокрема, домінуюча релігія здатна визначальною мірою впливати на жорсткість розшарування і замкнутість соціальних груп суспільства (система каст, кланів, класів), сприйняття інституту власності (етичність або неетичність прагнення до накопичення матеріальних благ), поширення і різноманіття економічних ролей (можливість і право здобувати освіту, здійснювати торгівлю або фінансові спекуляції, продавати та купувати найману працю, важливість добродійності тощо).

Так, наприклад, поширена думка, згідно з якою раціональна основа протестантського світогляду дала потужний стимул до розвитку капіталізму¹. З іншого боку, "буддійська економіка" є прикладом ідеального образу, у якому поєднуються моральна гармонія і соціальний добробут, а також переважає ідея володіння "тільки праведним багатством" де зроблено акцент на високоморальній розподільній функції держави².

Одержана градація наднаціональних інноваційних систем, крім міжнаціональних порівнянь і класифікації приватних випадків НІС, може бути використана в цілях стратегічного планування та прогнозування еволюції інноваційних систем різних країн та має безперечний теоретичний і практичний інтерес.

При цьому некоректно стверджувати, що одержана типологія є ідеальним та виключно правильним рішенням класифікації національних інноваційних систем. Зокрема, попри зручність і поширеність кластерного аналізу як достатньо об'єктивного інструменту для емпіричного обґрунтування висунутої концепції про існування характерних типів ННІС, цей метод має обмеження.

Кардинальна зміна структури та співвідношення типів розглянутих показників, зміщення акцентів аналізу за допомогою присвоєння інших ваг для класифікаційних ознак, критичне розширення або звуження вибірки досліджуваних країн, інший період часу, що приймається до розгляду, – всі наведені чинники можуть значною мірою вплинути на кінцевий результат. Подальша деталізація і розширення аналізованої інформації до певної межі сприятимуть подальшому роздробленню одержаних кластерів. Скорочення

¹ За М. Вебером, мирська аскеза протестантизму відкидала безпосередню насолоду багатством і прагнула скоротити споживання, коли воно стало надмірним. При цьому знімалися обмеження на прагнення до наживи, багатство як результат професійної діяльності ставало "Божим благословенням". Це сприяло встановленню буржуазного, економічно-раціонального способу життя.

² Римські категорії власності недоречні, володіння не може розглядатися з точки зору відчужування, будь-яка кооперація людей краще приватної конкуренції [98]. Держава "за традицією" встановлює економічну рівновагу, тобто не усвідомлюється як суб'єкт власності та не може "насилно" відбирати, необмежено накопичувати і концентрувати матеріальні блага. Її роль – справедливий розподіл благ; сенс його економічного домінування – бути вищою моральною інстанцією.

вибірки країн і кількості значущих критеріїв аналізу (наприклад, при спробі фільтрації "статистичного шуму"), навпаки, може спровокувати об'єднання виокремлених груп. Еволюція інноваційної системи конкретної країни може призвести до зміни основного типу ННІС і, відповідно, кластера, до якого вона належала раніше. Таким чином, за певних умов одержана типологія може бути суттєво змінена.

Підтвердженням даного висновку є приклади раніше наведених таксономій. Так, таксономії, розроблені в рамках робіт [4; 27; 103], суттєво відрізняються між собою та від даного дослідження за географічною локалізацією та рівнем розвитку країн – об'єктів аналізу, розміром вибірки (від 17 до 117 країн), кількістю показників (від 19 до 148), кількістю та якісним наповненням класифікаційних ознак (ключових складових – структурних блоків або аспектів) НІС.

Відповідно, незважаючи на застосування схожого аналітичного інструментарію (кластерного аналізу), при формуванні таксономій одержано різну кількість груп (від 3 до 15¹) і, як наслідок, різний розподіл країн між виокремленими групами.

Порівняно з іншими розглянутими варіантами запропонована типологія [103] є менш детальною – містить лише один рівень і відносно невелику кількість типових наднаціональних інноваційних систем – чотири, а також не передбачає градації кількості кластерів відповідно до основних елементів НІС. Проте, незважаючи на те, що при такому підході одержана класифікація видається менш детальною і точною, слід ураховувати, що вона побудована на основі великих вибірок країн і показників².

¹ Як відзначено вище, таксономія НІС-2005, розроблена М. Godinho, S. Mendonça та Т. Pereira [27], має 3 рівні та включає 2 великих мега-кластери, 6 кластерів і 15 підкластерів. У той час як таксономія НІС-2006 (автори – М. Balzat та А. Рука [4]) дозволяє оцінювати подібності та відмінності НІС не лише комплексно, але і в розрізі окремих структурних блоків, тому кількість можливих кластерів варіюється від 3 до 7.

² Так, якщо таксономія НІС-2005 побудована на базі 69 країн, різних за рівнем економічного розвитку і регіонах розташування, та 29 показниках, що характеризують основні елементи інноваційних систем, то таксономія НІС-2006, хоча і враховує більшу кількість змінних (60), охоплює лише 18 промислово розвинутих країн-членів ОЕСР (14 з яких – члени ЄС).

Отже, перевагами даного дослідження є як широка географія та різноманітність рівнів розвитку аналізованих країн (95 НІС), так і репрезентативна вибірка показників (148). Одержаний розподіл характеризується достатнім рівнем достовірності. Крім того, з урахуванням мінливості складу та, ймовірно, кількості типів наднаціональних інноваційних систем у часі, рекомендована типологія найбільш повною мірою відповідає сучасним реаліям.

Також слід зауважити, що постійна та відносно невелика кількість кластерів (однакова при розгляді як інноваційної системи загалом, так і її основних елементів – НО, ЕК, ДК, СК) полегшує сприйняття та аналіз інформації про базові типи ННІС.

Підходи, розглянуті вище, мають свої переваги, а саме дозволяють детальніше оцінювати спільні та відмінні риси НІС залежно від структурних елементів, а також "вагу" або ступінь впливу кожного з основних елементів на кінцеву оцінку ефективності НІС. Проте розглянуті приклади таксономій НІС 2005 і 2006 рр. є більш специфічними і вузько спрямованими, ніж розроблена класифікація ННІС-2018. У першому випадку особливий акцент зроблено на інноваціях, поширенні інформації та знаннях; у другому – на галузевій специфіці індустріальних, фінансово забезпечених і технологічно розвинутих країн.

З іншого боку, запропонована типологія дозволяє виконати зворотне завдання – підібрати за кожною класифікаційною ознакою певний комплекс показників (змінних), який відносить конкретну НІС до того чи іншого типу. Це в подальшому дозволить їх регулювати та, за результатами експериментів, обґрунтувати найменш витратні й ефективні заходи щодо впливу на траєкторію розвитку НІС загалом. Слід відзначити, що, незважаючи на самостійну теоретичну і практичну цінність класифікації базових типів ННІС для подальшого розвитку теорії інноваційних систем, одержана таксономія є лише проміжним етапом.

Важливо підкреслити, що, попри суттєві відмінності розглянутих типологій 2005, 2006 і 2018 рр. за структурою, розміром, якісним складом аналізованих вибірок, часових рамок та ін., у них простежуються і певні схожі риси (табл. 1.3). Так, з урахуванням різниці в початковому розмірі аналізованої вибірки, наповнення класифікатора, що характеризує "розвинуті країни" відповідно до типології НІС-2018, практично не змінилося порівняно з 2006 р. Проте деякі

країни (Іспанія, Італія, Сінгапур, Естонія) за минулі роки погіршили свої позиції та змінили кластер.

Таблиця 1.3.

Якісний склад кластера, що характеризує "розвинуті країни"

Типологія НІС-2006	Типологія НІС-2018
Австралія	Австралія
Австрія	Австрія
Бельгія	–
Великобританія	Великобританія
Німеччина	Німеччина
Данія	Данія
–	Ізраїль
Ірландія	Ірландія
–	Ісландія
Іспанія	<u>менш розвинутий тип НІС (С)</u>
Італія	<u>менш розвинутий тип НІС (С)</u>
Канада	Канада
Люксембург	Люксембург
<u>у країнах, що розвиваються</u>	Мальта
Нідерланди	Нідерланди
Нова Зеландія	Нова Зеландія
Норвегія	Норвегія
Сінгапур	<u>виключено з типології ННІС</u>
Сполучені Штати	Сполучені Штати
Тайвань	–
Фінляндія	Фінляндія
Франція	Франція
Швейцарія	Швейцарія
Швеція	Швеція
<u>у країнах, що розвиваються</u>	Естонія
Південна Корея	Південна Корея
Японія	Японія

Таким чином, виконаний аналіз підтвердив існування концептуальних відмінностей між економіками, побудованими на засадах західноєвропейської соціокультурної традиції, дозволив визначити особливе місце в глобальній економіці мусульманських країн

Близького Сходу та Північної Африки¹, а також підкреслити унікальність еволюційно-біологічних і цивілізаційно-культурних аспектів таких великих економік, як Китай, Індія та Бразилія.

Із використанням запропонованого науково-методичного підходу до визначення базових типів наднаціональних інноваційних систем виявлено чотири їх характерні типи, які мають специфічні науково-освітні, виробничо-економічні, державно-політичні та соціокультурні особливості.

Згідно з типологією НІС-2018 Україна належить до кластера "Розвинуті країни із сильними неформальними інститутами, у т. ч. пострадянського типу" (ННІС типу С), до якого входять ще 17 країн. Це кластер країн Південної та Південно-Східної Європи, що охоплює колишні пострадянські країни з нижчим рівнем культурного капіталу, господарською етикою не-протестантського типу й усталеними неформальними інститутами (корупцією, мафією та ін.). У традиційній інтерпретації від Світового банку цей тип ННІС включає як економічно та інноваційно розвинуті країни (Італія, Португалія, Польща та ін.), так і країни із середнім рівнем розвитку, а також країни з рівнем розвитку нижче середнього і слабкими інноваційними системами (Грузія, Вірменія, та ін.).

Виходячи з характеристик усіх чотирьох комплексів НІС України в розрізі свого типу ННІС визначено, що:

за всіма ключовими показниками оптимізованої вибірки (25 з 95) Україна відстає від образу усередненого лідера у своєму кластері;

найбільш вагомими показниками (за групами), які відповідають за істотне наближення до кластерного орієнтира, є "якість до-ріг", "тягар митних процедур" та "бізнес-вплив туберкульозу", при цьому їх величина традиційно не на користь України;

більша частина цільових показників належить до групи державно-політичного комплексу, що характеризує низький рівень ефективності вітчизняних соціально-економічних інститутів ("тягар митних процедур", "нерегулярні платежі та хабарі");

¹ Позитивну і головне – стабільну економічну динаміку демонструють країни, які є членами Ісламського банку розвитку (Islamic Development Bank).

у процесі Парето-селекції відсіялися всі показники групи науково-освітнього комплексу, що може свідчити про меншу пріоритетність змін у цьому напрямі для досягнення рівня розвитку усередненого лідера ННІС типу С. Проте це не характеризує роль науки та освіти як низьку, скоріше ситуація складається таким чином, що у своєму кластері позиції України в цій сфері не є настільки критичними.

Загалом параметри всіх цільових показників підтверджують тезу про те, що для переходу НІС України до іншого типу ННІС необхідно мобілізувати більшу кількість ресурсів і зусиль, ніж у випадку зі зміцненням позицій серед країн свого кластера. При цьому велика частина чинників є однаковою для двох порівнюваних варіантів розвитку НІС України – внутрішньокластерного та світоорієнтованого.

Слід акцентувати увагу на тому, що складність переведення НІС України до іншого типу ННІС обумовлена не тільки і не стільки низькими показниками її функціонування, скільки приналежністю до певного типу ННІС. Крім того, вибір стратегічних напрямів розвитку НІС країни необхідно здійснювати виходячи зі стану всіх чотирьох комплексів і з урахуванням бажаної зміни позицій НІС у складі даної ННІС або її переходу до складу іншої цільової ННІС. У свою чергу, політичний вибір мети – бажаної зміни позицій НІС – обумовлює діапазон можливих рішень щодо вибору стратегічних напрямів розвитку для даної країни.

На основі обчислювальних експериментів щодо досягнення обраних цілей розвитку національної інноваційної системи з урахуванням її приналежності до певного типу наднаціональної інноваційної системи та показників відповідних країн-лідерів пріоритетними імперативами розвитку НІС України в середньостроковому періоді мають стати [109, с. 22-24]:

підвищення якості інституційного середовища – посилення боротьби з корупцією та фаворитизмом у рішеннях державних чиновників, підвищення громадської довіри до політиків (поліпшення позицій України в рейтингу "Індекс сприйняття корупції" (Corruption Perceptions Index) із входженням у топ-50 країн), а також удосконалення антимонопольної та митної політики;

розвиток науково-освітнього комплексу та посилення його інтеграційних зв'язків із промисловістю – підвищення якості діяль-

ності науково-дослідних установ, збільшення витрат компаній на НДДКР із відповідним зростанням кількості патентів не менше ніж у 10 разів;

підвищення якості людського капіталу – поліпшення здатності країни зберігати та залучати таланти, підвищення ступеня підготовки персоналу, а також збільшення витрат на охорону здоров'я до 6% від ВВП;

розвиток інфраструктури – підвищення якості доріг, збільшення обсягу ширококутних підписок (фіксованих – не менш ніж удвічі, мобільних – утричі), кількості осіб, які користуються інтернетом, – до 70% населення, нарощування вироблення відновлюваної електроенергії до 30% від загального рівня;

формування сприятливого інвестиційного клімату – посилення податкових стимулів до інвестування, спрощення доступу до кредитів та венчурного капіталу, збільшення прямих іноземних інвестицій та активізація трансферу технологій.

Одержані результати дозволять підвищити ступінь наукової обґрунтованості цільових орієнтирів розвитку національної інноваційної системи України в контексті четвертої промислової революції та сприятимуть розробці більш дієвих середньострокових стратегічних планів підвищення ефективності окремих її комплексів.

1.4. Смарт-промисловість і policymaking¹.

Концептуальний дизайн системи моніторингу й оцінювання смарт-промислового розвитку

Ефективне використання потенціалу четвертої промислової революції, що базується на революції цифровій, крім культивування сприятливого інноваційного середовища і забезпечення прискореного розвитку сучасних кіберфізичних технологій, потребує також адекватного дизайну системи моніторингу й оцінювання (monitoring and evaluation – M&E) смарт-промислового розвитку.

¹ Вироблення політичного курсу, визначення політики (англ.).

M&E становить основу вироблення політичного курсу і формулювання ідей або планів, які використовуються урядом або організаціями як база для прийняття рішень (policymaking). Для цього, у свою чергу, важливо розуміти характер взаємодії кіберфізичних технологій з іншими важливими для розвитку чинниками – так званими аналоговими доповненнями (за термінологію Світового банку) [97].

Аналоговий фундамент кіберфізичних систем складається з нормативно-правової бази, яка створює динамічне ділове середовище і дозволяє економічним суб'єктам повною мірою використовувати цифрові технології для конкуренції та інновацій; навичок, які дозволяють працівникам, підприємцям і державним службовцям використовувати можливості нового кіберфізичного світу; підзвітних інститутів, що використовують інтернет для розширення прав і можливостей громадян.

Тривалий вплив цифрової революції на розвиток не має усталеного характеру, оскільки перебуває під впливом науково-технічного прогресу (можливості з'єднання) й обраних країною принципів організації економічного і соціального життя та державного управління (доповнень) [1]. При цьому заснований на продуктивності й результатах підхід до управління в публічному секторі особливо необхідний країнам, що розвиваються, як запорука для здійснення ефективних реформ. Уряди, як правило, досягають успіху у використанні кіберфізичних технологій у тих випадках, коли вони активно допомагають економічним суб'єктам вирішувати проблеми інформації, оцінювання та моніторингу. У зв'язку з цим важливо визначити складові концептуально-методологічного дизайну системи моніторингу й оцінювання смарт-промислового розвитку.

Незважаючи на наявність успішних прикладів, позитивний вплив нових цифрових технологій на продуктивність у світовому масштабі, певне розширення можливостей для бідних верств населення і середнього класу, використання принципів підзвітності управління, заснованих на системі M&E, поки що не виправдало очікувань. Якщо цифрові технології застосовуються для автоматизації завдань без відповідного розвитку аналогових доповнень, вони не забезпечують масштабної віддачі.

Зазвичай policymaking визначається як діяльність щодо вибору і формування нової політики урядів і організацій. Процес ви-

значення політики (the policy-making process) – це процедура, розділена, як правило, на шість фаз: 1) визначення програми; 2) формування політики; 3) легітимізація політики; 4) імплементація політики; 5) оцінка політики; 6) обслуговування політики, спадкоємність або завершення.

У рамках даного дослідження дизайн системи М&Е розглядатиметься здебільшого не з операційної (показники, індикатори), а з інституційної точки зору та з позиції другої фази – формування політики смарт-промислового розвитку.

Як у розвинутих країнах, так і в емерджентних економіках наразі зростає рівень обізнаності про потенційну роль, яку можуть відігравати оцінки у процесі поліпшенні якості прийняття рішень у державному секторі економіки. Оцінювання все більше визнається як справа особливої важливості у сприянні прозорості та звітності; у деяких випадках воно навіть розглядається як невід’ємна частина відповідальних суспільних дій і розвитку громадянського суспільства. Тому поглиблення співробітництва та процесів policymaking за умови активної участі громадян потребує уваги ¹.

Уряди використовують цифрові технології найчастіше для вирішення найбільш очевидних проблем інформації та моніторингу. Якщо йдеться про більш складні питання (більш ефективне керівництво роботою постачальників послуг або розширення мож-

¹ Навіть у країнах із розвинутими системами електронного уряду показники їх використання залишаються на відносно низькому рівні. Багато громадян віддають перевагу традиційним шляхам взаємодії з владою – за телефоном або поштою. Тому паралельні системи зберігаються і повномасштабна економія не досягається. Показники ефективності використання електронних систем зростають, якщо при заповненні електронних декларацій прискорюється повернення податків або надаються спрощені й тісно інтегровані послуги, які роблять процес більш зручним. Наприклад, естонська платформа X-Road поєднує послуги, що надаються всіма державними відомствами, а також приватними структурами і групами громадянського суспільства на основі протоколів, обміну даних і стандартів безпеки [48]. Зі смартфона можна виконати практично будь-яку операцію – від оплати лічильника на парковці до голосування на загальнонаціональних виборах. Очевидні переваги, яких набувають громадяни, забезпечать повсюдне використання послуг електронного уряду і роблять ці платформи зручним відправним пунктом для розробки політики за активної участі громадян.

ливостей громадян бути почутими), то такі технології приносять користь лише тоді, коли уряд від самого початку готовий до взаємодії з партнерами. Таким чином, інтернет найчастіше зміцнює, але не замінює вже сформовані між урядом і громадянами відносини підзвітності, у тому числі за рахунок нарощування потенціалу уряду у сфері нагляду й контролю. Крім того, цифрові технології сприяють підвищенню підзвітності виборчого процесу ¹.

У зв'язку з поширенням інтернету зростає значення ключових елементів порядку денного в галузі розвитку: правил ведення бізнесу, що спрощують вихід на ринок, систем освіти та професійного навчання, що формують затребувані компаніями навички, а також ефективних і підзвітних інститутів. Не здійснювати назрілі реформи означає залишитися далеко за тими, хто їх реалізує, тоді як одночасні інвестиції в нові технології та доповнення до них – це запорука успіху цифрових перетворень.

В Україні потенціал оцінювання розвинутий поки що недостатньо. Нормативно-правова база М&Е існує в державному секторі України, проте на практиці оцінювання провадиться нерегулярно та формально. Крім того, має місце брак чітких й ефективних показників та механізмів для збору даних. Державні органи зазвичай не замовляють зовнішнє оцінювання державних програм за власною ініціативою. Рівень політичної волі щодо розвитку оцінювання в Україні є низьким. Керівники вищої ланки державної служби та представники урядових структур неповною мірою розуміють і визнають важливість М&Е. Тому при прийнятті політичних рішень результати моніторингу й оцінки часто не використовують.

Аналіз наукових і нормативно-правових джерел свідчить, що державна політика в Україні здійснюється за багатьма стратегіями, програмами та планами дій. Їх реалізація оцінюється здебільшого на рівні безпосередніх результатів. Причини успіху або провалу законів чи програм належним чином не аналізуються. Оцінювання ви-

¹ В Афганістані, Кенії та Мозамбіку моніторинг виборів за допомогою мобільних телефонів дозволив виявити випадки шахрайства і знизив кількість проявів насильства при проведенні виборів [2]. Ці методи можуть доповнювати або у випадках, коли інституційний потенціал є низьким, навіть замінити більш складні підходи, наприклад біометричну ідентифікацію.

користується на всіх етапах та рівнях державного сектору в Україні, як правило, фрагментарно. Лише окремі елементи М&Е присутні при стратегічному плануванні, аналізі державної політики, нормативних правових актів, прийнятті рішень та складанні бюджету.

Деякі складові оцінювання у стратегічному плануванні регулюються урядовими актами¹. Окремі з них можуть бути умовно віднесені до категорії аналізу державної політики, заснованої на оцінюванні². Проте оцінювання здійснюється здебільшого формально з висновками та рекомендаціями, які не мають обов'язкової сили. У випадках, коли застосовується оцінка, вона не впливає на програму чи політику. Існує велика прірва між процесом моніторингу й оцінювання та прийняттям рішень.

З точки зору *інституційних основ формування національної смарт-промислової політики* необхідним є аналіз проблем гармонізації циклу оцінювання і підзвітності інститутів, дисфункціональності державного сектору та операційної спроможності, бюрократичної культури, інновацій у політиці, стратегічного циклу управління.

Гармонізація циклу оцінювання та підзвітності інститутів. Аналітична модель циклу оцінювання розглядається в межах контекстуальних чинників. Цикл оцінювання та підзвітності є моделлю відносин між державними інститутами і виконавчою владою. Він містить три складові: інформацію (вхід), дію (продукт) і відповідні

¹ Зокрема, Закони України "Про державне прогнозування та розроблення програм економічного і соціального розвитку України" та "Про стимулювання розвитку регіонів", Постанова КМУ від 26.04.2003 р. № 621 "Про розроблення прогнозних і програмних документів економічного і соціального розвитку та складання проекту державного бюджету", Розпорядження КМУ від 04.10.2006 р. № 504-р "Про схвалення Концепції вдосконалення системи прогнозних і програмних документів з питань соціально-економічного розвитку України" та ін.

² Зокрема, Закон України "Про державні цільові програми", Розпорядження КМУ від 14.09.2002 р. № 538-р "Про схвалення Концепції застосування програмно-цільового методу в бюджетному процесі", Постанова КМУ від 31.01.2007 р. № 106 "Про затвердження Порядку розроблення та виконання державних цільових програм", Наказ Міністерства Фінансів України від 17.05.2011 р. № 608 "Про затвердження Методичних рекомендацій щодо здійснення оцінки ефективності бюджетних програм" та ін.

заходи результат). Модель припускає, що присутність мінімального рівня інформації – це основне обов'язкове обмеження на ефективну роботу циклу. Аналіз контекстуальної інформації необхідний, щоб зрозуміти та пояснити його роботу. У деяких випадках ступінь функціонування циклу може бути пояснений безпосередньо його внутрішніми чинниками. Але часто значною мірою на цикл впливають соціальні, політичні й економічні чинники, що формують середовище, у межах якого він працює. Спроби розглядати цикл оцінювання незалежно від контекстної інформації призводять до недостовірних висновків і невідповідних коригуючих втручань.

Короткостроковий дисциплінуючий ефект контролю стимулює менеджерів концентруватися на входах і правилах, а не на результатах. Таке стимулювання декларується на міжнародному рівні, де в урядових системах є публічні менеджери, які враховують витрати на входах і повідомляють про дотримання правил процесів і процедур замість результатів, які вони приносять. Концентрація реформ на таких чинниках скорочує потенціал урядових менеджерів і політиків у реалізації більших перспектив зростання вартості в майбутньому.

Для вирішення проблеми дисфункціональності державного сектору необхідний розгляд місії та цінностей державного сектору, його середовища поручництва й операційної спроможності.

Місія державного сектору та цінності. Соціальні цінності та норми, втілені в Конституції або програмних документах, затверджених річних бюджетах тощо можуть бути корисними орієнтирами для мандатів державного сектору і цінностей цих мандатів. Визнані неписані соціальні норми також мають бути враховані.

У розвинутих країнах місії та цінності державного сектору економіки зазвичай роз'яснюють з точки зору середньострокової структури політики¹. У країнах, що розвиваються, навпаки, до цінностей державного сектору звертаються нечасто. Це відбувається тому, що державний сектор залишається "командним пунктом" замість того, щоб служити громадянському суспільству. Для офіцій-

¹ Наприклад, є формальна вимога в Новій Зеландії, що політика такого типу може бути винесена на обговорення в Парламенті до 31 березня (два - три місяці перед проектом бюджету) [74].

них осіб, яких навчають у команді та під контролем, потреба розвивати норми поведінки з орієнтацією на клієнта може видатися фривольною.

Середовище поручництва включає формальні (бюджетні процеси та інститути) і неформальні інститути участі й оцінювання. У розвинутих країнах зазвичай жорстко дотримуються таких норм, як робота інститутів з надання середовища для задоволення цілей державного сектору, дії різних рівнів уряду за Конституцією та відповідно до встановлених обов'язків, наявність стримувань і противаг відхиленням від норм поведінки, використання санкцій при їх недотриманні. У країнах, що розвиваються, недотримання інституційних норм часто не простежується та не зазнає будь-яких санкцій.

Операційна спроможність й обмеження. Доступна операційна спроможність може обійтися бюрократичною культурою або стимулами, що винагороджують пошук ренти, корупцію та патронаж із невеликим відгуком на переваги громадян у наданні послуг і практично повною відсутністю можливостей M&E з боку громадян-виборців.

Ключові положення для кращого розуміння операційної спроможності полягають у такому:

агентства відповідальні за різні завдання і мають необхідні потужності для їх виконання;

сумісність бюрократичної культури з досягненням соціальних цілей;

наявність юридично обов'язкових договорів стосовно публічних менеджерів з продуктивності результатів;

участь громадянського суспільства у скасуванні певних обмежень;

урядова реорганізація та реформи.

Розвинуті країни дотримуються більшості вищенаведених вимог, які часто залишаються без уваги у випадку емерджентних економік. Розбіжність між місією, середовищем поручництва і операційною потужністю сприяє низькій продуктивності державного сектору в постачанні суспільних послуг. Крім того, постачання з позиції продукції та результатів звичайно не відповідає потребам громадян. Тому проблема реформи державного сектору полягає в тому, що в будь-якому розвитку країна має погодити місію та цінності державного сектору, середовище поручництва і його операційну

спроможність так, щоб ця погодженість була завершеною, кореспондувала із зазначеними трьома аспектами управління.

Таке завдання є загрозливим для багатьох країн, що розвиваються, тому що вони часто ставлять високі цілі, але зіштовхуються з недоліками в середовищі поручництва, яке здатне перевести ці цілі у структуру політики. Дана проблема часто доповнюється бюрократичними стимулами, які зводять будь-яку доступну операційну спроможність до повністю дисфункціональної структури політики. Недолік підзвітності та фокус культури оцінки на короткострочкових результатах із системними проблемами призводять до того, що будь-які самокеровані механізми послабляються. Напівформальність накладає додаткові витрати на ведення бізнесу, але не приводить до жодних переваг у ділових відносинах через неповагу до закону. Договори мають невелику вартість. Через таку дисфункціональну природу державного сектору країнам, що розвиваються, важливо стрибкоподібно розбудовувати культуру державного сектору, що містить премію на клієнтську орієнтацію, оцінку та підзвітність результатів.

За останні роки країни, які досягли вагомих успіхів в індустріальному розвитку, показали значні зміни у продуктивності їх державних секторів. Ці зміни були обумовлені не вдосконаленням системи ієрархічних засобів управління (фокус у більшості країн, що розвиваються), а послідовним розвитком інституту оцінювання, у тому числі стосовно громадянського суспільства.

Оцінювання за результатами далі було посилено підзвітністю керівників законодавчої гілки влади. У цілому акцент системи оцінювання та підзвітності мав викликати зміни як у бюрократичній культурі, так і в стимулах державних службовців. Ця культурна зміна протягом 1990-х років була обумовлена посиленням орієнтації державного сектору на результати завдяки переорієнтації від внутрішніх бюрократичних процесів і засобів управління входами "жорсткі" засоби управління) до оцінювання результатів ("м'які" засоби управління). Базова структура просування цих реформ є приблизно однорідною та заснована на каркасі орієнтованого на результати управління й оцінки (results-oriented management and evaluation – ROME).

Із використанням ROME заснований на результатах (results-based) ланцюг служить базисом для вимірювання продуктивності

державного сектору за схемою: Програмні цілі → Входи → Проміжні входи → Продукція → Результати → Вплив → Досягнення.

Для того щоб побудувати культуру оцінювання та підзвітності за результатами, слід контролювати види діяльності програм і входи (ресурси, використовувані для виробництва результатів), включаючи проміжні входи та виходи (кількість і якість товарів і наданих послуг), результати (прогрес у досягненні програмних цілей), вплив (цілі програми) і досягнення (переваги або шкода від програм для соціуму). Такий фокус в управлінській практиці зміцнює поєднання прав власності та підзвітності принципалів і агентів у досягненні загальних цілей, висуваючи на перший план умови взаємної довіри.

У більшості орієнтованих на ROME підходів є такі спільні елементи: договори або угоди про програму робіт, засновані на заздалегідь визначених результатах, перспективних виробничих показниках і бюджетних розподілах; управлінська гнучкість, але за умови підзвітності й оцінки результатів; принцип субсидіарності; стимули для економічної ефективності.

ROME-реформи в межах публічних інституцій підкріплені передаванням і делегуванням повноважень. Це потребує двостороннього потоку інформації, що досягається через посилений механізм відповідальності у формах звітності продуктивності, а також більший акцент на моніторингу й оцінці результатів і угод про індивідуальну продуктивність із фокусом на результатах. Таким чином, ROME-оцінювання і підзвітність стають позитивними та перспективними складовими, заснованими на безперервному й систематичному зворотному зв'язку і навчанні, які є елементами інституційних основ політики розвитку. При цьому кожна інституціональна одиниця надає інформацію про результати, досягнуті проти стратегічних цілей, ураховуючи еталонні порівняння та навчання через організаційні межі. ROME також надає вищому керівництву конкретні докази, згідно з якими можна приймати рішення про розподіл ресурсів.

У системі оцінювання policy-making рекомендовано використовувати інструмент "логіка втручання", що встановлює причинно-наслідковий зв'язок між вкладеними ресурсами і впливом через результати й ефекти від заходів державної політики. Логіка пов'язує мету, завдання, субзавдання з групами індикаторів: вхідних ресур-

сів (бюджетні або інші використовувані ресурси), прямого результату, ефектів від втручання, впливу.

При цьому індикатори не завжди можуть мати кількісне вимірювання, також використовується якісна оцінка або логічні припущення. Перші дві групи цих показників більшою мірою використовуються для адміністрування й аудиту. У моніторинг включаються перші три групи індикаторів. Індикатори впливу розглядаються у проектах з оцінки. Адміністрування, аудит, моніторинг і проекти з оцінки є складовими частинами концепції "безперервної оцінки". Проекти з оцінки мають показати, яким чином втручання вплинуло на досягнення цілей.

Оцінювати політику доцільно з використанням моделі оцінки політики (policy evaluation model – PEM) [67]. Модель структурована відповідно до класифікації оцінки підтримки виробника PSE (від *англ.* producer support estimate), розробленої ОЕСР [7], і оцінює вплив існуючої та модельованої політики на виробництво, споживання, торгівлю та добробут. Технічно PEM – це модель часткової рівноваги, що включає кілька базових продуктів, а також пов'язані ринки. Моделюється вплив у середньостроковій перспективі на період п'ять років. PEM вимірює зміну добробуту бенефіціарів щодо витрат. Завдяки моделюванню можна встановити, як добробут розподіляється між економічними агентами: бенефіціарами, постачальниками коштів і чинників виробництва, споживачами.

Оцінка проектів у системі оцінювання міжнародних організацій є добре формалізованою, підпорядковується стандартним структурам звітів, у яких передбачено аналіз дизайну проекту, процесів реалізації, результатів і внеску в заявлені цілі, аналіз за критеріями оцінки (релевантність, результативність, ефективність, стабільність і вплив).

В умовах формування смарт-промисловості в Україні рекомендується використовувати показники оцінки підтримки виробників (PSE), що дозволять оцінити обсяг трансфертів між платниками податків, виробниками та споживачами, змоделювати вплив політики на окремі галузі економіки.

Оцінка підтримки виробника PSE – це набір показників, які характеризують державну підтримку. Секретаріат ОЕСР розраховує показники по всіх країнах, що входять до організації, та вибірково по країнах, що розвиваються і не входять до неї, зокрема, по

Росії та Казахстану. PSE є найбільш комплексним показником прямих і непрямих субсидій і податків.

PSE заснована на даних про механізм реалізації, а не на цілях і завданнях державної політики або її наслідків. Класифікація містить не тільки державну підтримку на основі обсягів виробництва, виплати на основі чинників, що вводяться, але і наукові дослідження й розробки [7], які є принципово важливою складовою смарт-промисловості. Підтримка вимірюється шляхом розрахунку набору показників під загальним найменуванням PSE, який відображає обсяг трансфертів між трьома видами суб'єктів – платниками податків, виробниками та споживачами. Кількісна оцінка підтримки виробників декомпозується за характером підтримки і товарами. Характер підтримки виражений класифікацією заходів державної допомоги. Крім підтримки, що надається з державного бюджету країни, оцінюється обсяг непрямой допомоги через розрахунок показника підтримки ринкової ціни (market price support – MPS), який являє собою різницю між внутрішніми та довідковими цінами.

Інвестування часу, фінансів і зусиль в оцінці має бути виправдане з точки зору значення успіху програми та політики. Оцінювання – це не самоціль. У соціально-економічному розвитку стратегічні завдання мають збільшити соціально-економічні перспективи громадян, території або секторів економіки.

Внесок оцінювання є потенційно найбільшим в інноваційних галузях політики, де імплементація є не завжди прямою. Звідси впливає потреба в сучасному управлінні та плануванні. Соціально-економічний розвиток – це дуже складний процес. Вибір цілей, показників, здійснення дизайну програм і оцінювання, забезпечення динамічного економічного розвитку – усе це потребує аналізу, прогнозованості, встановлення системи зворотного зв'язку і мобілізації різних інститутів, агентств і груп населення.

Один із важливих принципів організації управління – часова шкала політики. Стратегічний цикл починається, коли політика та пов'язані з нею програми сформульовані, і триває за допомогою планування та розподілу ресурсів, дизайну програм, виконання й забезпечення імплементації продуктів програм і результатів. Мова оцінки часто дотримується цього циклу, оскільки існують такі види, як *ex-ante* (прогнозована, завчасна), середньострокова та *ex-post*

(майбутня, фактична) оцінки, звичайно використовувані в європейських структурних фондах.

Оцінки *ex-ante* фіксують первинні потреби та здійсненність запланованих програм; поточні, або середньострокові, – прогрес та імплементацію; фактичні оцінки *ex-post* – результати. Однак оцінки *ex-ante* мають вписатися в дизайн програми і формулювання політики так само, як середньострокові оцінки мають допомогти сформуванню виконання програми та здійснення політики для реалізації програм. Наприкінці циклу фактичні оцінки мають сприяти оглядам політики. Дані цикли бажано вирівнювати, але це фактично відбувається не завжди. Оцінки *ex-ante* можуть бути розпочаті занадто пізно, щоб внести відповідну інформацію в дизайн програми, не кажучи вже про стратегічне формулювання.

Результати оцінок *ex-post* можуть бути надані занадто пізно, щоб інформувати огляди політики. Можуть також відбутися зміни в політиці та програмуванні, коли оцінка здійснюється вже на стадії реалізації, що є досить звичайним явищем у національних і європейських програмах соціально-економічного розвитку. Усе це може привести до змін у цілях або пріоритетах після того, як системи були налаштовані для вимірювання результатів і навіть до завершення роботи певних проектів або втручань, які були об'єктами оцінки. У такому випадку однією з переваг залучення тактиків і плановиків у дизайн оцінювання є вирівнювання всіх цих зв'язаних видів діяльності.

Слід відзначити, що існує відмінність між оцінюванням та підзвітністю, накладеними на уряд громадянами, та оцінюванням і підзвітністю, які уряд накладає на себе за допомогою створення державних інститутів, мандат яких має діяти як обмеження на уряд. Дана відмінність згадується в роботах деяких теоретиків як вертикальні методи оцінювання та підзвітності (безпосередньо громадянами) проти горизонтальних (безпосередньо державними інститутами) [29].

Вертикальне оцінювання можуть здійснювати громадяни, що діють безпосередньо через виборчий процес або опосередковано через цивільні організації ("громадянське суспільство") або ЗМІ [29]. Горизонтальне здійснюється інститутами й організаціями: законодавчими органами, судовою владою, виборчими комісіями та трибуналами, аудиторськими агентствами, антикорупційними органі-

заціями, омбудсменом, комісіями з прав людини, центральними банками.

У деяких із цих організацій може бути конституційна підстава, у той час як інші можуть ґрунтуватися на статутах, деякі можуть мати контролюючі функції, інші – квазісудові або штрафні повноваження [17; 73]. Інститути горизонтального оцінювання з формальним статусом і легітимністю відіграють домінуючу роль в обмеженні виконавчої влади.

З метою досягнення ефективності становлення смарт-промисловості в Україні рекомендується застосовувати вертикальну логіку. У дизайні та структуруванні програм раціональним є спадний підхід, обумовлений цілями розвитку. Дизайн проєктів і програм має бути заснований на їх очікуваному внеску у складові елементи результатів і стратегічні цілі відповідно. Цей процес зменшить інерційне фінансування проєктів, програм і з'єднає нові проєкти з компонентно-рівневими ефектами¹.

Добре сконструйована система оцінки, особливо оцінка ex-ante, може також сприяти вибору адекватних інструментів (втручань) у межах загальної сфери застосовності програми. Оцінка перетворює різні входи на відбір інструментів у формі економічної оцінки, яка порівнює імовірні альтернативні витрати і вигоди. Доцільно також залучити оцінку правочинності, яка відповідає певним втручанням із критеріями, щоб гарантувати релевантність у межах повної програми дій або нормативно-правових актів. Альтернативно може бути застосована оцінка прозорості й обґрунтованості запропонованого втручання, щоб оцінити ймовірність успіху.

Інституціоналізація практики оцінювання в Україні на даний час є дуже слабкою. Здійснення оцінки стикається з численними труднощами і перешкодами. Основні проблеми пов'язані з відсутністю потреби в оцінюванні в державних установах, а отже, готовністю державних службовців до участі в оцінюванні. Нерідко оцінювання сприймається як додаткове навантаження. Спостерігаються затримки в наданні інформації, а в деяких випадках дані є неповними та потребують додаткового аналізу для отримання адекватних висновків. Деякі експерти серед чинників негативного

¹ У даному випадку компоненти – це складові стратегічних цілей, а рівні – програми і проєкти.

впливу на оцінювання зазначають також заплутаність законодавства та нестабільну політичну ситуацію в країні [102]. Навіть якщо оцінювання виконуються, бракує традицій у цій галузі діяльності, вони не реалізуються на регулярній основі та не дозволяють побачити динаміку змін в обраній сфері.

У зв'язку з цим важливо забезпечити ліцензування або сертифікацію оціночної діяльності з комплексом формальних ознак і спеціальною освітою та/або підготовкою (за аналогією з аудиторами).

Інституційні механізми прийняття управлінських рішень на підставі запропонованого дизайну системи оцінювання можуть підвищити ефективність державних інвестицій (наприклад, оцінку проектів можна укріпити за допомогою впровадження централізованого процесу незалежного огляду для забезпечення надійних оцінок вартості, вигід і ризиків потенційних проектів (досвід Австралії, Кореї, Норвегії та Чилі [39]). Оцінку і відбір проектів можна посилити складанням інвестиційних бюджетів із нульовою основою (досвід Великобританії [39]) для забезпечення спрямування нових капітальних витрат у сектори з найбільшою віддачею, а не в сектори, які раніше використовували значні інвестиції, що особливо важливо для становлення смарт-промисловості. Планування поточних і капітальних витрат у рамках середньострокового бюджету може забезпечити стійкість інвестицій і врахування витрат на технічне обслуговування у повному обсязі (досвід Австралії, Ірландії, Кореї, Чилі та Ефіопії [39]).

Результати оцінки Комітету сприяння розвитку ОЕСР (OECD-DAC) поширюються кількома способами, у тому числі шляхом забезпечення річних звітів синтезу результатів. Процес макроекономічного і смарт-промислового розвитку є багатокритеріальним. Тому важливим завданням у формуванні системи М&Е в галузі policy-making постає пошук форми і концептуального контуру синтезу результатів оцінювання ефективності смарт-промислового та макроекономічного розвитку.

Результати розвитку дуже різноманітні як за своєю природою, так і за якістю впливу на суспільство. Їх неможливо "підігнати" під уніфікований метод визначення. Особливо це стосується формалізації та кількісних оцінок. Проте розроблена концепція оцінювання, як і заключний етап будь-якого аналізу, потребує узагальнення результатів. Тому раціональним у цьому випадку є не пошук інтегра-

льних показників та індексів, а синтез результатів оцінювання в матриці ефективності промислового (макроекономічного) розвитку [125]. З формалізованої точки зору це подібно жордановій квадратній блочно-діагональній матриці. У цьому полягає інноваційність запропонованого концептуального підходу, на відміну від загальновідомих матричних методів, застосовуваних у стратегічному управлінні та плануванні компанії і фінансовому менеджменті, та матричного методу оцінки ефективності інноваційного розвитку господарських систем мікро- і мезорівня з використанням показників операційної діяльності [116].

При формуванні матриці ефективності розвитку (МЕР) слід керуватися принципами стратегічної відповідності, відображення реальних результатів розвитку і додатковості.

Принцип додатковості в класичному трактуванні передбачає використання двох взаємовиключних наборів понять, сукупність яких надає вичерпну інформацію про явища як про цілісні. Цей принцип може служити джерелом доданої вартості, як додатковий матеріальний стимул впливу розвитку, що важливо при формуванні смарт-промисловості. Нематеріальний принцип додатковості має відношення до інших аспектів результатів промислового і макроекономічного розвитку: наприклад, поліпшення регуляторної секторальної політики, удосконалення корпоративного управління, екологічного та соціального проектного виконання.

Функції МЕР пов'язані насамперед з ідентифікацією середньо- або довгострокових впливів на результати процесу економічного розвитку та їх індикаторів.

Особливо важливою функцією МЕР є розвиток матриць економічної політики в межах системи оцінок і ланцюжка результатів та на їх основі визначення природи і змісту економічних реформ.

Виявлення соціально-економічних наслідків певної політики та інституційних реформ сприяє прогресу будь-якої країни. Проекти або програми економічного розвитку можуть в остаточному підсумку не бути ефективними, якщо немає стимулів для збільшення потреби у контролі й оцінці після їх затвердження. Завдяки ідентифікаційній функції МЕР і певному обґрунтованому набору індикаторів можна усунути "провали" відповідно до оцінки і контролю. Важливим в оцінюванні ефективності смарт-промислового

розвитку у процесах policymaking є узгодження інструментів оцінювання для суспільного та приватного секторів економіки.

Запропонований підхід до оцінювання результатів смарт-промислового (макроекономічного) розвитку може виступати джерелом доданої вартості з точки зору набуття нового знання, а також збільшувати інтерес різних аудиторій до нього. Концептуальні аспекти та методологічні підходи до оцінювання мають розроблятися паралельно політиці, тобто "правила гри" мають розроблятися заздалегідь, а надалі лише допрацьовуватимуться в міру накопичення досвіду.

Бюрократична культура. Необхідною умовою розвитку інституційних основ смарт-промислової політики є розвиток культури оцінювання. Зростання її значення в Україні викликane конкурентоспроможністю та прямим зв'язком із процесами прийняття рішень на основі результатів оцінки. Вирішальне значення для прогресу оцінювання в Україні має просування та створення кількох центрів, які б дозволили об'єднати професіоналів у сфері оцінювання для сприяння розвитку його культури і просування послуг щодо оцінювання, а також демонстрації передового досвіду й успішних ситуаційних досліджень.

Розвиток механізму оцінювання має починатися з формування попиту на оцінювання з боку політичних лідерів, керівництва та громадянського суспільства. Сфера державного управління потребує "культурних змін", щоб оцінювання сприймалось як дієвий інструмент управління і частина політичного коду. Крім того, одним із ключових кроків є необхідність підвищення зацікавленості в оцінюванні з боку уряду та суспільства. Для цього потрібне проведення відповідної кампанії з інформування громадськості.

Якщо попит на оцінювання існує, то дуже важливо знайти "прихильників оцінювання" або "точки зростання". Такими точками зростання культури оцінювання можуть бути Офіс Президента та Секретаріат Кабінету Міністрів України, оскільки їм потрібна консолідована інформація про програми та політику. Іншими важливими учасниками і прихильниками оцінювання можуть бути Міністерство економічного розвитку і торгівлі, Міністерство фінансів, що відповідає за належне планування, програмування та бюджетування розвитку України. Міністерство освіти і науки та Міністер-

ство охорони здоров'я мають більш розвинуту систему М&Е через вимоги донорських організацій та внутрішні потреби [102].

Було б доцільним ініціювати міжнародний проєкт з діагностики функцій оцінювання в українському уряді з використанням методології Світового банку та розробкою плану дій для нарощування потенціалу М&Е в державному секторі економіки. Цей проєкт має розроблятися у співпраці та за підтримки з боку міжнародних організацій для обміну досвідом і передовими практиками щодо нарощування потенціалу оцінювання в державному секторі.

Дуже важливо розробити спеціальні навчальні програми і курси з оцінювання для різних цільових груп, які використовують, замовляють і здійснюють оцінювання в державному секторі, а також прийняти стандарти М&Е.

Підвищення культури оцінювання в державному секторі можливе за рахунок створення та розвитку таких елементів:

введення в законодавство спеціального положення, що визначає оцінювання як частину процесу прийняття рішень на національному, регіональному та місцевому рівнях у державному секторі (це передбачає також перехід від формального статусу оцінювання до реального);

підготовка кваліфікованих фахівців з М&Е в державних установах;

розробка методології оцінювання в різних галузях державного сектору і секторах економіки, у тому числі промисловому;

визначення наявних переваг оцінювання та його практичних вигід;

створення конкурентного ринку послуг щодо оцінювання;

просування практик оцінювання в широкому колі неурядових організацій з метою створення активного середовища стимулювання громадських організацій до здійснення оцінки;

використання міжнародного досвіду (зокрема, через структурні фонди);

забезпечення громадського доступу до документів з оцінювання в режимі онлайн;

адвокація оцінювання серед широкого загалу як інструменту ефективного управління, прозорості та підзвітності державного сектору.

Запропонована система М&Е управлінських рішень і виконавчої культури в галузі policymaking сприятиме підвищенню прозорості, відповідальності та виконавчої культури в межах уряду. Громадянське суспільство при цьому може відігравати роль каталізатора за умови надання адекватних оцінок урядової роботи. Реформи будуть змінювати способи, що асигнують ресурси громадськості, забезпечувати поступову інституціоналізацію результатів оцінювання незалежно від політичних циклів.

Як результати впровадження системи М&Е в галузі policymaking в умовах становлення смарт-промисловості в Україні можна очікувати:

- реалізацію програм і політики відповідно до заявлених цілей;
- контроль та економію використання бюджетних коштів;
- ефективну підтримку національних виробників;
- моніторинг і контроль державної допомоги суб'єктам господарювання;

- удосконалення системи формування і координації державної політики;

- формування інституційних рамок системи М&Е, механізмів відповідальності та зацікавленості уряду незалежно від політичних циклів;

- забезпечення прозорості управлінських рішень і виконавчої культури в галузі policymaking.

Для подолання розриву між швидко мінливими технологіями та відносно стабільними інститутами потрібні ініціативи, які б зміцнювали транспарентність і підзвітність урядів. Нові цифрові технології поки не сприяють достатньою мірою посиленню підзвітності. Для цього необхідна подвійна політична стратегія: у короткостроковій перспективі – цілеспрямоване впровадження цифрових технологій у сферах із низьким рівнем підзвітності, а в довгостроковій – зміцнення інститутів.

Висновки до розділу 1

1. Четверта промислова революція, яка швидко змінює економіку і суспільство, базується на революції цифровій. Якщо перші три промислові революції трансформували насамперед матеріальну й енергетичну сфери, то четверта формує нову кіберфізичну реальність і нову, орієнтовану на споживача, смарт-промисловість, або Індустрію 4.0. "Розум" цієї промисловості створюють саме цифрові технології, і вони ж більшою мірою визначають продуктивність нового способу суспільного виробництва.

2. У результаті аналізу якісних зрушень у світовій економіці, обумовлених розгортанням цифрових технологій і цифрової революції, виокремлено три її етапи: фізичний, кібернетичний і кіберфізичний.

На першому етапі (фізичному) нові можливості поводження з інформацією були пов'язані насамперед із впливом інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) на реальний сектор економіки.

На другому етапі (кібернетичному) ІКТ набули самостійного значення, оскільки одним із головних результатів виробництва в дигіталізованій економіці є цифрові товари, які створені за допомогою цифрового капіталу та характеризуються суттєвими особливостями виробництва та споживання.

На третьому етапі (кіберфізичному) цифрові технології та продукти інтегруються з фізичними, формуючи нову кіберфізичну реальність, у якій відмінність між сферами виробництва та послуг багато в чому втрачає сенс, оскільки ІТ-послуги складають тепер невід'ємний елемент виробничого процесу з випуску гібридних товарів, які вже не є ні речами, ні послугами виключно.

3. Обґрунтовано, що концепції індустріальної та постіндустріальної економіки втрачають свій пояснювальний потенціал щодо принципово нової реальності – кіберфізичної, яка змінює економіку і суспільство щонайменше в трьох аспектах.

По-перше, змінюються економічні суб'єкти. Люди стають все більш "кібернетичними", з розширеними можливостями і новими рутинами прийняття рішень. Більш того, крім звичайних юридичних осіб очікується також поява осіб електронних (систем з AI, які самостійно приймають виробничі та бізнесові рішення).

По-друге, прискореними темпами розвивається нове самоорганізоване і кероване AI кіберфізичне виробництво гібридних продуктів, що інтегрують властивості товарів і послуг. У зв'язку з цим фізична і розумова праця, що піддається алгоритмізації, стають менш затребуваними, зате більшого значення набуває спеціалізація людей на творчих і когнітивних професіях, піклування людини про людину, взаємодії людей з машинами.

По-третє, з'являються нові інститути влади і механізми інфорсменту у вигляді репутаційного суспільства та держави. При цьому за законами діалектики соціокультурні (цивілізаційні) чинники в таких суспільствах і державах не зникають і не розчиняються у глобалізованому світі, а навпаки, набувають у нових умовах усе більшого значення. Це пов'язано з тим, що смарт-оцінки репутації фізичних і юридичних осіб (соціальні рейтинги та ін.) несуть явний соціокультурний відбиток.

4. Первинною ланкою смарт-промисловості є смарт-підприємства, які зазвичай характеризують як фабрики (заводи) майбутнього. Встановлено, що їх головною відмінною ознакою є реалізація принципу рефлексії, згідно з яким аналіз функціонування реального підприємства служить для створення його рефлексивного образу – цифрової моделі фабрики, яка виступає джерелом нових знань про суб'єкт.

З цієї точки зору смарт-фабрика є таким способом взаємодії апаратних засобів, первинних даних, програмного забезпечення, штучного і людського інтелекту, в якому дані, отримані за допомогою датчиків, лог-файлів і пошукових роботів від фізичних пристроїв і комп'ютерних мереж, збираються, передаються, попередньо опрацьовуються, зберігаються, візуалізуються, аналізуються і застосовуються для моделювання та подальшого вдосконалення промислових продуктів і виробничих процесів.

5. Смарт-промисловість – це набагато більше, ніж відокремлені підприємства та продукти, які на них створюються, оскільки вона базується на інтегрованих мережах високотехнологічних смарт-систем і включає, крім власне виготовлення речей, виконання широкого спектру пов'язаних функцій. Тобто четверта промислова революція – це концепція більш широка, ніж четверта виробнича революція, і під сферу її аналізу підпадають також смарт-розробки (НДДКР), смарт-постачання і споживання, смарт-фінанси тощо.

У такій системі смарт-промисловості виробничі ланцюжки взаємопов'язані з дослідниками і розробниками, постачальниками, дистриб'юторами, споживачами через новітні ІКТ, завдяки чому формуються інтегровані цифрові екосистеми, які поліпшують координацію та підвищують ступінь активності участі всіх партнерів як в окремих ланцюжках, так і в цілісних мережах створення вартості.

6. Принципове значення для процесів становлення і подальшого розвитку смарт-промисловості має динамічний аспект, закономірності її розвитку в часі та просторі.

Часовий чинник у даному контексті проявляється через життєвий цикл домінуючих технологій. Розроблено концептуальні положення життєвого циклу технологій, технологічних і фінансових розривів у контексті кіберфізичних систем, згідно з якими для S-подібної кривої залежності між витратами і результатами принципове значення має динаміка структури капіталу – питома вага цифрового капіталу в його загальній величині.

Просторовий чинник проявляється через розміщення домінуючих технологій по країнах і регіонах світу, які характеризуються власними закономірностями еволюції соціокультурних, інституційних і техніко-технологічних чинників. Таким чином, концепцію життєвого циклу технологій було поширено на коеволюцію розвитку країн, які мають домінуючі виробничі технології різного рівня і різного ступеня розвитку. Тобто перехід між точками однієї і тієї самої S-подібної кривої праворуч запропоновано трактувати як перехід від однієї країни до іншої, яка просунулася далі в розкритті потенціалу домінуючих технологій даного рівня.

7. Такий науковий підхід дозволив задіяти еволюційну методологію і парадигму просторових екосистем економічних суб'єктів й економічних популяцій. У цьому дискурсі проблема становлення смарт-промисловості України має розглядатися як частина більш широкої проблематики національних (НІС) і наднаціональних інноваційних систем (ННІС), які згідно з еволюційною методологією формуються в регіонах світу під впливом рушійних сил (мінливості, спадковості та відбору) у контексті дії різноманітних чинників (географічних, історичних, соціокультурних) та є результатом коеволюції соціуму, виробництва, технологій і соціально-економічних інститутів.

8. Запропоновано альтернативний підхід до таксономії наднаціональних інноваційних систем, який спирається на використання методів AI (генетичні алгоритми, кластерний аналіз, нейромережеве моделювання) для дослідження вихідної вибірки даних, представленої 136 країнами світу. Відповідно до концепції чотириланкової спіралі (коеволюції соціуму, виробництва, технологій і соціально-економічних інститутів) виокремлено чотири основних типи ННІС і надано їх якісну інтерпретацію:

А – розвинуті країни з інститутами переважно інклюзивного типу;

В – країни, що розвиваються, зі змішаними екстрактивно-інклюзивними інститутами із сильно вираженою соціокультурною складовою;

С – розвинуті країни та країни, що розвиваються, зі змішаними екстрактивно-інклюзивними інститутами із сильно вираженою неформальною складовою (у т. ч. пострадянського типу);

Д – країни, що розвиваються, з інститутами переважно екстрактивного типу.

9. У результаті аналізу стану НІС України з урахуванням її приналежності до типу "С" ННІС обґрунтовано альтернативні стратегії розвитку:

орієнтація на усередненого лідера у своєму типі ННІС;

орієнтація на усередненого світового лідера.

10. На основі результатів розрахунків виокремлено і рекомендовано оптимальний пул основних регуляторів (25 показників із 148), які характеризують науково-освітній, виробничо-економічний, державно-політичний і соціокультурний комплекси НІС України, та на які може впливати уряд. З їх використанням обґрунтовано укрупнені імперативи ефективного розвитку НІС України, які сприятимуть становленню смарт-індустрії: підвищення якості інституційного середовища; розвиток науково-освітнього комплексу на основі посилення його інтеграційних зв'язків із промисловістю; підвищення якості людського капіталу; розвиток інфраструктури; формування сприятливого інвестиційного клімату, а також встановлено відповідні кількісні значення цільових індикаторів.

11. З метою підвищення ефективності діяльності уряду у сфері реалізації розроблених рекомендацій запропоновано концептуальний дизайн системи моніторингу й оцінювання (М&Е) смарт-

промислового розвитку з позицій інституційної теорії та фази формування нової політики урядів і організацій (policymaking).

Проаналізовано проблеми гармонізації циклу оцінювання і підзвітності інститутів, дисфункціональності державного сектору та операційної спроможності, бюрократичної культури, інновацій у політиці. Для вирішення проблеми дисфункціональності державного сектору визначено контекстуальні чинники оцінювання економічного розвитку у policymaking, запропоновано узгодження місії та цінностей державного сектору, його середовища поручництва та операційної спроможності. З метою розвитку культури оцінювання і підзвітності державного сектору запропоновано використання орієнтованого на результати управління й оцінки ROME (results-oriented management and evaluation).

12. Обґрунтовано концептуальний дизайн інструментів оцінювання смарт-промислового розвитку: використання заснованого на результатах ланцюжка виконання, інструменту "логіка втручання", показників оцінки підтримки виробників, моделі оцінки політики PEM (policy evaluation model). Запропоновано концептуальну матрицю ефективності розвитку як засіб раціонального синтезу результатів оцінювання макроекономічного і смарт-промислового розвитку, визначено принципи її формування та основні функції як засоби визначення матриць економічної політики й аналізу економічних реформ.

На підставі запропонованого дизайну системи M&E надано пропозиції щодо інституціоналізації практики моніторингу, оцінювання та прийняття управлінських рішень в Україні.

Література до розділу 1

1. Acemoglu D., Robinson J. The Rise and Decline of General Laws of Capitalism. NBER Working Paper 20766, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA. 2014.
2. Aker J.C., Mbiti I.M. Mobile Phones and Economic Development in Africa. *Journal of Economic Perspectives*, 2010. Vol 24 (3). Pp. 207-232.
3. Arnold A. The 6 Major Blockchain Trends in 2018. [online] Forbes.com. 2019. Available at: <https://www.forbes.com/sites/andrewarnold/2018/08/13/the-6-major-blockchain-trends-in-2018/#212f035123f9> [Accessed 28 May 2019].
4. Balzat M., Pyka A. Mapping national innovation systems in the OECD area. *International Journal of Technology and Globalisation*. 2006. Vol.2, № 1-2. P.158-176.
5. Bódi K. 10 big data use cases in manufacturing [online] Actify. 2018. Available at: <https://www.actify.com/industry-topics/10-big-data-use-cases-manufacturing/> [Accessed 26 May 2019].
6. Bogost I. Can You Sue a Robocar? [online] The Atlantic. Available at: <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2018/03/can-you-sue-a-robocar/556007/> [Accessed 21 Jan. 2019].
7. Boston Consulting Group. Sprinting to Value in Industry 4.0. [online] Slideshare.net. Available at: <https://www.slideshare.net/TheBostonConsultingGroup/sprinting-to-value-in-industry-40> [Accessed 27 May 2019].
8. Bryson J. J. Robots should be slaves. In Wilks Y. (Ed.), *Close engagements with artificial companions: Key social, psychological, ethical and design issues*. Amsterdam: John Benjamins, 2010, pp. 63-74.
9. Bughin J., Manyika J. Measuring the full impact of digital capital. *McKinsey Quarterly*. 2013. July.
10. Burke R., Mussomeli A., Laaper S., Hartigan M., Sniderman B. *The smart factory. Responsive, adaptive, connected manufacturing*. Deloitte University Press, 2017. 20 pp.

11. Chatila R. Inclusion of Humanoid Robots in Human Society: Ethical Issues. In: Goswami A., Vadakkepat P. (eds) *Humanoid Robotics: A Reference*. Springer, Dordrecht. 2018. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-007-7194-9_147-1
12. Chorzempa M., Triolo P., Sacks S. *China's Social Credit System: A Mark of Progress or a Threat to Privacy?* Peterson Institute for International Economics, 2018. PB 18-14, 11 pp.
13. Creemers R. *China's Social Credit System: An Evolving Practice of Control*. SSRN Electronic Journal, 2018, pp. 27-28. DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3175792>.
14. Dai X. *Toward a Reputation State: The Social Credit System Project of China*. SSRN Electronic Journal, 2018, 61 pp. DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3193577>.
15. del Castillo M. (2018). *Big Blockchain: The 50 Largest Public Companies Exploring Blockchain*. [online] Forbes. Available at: <https://www.forbes.com/sites/michaeldelcastillo/2018/07/03/big-blockchain-the-50-largest-public-companies-exploring-blockchain/#17465c512b5b> [Accessed 28 May 2019].
16. Delvaux M. *Draft Report with recommendations to the Commission on Civil Law Rules on Robotics (2015/2103(INL))*. European Parliament, Committee on Legal Affairs, 31.5.2016, 22 p.
17. Diamond L. *Institutions of Accountability*. Hoover Digest, 1999. Vol. 3. Pp. 87-91.
18. Docs.corda.net. (2019). *Welcome to Corda! R3 Corda Master Documentation*. [online] Available at: <https://docs.corda.net/> [Accessed 28 May 2019].
19. Dresner Advisory Services. *Big Data Analytics Market Study. Wisdom of Crowds Series*. Dresner Advisory Services, LLC. 2017. 94 pp.
20. Edquist C., Nelson R., Mowery D., Fagerberg J. (eds.) *Systems of Innovation: Perspectives and Challenges*. The Oxford Handbook of Innovation. Oxford: Oxford University Press. 2006. P. 181-208.
21. European Commission. *e-Invoicing - Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs* [online] European Commission. Available at: <https://ec.europa.eu/growth/single-market/public->

-
-
- procurement/e-procurement/e-invoicing_en [Accessed 28 May 2019].
22. European commission. Artificial intelligence. A European perspective. Joint Research Centre. European commission. 2018. 140 pp.
 23. Evans P., Annunziata M. Industrial Internet: Pushing the Boundaries of Minds and Machines. Fairfield, CT: General Electric Co., 2012.
 24. Exonum. Земельный кадастр на блокчейне. [online] Available at: <https://exonum.com/ru/napr> [Accessed 28 May 2019].
 25. Freeman C. The Economics of Hope: Essays on Technical Change and Economic Growth. London: Pinter. 1992.
 26. Global Innovation Index. INSEAD, WIPO Available at: <https://www.globalinnovationindex.org> [Accessed 05 May 2018].
 27. Godinho M., Mendonça S., Pereira T. Towards a taxonomy of innovation systems. Working Papers Department of Economics. 2005. №13, 44 p.
 28. Groopman J, Owyang J. The Internet of Trusted Things. Kaleido Insight. 2018. 22 pp.
 29. Guillermo O'Donnell. Horizontal Accountability in New Democracies. The Self-Restraining State: Power and Accountability in New Democracies, ed. Andreas Schedler, Larry Diamond, and Marc F. Plattner, 29–51. Boulder, CO, and London: Lynne Rienner. 1999.
 30. Harkushenko O.N., Kniaziev S.I. (2019). Analysis of economic-mathematical models of the ICT impact on production results: is there a paradox Solow? Science and Innovations. In print.
 31. Hofmann E., Strewé U.M., Bosia N. Supply Chain Finance and Blockchain Technology. Berlin, Heidelberg: Springer, 2018.
 32. Hornby L. China changes tack on 'social credit' scheme plan. Financial Times. [online] Available at: <https://www.ft.com/content/f772a9ce-60c4-11e7-91a7-502f7ee26895> [Accessed 16 Jan. 2019].

33. Hu H., Wen Y., Chua T.-S., Li X. (2014). Towards scalable systems for big data analytics: A technology tutorial. *IEEE Access*, Vol. 2, pp. 652-687.
34. Human Development Index. Доклад о человеческом развитии 2016. Человеческое развитие для всех и каждого. Программа развития ООН. М.: Издательство "Весь Мир". 284 с.
35. Hvistendahl M. (2017). Inside China's vast new experiment in social ranking. [online] WIRED. Available at: <https://www.wired.com/story/age-of-social-credit/> [Accessed 16 Jan. 2019].
36. Hyperledger. Hyperledger – Open Source Blockchain Technologies. [online] Available at: <https://www.hyperledger.org/> [Accessed 28 May 2019].
37. IMF country information. International Monetary Fund. Available at: <https://www.imf.org/en/countries> [Accessed 05.01.2019].
38. IMF. World Economic Outlook Database October 2018. [online] [Imf.org](https://www.imf.org). Available at: <https://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2018/02/weodata/index.aspx> [Accessed 19 Jan. 2019].
39. IMF. World Economic Outlook (WEO): Legacies, Clouds, Uncertainties. October 7, 2014.
40. Inc.com. The 10 Most Valuable Brands in 2018. [online] Available at: <https://www.inc.com/business-insider/amazon-google-most-valuable-brands-brand-finance-2018.html> [Accessed 9 Jan. 2019].
41. International Federation of Robotics. Robot density rises globally. IFR Press Releases. Frankfurt, 2018. Feb 07.
42. i-SCOOP. Smart industry and smart manufacturing - industrial transformation. [online] Available at: <https://www.i-scoop.eu/manufacturing-industry/> [Accessed 27 May 2019].
43. Jeschke S., Brecher C., Song H., Rawat D. (eds). *Industrial Internet of Things and Cyber Manufacturing Systems*. Switzerland: Springer International Publishing. 2017. 715 pp.
44. Jeschke S., Brecher C., Song H., Rawat D.B. (Eds.) *Industrial Internet of Things. Cybermanufacturing Systems*. Springer

-
-
- Series in Wireless Technology. Springer, 2017. 715 pp. DOI 10.1007/978-3-319-42559-7.
45. Johnson D.G. Technology with No Human Responsibility? *Journal of Business Ethics*, 2015. Vol. 127 (4), pp. 707-715. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10551-014-2180-1>
 46. Jordn R. (2018). How to Scale Ethereum: Sharding Explained. [online] Medium. Available at: <https://medium.com/prysmatic-labs/how-to-scale-ethereum-sharding-explained-ba2e283b7fce> [Accessed 28 May 2019].
 47. Kaplana A., Haenlein M. Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. *Business Horizons*, Vol. 62 (1), January-February 2019. Pp. 15-25.
 48. Kristjan V. Estonian E-Government Ecosystem: Foundation, Applications, Outcomes. Background paper for the World Development Report 2016, World Bank, Washington, DC. 2015.
 49. Lawrence M., Roberts C., King L. Managing automation Employment, inequality and ethics in the digital age. Discussion Paper. IPPR Commission on Economic Justice, 2017. December, 50 pp.
 50. Lee J., Davari H., Singh J., Pandhare V. Industrial Artificial Intelligence for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*. 2018. V. 18. Pp. 20-23.
 51. Lightning.network. Scalable, Instant Bitcoin/Blockchain Transactions [online] Available at: <https://lightning.network/> [Accessed 28 May 2019].
 52. Lundvall B.-A. (eds.) *National Systems of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London: Pinter. 1992.
 53. Manyika J., Chui M., Bughin J. et al. *Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy*. McKinsey Global Institute, 2013. 162 pp.
 54. Masum, H., & Tovey, M. (Eds.) *The Reputation Society: how online opinions are reshaping the offline world*. Cambridge, MA, USA: MIT Press. 2012.

-
-
55. Mazur J.O. Evaluation of investment and innovative development of Ukrainian economy: evolutionary approach. *Економіка промисловості*. 2014. № 1 (65). С. 44-55.
 56. McKinsey & Company (2018) Analytics comes of age. *McKinsey Analytics*. 97 pp.
 57. McKinsey Global Institute. A future that works automation, employment, and productivity. *McKinsey & Company*, 2017. December 135 pp.
 58. McKinsey Global Institute. Jobs lost, jobs gained: workforce transitions in a time of automation. *Executive Summary*. *McKinsey & Company*, 2017. January 21 pp.
 59. Medium. BGX Blockchain Market Report 2019. [online] Available at: <https://medium.com/@bgxglobal/bgx-blockchain-market-report-2019-7e9a0b3ed8c> [Accessed 28 May 2019].
 60. Meissner M. China's social credit system. A big-data enabled approach to market regulation with broad implications for doing business in China. *Mercator Institute for China Studies. China Monitor*, 2017. May 24, 13 pp.
 61. Metcalfe S., Dosi G., Freeman C., Nelson R. (eds.) *The Diffusion of Innovations: An Interpretative Survey. Technology and Economic Theory*. London: Pinter. 1988. Pp. 560-589.
 62. Moore G. Cramming More Components onto Integrated Circuits. *Electronics*, 1965. Vol. 38, Number 8, April 19, pp. 114-117.
 63. Nelson R. *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*. N.Y.: Oxford University Press. 1993.
 64. New Vantage Partners. *Big Data Executive Survey 2017. Executive Summary of Findings. Big Data Business Impact: Achieving Business Results through Innovation and Disruption*. New Vantage Partners LLC (2017). 16 pp.
 65. Noble L. Cargill blockchain shipping transaction cuts exchange time to 24 hours. [online] *The Global Treasurer*. Available at: <https://www.theglobaltreasurer.com/2018/05/14/cargillblockchain-shipping-transaction-cuts-exchange-time-to-24-hours> [Accessed 28 May 2019].
 66. OECD. *OECD'S Producer Support Estimate and related indicators of agricultural support. Concepts, calculations, interpretation*

-
-
- and use. The PSE Manual. The Organisation for Economic Cooperation and Development. 2014.
67. OECD. Policy Evaluation Model: Connecting the PSE to economic outcomes. OECD Regional Meeting on Agricultural Policy Reform. Bucharest, Romania. September 24-26. The Organisation for Economic Cooperation and Development. 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/5kg26152k135-en>
 68. Ometoruwa T. Solving the Blockchain Trilemma: Decentralization, Security & Scalability [online]. Coin Bureau. Available at: <https://www.coinbureau.com/analysis/solving-blockchain-trilemma> [Accessed 28 May 2019].
 69. Poon C.C.Y., Lo B.P.L., Yuce M.R., Alomainy A., Hao Y. Body Sensor Networks: In the Era of Big Data and Beyond. IEEE Reviews in Biomedical Engineering, 2015. Vol. 8, pp. 4-16. doi:10.1109/rbme.2015.2427254
 70. Porter A. Bioethics and Transhumanism. Journal of Medicine and Philosophy, 2017. Vol. 42, pp. 237-260. DOI: <https://doi.org/10.1093/jmp/jhx001>
 71. Provable. Oraclize 2.0 - blockchain oracle service, enabling data-rich smart contracts. [online] Available at: <https://provable.xyz/> [Accessed 28 May 2019].
 72. SAS. Artificial Intelligence – What it is and why it matters. [online] Sas.com. Available at: https://www.sas.com/en_us/insights/analytics/what-is-artificial-intelligence.html [Accessed 21 Jan. 2019].
 73. Schedler A., Diamond L, Plattner M., eds. The Self-Restraining State: Power and Accountability in New Democracies. Lynne Rienner Publisher, Inc. and the National Endowment for Democracy, 1999.
 74. Schick A. Why Most Developing Countries Should Not Try New Zealand Reforms. World Bank Research Observer, 1998. Vol. 13 (1). Pp. 123-131.
 75. Schwab K. The Great Reconstruction. [online] Project Syndicate. Available at: <https://www.project-syndicate.org/onpoint/the-great-reconstruction-by-klaus-schwab-2019-01?barrier=accesspay> [Accessed 25 Jan. 2019].

-
-
76. Schwab K. GC Report: The Global Competitiveness Report 2017-2018. World Economic Forum. Appendix D: Technical Notes and Sources. 2018. P. 341-350.
 77. Seebo. Artificial Intelligence – the Driving Force of Industry 4.0. Available at: <https://www.seebo.com/industrial-ai/> [Accessed 04 Jun. 2018].
 78. Shepardson D., Lienert P. Exclusive: In boost to self-driving cars, U.S. tells Google computers can qualify as drivers [online] Reuters. Available at: <https://www.reuters.com/article/us-alphabet-autos-selfdriving-exclusive-idUSKCN0VJ00H> [Accessed 21 Jan. 2019].
 79. Siemens. Financing Industry 4.0. [online] siemens.com Global Website. Available at: <https://new.siemens.com/global/en/company/stories/industry/financing-industry-4-0.html> [Accessed 5 Jun. 2019].
 80. Slideshare.net. Verizon Data Breach Digest 2016. [online] Available at: <https://www.slideshare.net/RyanCarleton/verizon-data-breach-digest-2016> [Accessed 6 Jun. 2019].
 81. Smartindustry.nl. Smart industry. Dutch industry fit for the future. Project team Smart Industry, www.smartindustry.nl, 2014. 63 pp.
 82. Smit J., Kreutzer S., Moeller C., Carlberg M. Industry 4.0. European Parliament. Directorate General for Internal Policies Policy Department A: Economic and Scientific Policy, 2016. 90 pp. DOI 10.1007/978-3-319-42559-7
 83. Smit J., Kreutzer S., Moeller C., Carlberg M. Industry 4.0. European Parliament. Directorate General for Internal Policies Policy Department A: Economic and Scientific Policy, 2016. 90 pp.
 84. Solow R. We'd better watch out. The New York Times. Book Review, 1987, 12 July, p. 36.
 85. Soros G. The AI Threat to Open Societies. [online] Project Syndicate. Available at: <https://www.project-syndicate.org/onpoint/the-ai-threat-to-open-societies-by-george-soros-2019-01?barrier=accesspay> [Accessed 25 Jan. 2019].
 86. State Council of the People's Republic of China. Planning Outline for the Construction of a Social Credit System (2014-2020).

- [online] Available at: <https://chinacopyrigh tandmedia.wordpress.com/2014/06/14/planning-outline-for-the-constructi on-of-a-social-credit-system-2014-2020/> [Accessed 13 Jan. 2019].
87. Strahilevitz L. Reputation Nation: Law in an Era of Ubiquitous Personal Information, *Northwestern University Law Review*, 2008, pp. 1667-1738.
 88. Sustainable Energy for All (SE4ALL) database from the SE4ALL Global Tracking Framework. World Bank, International Energy Agency, Energy Sector Management Assistance Program. Available at: <https://data.worldbank.org/indicator> [Accessed 24 Dec. 2017].
 89. Techopedia. What is the Digital Revolution? [online] Available at: <https://www.techopedia.com/definition/23371/digital-revolution> [Accessed 6 Jan. 2019].
 90. The Economist. The end of Moore's law. [online] Available at: <https://www.economist.com/the-economist-explains/2015/04/19/the-end-of-moores-law> [Accessed 9 Jan. 2019].
 91. These Are the World's Most Innovative Countries. Bloomberg. Available at: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-01-22/germany-nearly-catches-korea-as-innovation-champ-u-s-rebounds> [Accessed 05 Jan. 2019].
 92. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. *World Population Prospects: The 2017 Revision, Key Findings and Advance Tables*. 2017. Working Paper No. ESA/P/WP/248.
 93. Van der Woerd S., Haselager P. When robots appear to have a mind: The human perception of machine agency and responsibility. *New Ideas in Psychology*, 2017. November, p. 10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.newideapsych.2017.11.001>
 94. Vishnevsky V.P., Knjazev S.I. How to Increase the Readiness of Ukraine's Industry to Smart Transformations. *Наука та інновації*, 2018. № 14 (4). Pp. 55-69. DOI: <https://doi.org/10.15407/scin14.04.055>. WOS:000456680500005.
 95. Wayman, J., Jain, A., Maltoni, D., & Maio, D. *An Introduction to Biometric Authentication Systems*. Biometric Systems.

- Technology, Design and Performance Evaluation. Springer-Verlag London Limited, 2005, pp. 1-20. doi:10.1007/1-84628-064-8_1
96. Weatherbase. Available at: <http://www.weatherbase.com/weather/countryall.php3#>. [Accessed 05.05.2018].
97. World Bank, World Development Report 2016: Digital Dividends. Washington, DC: World Bank. 2016. DOI: 10.1596/978-1-4648-0671-1
98. Агаджанян А.С. Буддийский путь в XX веке: Религиозные ценности и современная история стран тхеравады. М.: Наука. Издательская фирма "Восточная литература". 1993. URL: <https://webshus.ru/20576> (дата обращения: 02.12.2018).
99. Аджемоглу Д., Робинсон Дж. А. Почему одни страны богатые, а другие бедные. Происхождение власти, процветания и нищеты; пер. с англ. Д. Литвинова, П. Миронова, С. Сановича. М.: АСТ. 2016. 693 с.
100. Амоша О.І., Ніколаєнко А.І. Національна інноваційна система України в контексті міжнародних порівнянь. Економічний вісник Донбасу. 2015. № 1 (39). С. 115-121.
101. Бахарева Т.В. Неформальные институты как объект научного анализа. Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2012. №. 5. С. 12-16.
102. Бекешкіна І., Казміркевіч П. Зробимо українське громадянське суспільство впливовим / Інститут громадських справ. Варшава, 2012.
103. Вишне夫斯基 В., Гончаренко Л., Гурнак А., Вишневская Е. Наднациональные модели налоговых систем: от Китая до Магриба (Китайско-Восточноазиатская, Индийско-Южноазиатская и Магрибско-Ближневосточная налоговые популяции): монография. М.: Магистр: ИНФРА-М, 2018. 272 с.
104. Вишне夫斯基 В.П., Князев С.И. Смарт-промышленность: перспективы и проблемы. Экономика Украины. 2017. № 7 (660). С. 22-37.
105. Вишневський В.П., Вієцька О.В., Гаркушенко О.М., Князев С.І., Лях О.В., Чекіна В.Д., Череватський Д.Ю. Смарт-промисловість в епоху цифрової економіки: перспективи,

- напрями і механізми розвитку: монографія; за ред. В.П. Вишневецького; НАН України, Ін-т економіки пром-сті. Київ, 2018. 192 с.
106. Голиченко О.Г. Национальная инновационная система: от концепции к методологии исследования. URL: <http://instituciones.com/innovations/2523-nacionalnaya-innovacion-na-ya-sistema.html> (дата обращения: 02.12.2018).
 107. Индекс готовности к будущему. Совместный проект международного дискуссионного клуба "ВАЛДАЙ" и ВЦИОМ. М., 2017. 25 с.
 108. Клейнер Г.Б. Системные основы цифровой экономики. Философия хозяйства: спец. выпуск. 2017, декабрь. С. 11-20.
 109. Кравченко С.И., Заниздра М.Ю. Типологизация базовых национальных инновационных систем. Экономика промышленности. 2019. № 1(85). С. 5-29.
 110. Красильников О. Ю. Анализ интернет-экономики на микроуровне. Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Экономика. Управление. Право. 2007. № 7 (2). С. 3-13.
 111. Кузнецов Д.В. Национальная инновационная система: проблема дефиниции. Транспортное дело России. 2009. № 10. С. 96-99.
 112. Николаенко А.І. Механізм забезпечення розвитку національної інноваційної системи України: автореф. дис. ... канд. екон. наук: 08.00.03. Київ, 2016. 24 с.
 113. Паппэ Я., Галухина Я. Российский крупный бизнес: первые 15 лет. Экономические хроники 1993-2008 гг. М.: Издательский дом ГУВШЭ, 2009. С. 213-216.
 114. Платонов В.В. "Парадокс Солоу" двадцать лет спустя, или об исследовании влияния инноваций в информационных технологиях на рост производительности. Финансы и Бизнес. 2007. № 3. С. 28-38.
 115. Путь к достижению всеохватывающего и устойчивого промышленного развития. Лимская декларация. 2014. URL: https://unido.org/sites/default/files/2014-04/Lima_Declaration_RU_web_0.pdf (дата обращения: 02.12.2018).

116. Романенко И.В. Формирование экономического механизма управления нововведениями на промышленном предприятии: автореф. дис. ... канд. экон. наук СПб.: Изд-во СПб ГУЭФ, 1992. 14 с.
117. Рюссманн М., Лоренц М., Герберт Ф., Вальднер М., Юстус Я., Энгель П., Харниш М. "Индустрия 4.0". Будущее производительности и роста в промышленности. VCG, 2015. 20 с.
118. Стрелец И.А. Сетевые блага: новые возможности и проблемы для предпринимательства. Мир новой экономики. 2009. №1 (3). С. 5-11.
119. Трансформаційний потенціал цифровізації економіки України": звіт про НДР (закл.) / Ін-т економіки пром-сті НАН України; кер. В.П. Вишневський; викон.: О.М. Гаркушенко та ін. К., 2018. 142 с.
120. Федулова Л., Пашута М. Розвиток національної інноваційної системи України. Економіка України. 2005. № 4. С. 35-47.
121. Фостер Р. Обновление производства: атакующие выигрывают: пер. с англ. / общ. ред. и вступит. ст. В.И. Данилова-Данильяна. М.: Прогресс, 1987, 272 с.
122. Хачатрян А.А. Рефлексия как принцип философского мышления. Вестник ВолГУ, 2003-2004. Серия 7, вып. 3. С. 13-22.
123. Шарко М. Модель формування національної інноваційної системи України. Економіка України. 2005. № 8. С. 25-30.
124. Шваб К. Четвертая промышленная революция. М.: Эксмо, 2016. 138 с.
125. Щетилова Т.В. Матрица эффективности как синтез результатов оценивания макроэкономического развития: концептуальный аспект. IN SITU. 2016. № 3. С. 35-38.

2. НАУКОВО-АНАЛІТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМІВ СТАНОВЛЕННЯ СМАРТ-ПРОМИСЛОВОСТІ В УКРАЇНІ

2.1. Обґрунтування напрямів становлення смарт- промисловості в Україні: концептуальні засади

Становлення смарт-промисловості – це тривалий процес системних трансформацій комплексного змісту, який охоплює практично всі стадії відтворювального, виробничого та продуктового циклів, усі рівні промислової структури (включно з інфраструктурною складовою), різні види виробництва (галузі), усі ключові виробничі фактори. Відтак, об'єктивно виникає проблема вибору пріоритетів (цільових, просторових, часових) відповідно до поставлених завдань і можливостей. Це потребує певного визначення інтересів (мотивів) та пріоритетів усіх зацікавлених у промисловому розвитку агентів (держави, бізнесу, суспільства) як бази обґрунтування напрямів смарт-стратегії та послідовності дій промислової політики стосовно методів та інструментарію досягнення цілей смартизації.

Головна мета обґрунтування – виявити ті вектори руху та концентрації зусиль і ресурсів, які можуть забезпечити досягнення результатів із необхідними (очікуваними) характеристиками для реалізації цілей подальшого розвитку базової системи (промисловість) та суміжних із нею (економічної, соціальної, екологічної). Системний підхід при обґрунтуванні потребує врахування інтересів усіх рівнів та об'єктів. Тобто напрями становлення смарт-промисловості мають свою специфіку для макроекономіки, промислового сектору та його галузей, адміністративно-територіальних утворень й економічних регіонів, а також для окремих підприємств, бізнес-структур, підприємців. Принцип комплексності передбачає функціональну (за функціями виробництва та управління) та факторну (факторно-компоненти та фактори-умови) інклюзивність обґрунтування. Першочергову увагу приділено загальнопромислому та галузевому рівням.

Для належного обґрунтування напрямів, з урахуванням особливості смартизації як довгострокового проєкту, пов'язаного з великими інвестиціями та комплексними інноваціями (у т. ч. поза межами промислового сектору), передусім слід визначитися із страте-

гічними цілями розвитку економіки та суспільства – чого маємо (бажаємо) досягти на основі нових організаційно-технологічних можливостей. Саме вони мають стати стратегічними орієнтирами (установками) для розробки національної концепції смарт-промисловості, а потім – для формування базових платформ якісно нової взаємодії у тріаді "суспільство-держава-бізнес" задля її успішної імплементації.

Актуальність стратегічної парадигми формування смарт-концепції зумовлена також тим, що наразі українська практика опрацювання різних концепцій (як економіки загалом, так і окремих секторів) часто "страждає" на історичну ностальгію за минулими економічними показниками та адміністративними механізмами державного управління. Тобто минуле розглядається як еталон або орієнтир.

За нинішніх революційних технологічних змін (четверта промислова революція – "4 IR") та глобальних цивілізаційних зрушень таке тяжіння до традицій швидше може відіграти роль гальма, ніж каталізатора у процесі розвитку. І проблема полягає не тільки в тому, що кардинально змінилися "сценарні обставини" (політичні, економічні, глобальні, локальні та ін.). Головна проблема – це зміна поколінь. Покоління, яке має підстави для ностальгії (історичну пам'ять, досвід), практично уже повністю вийшло (або незабаром вийде) за межі діючої економічної системи. А для нової продуктивної сили – людини XXI ст. – минуле є абстрактним, значною мірою чужим, а тому неприйнятним, перш за все – як дієвий посил, мотив до ефективної участі у суспільному виробництві.

Будь-які національні стратегії соціально-економічного розвитку мають бути максимально націлені на образи (моделі) майбутнього, контури якого окреслені вже зараз, а перші паростки зросли і є відчутними для цих нових учасників (агентів) сучасних модернізаційних процесів.

З урахуванням трендів глобалізації при розробці стратегічних орієнтирів для економіки України як основи смарт-трансформації промисловості доцільно орієнтуватися на домінуючі стратегії світового економічного та промислового розвитку, які визначають загальний вектор глобальних змін.

Наразі цей сучасний рамковий контекст промислового прогресу визначає визнана у міжнародному форматі стратегія всеохоп-

люючого, сталого та динамічного розвитку. Її головні орієнтири та завдання відображають концепції сталого розвитку і неоіндустріалізації на основі інноваційних моделей ("зеленої", "циркулярної" економіки та ін.). Тому при економічному обґрунтуванні слід брати до уваги саме взаємопов'язаність напрямів становлення смарт-сектору зі стратегічними цілями зазначеної парадигми глобального розвитку та потенційні наслідки (ефекти) для досягнення останніх у конкретних умовах національної економіки.

Становлення смарт-промисловості в Україні має здійснюватися у межах загального стратегічного курсу соціально-економічного розвитку країни на засадах неоіндустріальної концепції. Цей концептуальний посыл щодо обґрунтування смарт-стратегії є співзвучним із позицією дослідників [17; 45].

Неіндустріальна концепція передбачає, зокрема, системну реконструкцію промислового виробництва шляхом масштабної імплементації широкого спектру технологічних досягнень четвертої промислової революції (КТ, композитні матеріали, 3D-друк, технології штучного інтелекту, "хмарні обчислення", біоінжиніринг та ін.). У підсумку має відбутися формування новітніх організаційно-технологічних систем Industry 4.0 як основи високопродуктивної, гнучкої та динамічної економіки. Становлення смарт-промисловості пов'язане насамперед із домінантою інформаційно-комунікаційних інновацій у промислових системах та бізнес-моделях на основі розвитку штучного інтелекту, розподілених баз "великих даних", промислового інтернету речей (ІоТ), цифрових платформ е-комерції, що відображає процес інтелектуалізації та просторово-мережевої інтеграції виробництва.

Оскільки становлення смарт-промисловості є специфічним етапом загального процесу сучасного промислового розвитку, її напрями мають бути узгоджені з концептуальними моделями його інших складових, тобто коректно корелювати з цілями і завданнями інших компонентів промислової системи.

У рамках даного дослідження становлення смарт-промисловості розглядається головним чином як складова секторальної (промислової) стратегії розвитку, тому далі використовується також словосполучення "напрями смарт-стратегії".

Насамперед, становлення смарт-промисловості має бути узгоджене із загальною Стратегією розвитку промисловості України.

Упродовж 2017-2019 рр. проєкт Стратегії розвитку промисловості України "пережив" уже кілька робочих варіантів й етапів опрацювання. Основні стратегічні напрями як пріоритети державної промислової політики було озвучено на першій урядовій презентації проєкту Стратегії (вересень 2017 р.) керівником проєкту "Розвиток промисловості" Офісу реформ Кабінету Міністрів України О. Болібок. Вона відзначила, що секторальний підхід є актуальним у впровадженні так званого "смарт-регулювання", яке має бути одним із чотирьох базових напрямів промислової політики уряду разом із такими напрямками, як економічна децентралізація, індустрія 4.0 та енергоефективність промисловості.¹ Проте спільне рішення між Кабінетом Міністрів України та Верховною Радою України ще наразі не знайдено, а отже, Стратегію не ухвалено. Утім послідовною залишається орієнтація уряду на чотири цільових напрями розвитку промисловості – енергоефективність, просування технологій – індустрія 4.0, економічна децентралізація і смарт-регулювання промисловості (станом на березень 2018 р.)².

Для науково-аналітичного обґрунтування напрямів смарт-стратегії пропонується загальна концептуально-методологічна схема, яка містить такі основні предметні блоки аналізу:

особливості мотивації до промислової смартизації;

ідентифікація смарт-напрямів;

ключові чинники розвитку напрямів ("драйвери" та умови);

потенціал напрямів (основні наслідки/ефекти, формування нових можливостей – чинників зростання та конкурентних переваг);

¹ Міністерство економічного розвитку і торгівлі України (2017). *Мінекономрозвитку презентує Стратегію розвитку промисловості до кінця 2017 року*. [online] Available at: <http://www.me.gov.ua/News/Detail?lang=uk-UA&id=32d138a2-34c0-4136-9175%203376ccab80f5&title=MinekonomrozvitkuPrezentuStrategiiuRozvitkuPromislovostiDoKintsia2017-Roku> [Accessed 15 May 2019].

² Міністерство економічного розвитку і торгівлі України (2018). *Максим Нефьодов представив бачення Уряду щодо розвитку промисловості України в Парламенті*. [online] Available at: <http://www.me.gov.ua/News/Detail?lang=uk-UA&id=4a6c9681-706f-4e90-af67-09710f657411&title=MaksimNefodovPredstavivBachenniaUriaduSchodoRozvitkuPromislovostiUkrainiVParlamenti> [Accessed 15 May 2019].

імовірні ризики;

готовність до реалізації (вихідні умови).

Така послідовність аналітичного обґрунтування є універсальною для будь-якого рівня та суб'єкта промислової системи. Специфічний зміст для кожного з них обумовлений їх конкретними інтересами, завданнями, потенціалом для розвитку.

Особливості мотивації до промислової смартизації. Аналіз мотивації (спонукальної причини) до смартизації має суттєве значення для вироблення стратегії загалом і вибору окремих напрямів. За характером (змістом) вона тісно корелює з інтересами та цілями розвитку. Її інтенсивність зумовлена співвідношенням і ступенем "тиску" різних чинників впливу. Розкриття мотивів дає відповідь на питання про усвідомлення суб'єктом значення, цілеспрямованості стратегії чи певних дій – "для чого це потрібно?". Саме мотивація як "усвідомлена необхідність" певних устремлінь і дій сьогодні великою мірою визначає конкретний зміст (специфічність) й ефективність процесів будь-якого розвитку.

Чинники впливу на мотивацію можуть бути класифіковані за різними ознаками. У площині стратегічного підходу до промислового розвитку в умовах поглиблення глобалізації принциповим є розподіл чинників на внутрішні (локальні) та зовнішні (глобальні). Водночас у кожній із цих груп доцільно виокремити три базові прагматичні причини, які впливають на формування мотивації до промислових реформ: політичні (включно з безпековою складовою), економічні (у широкому спектрі цілей), соціальні. Для різних акторів промислової сфери "вага" цих аргументів відрізнятиметься. Проте мають бути виявлені "ареали спільності" локально-суб'єктних мотивів як основа формування загальної, внутрішньо узгодженої стратегії. У цьому аспекті актуальним предметом поглибленого дослідження може стати мотивація держави та бізнесу (у цілому та галузевих професійних спільнот, окремих бізнес-структур).

Крім розподілу мотивації на зовнішню і внутрішню (за сферою походження), можлива її типологізація за іншими ознаками: за часовим періодом – довго-, середньо- та короткострокова; за стратегічним призначенням – забезпечення конкурентного лідерства (повного чи секторально обмеженого, технологічного чи продуктового); проблемно орієнтована (подолання існуючих проблем); осво-

ення нових бізнес-моделей (ресурсоспоживання, бізнес-комунікацій із контрагентами, корпоративного управління тощо); за характером та масштабністю цілей – амбіційна, консервативна, помірна (інерційна).

Якщо аналізувати мотивацію з позицій різних економічних шкіл, то можна говорити про такі типи: технократична (мотив – найвища факторна віддача, перш за все від технологій), інноваційна (мотив – технологічне або продуктове лідерство, нарощування креативного потенціалу), інституційно-цивілізаційна (мотив – поліпшення інтегрованого простору/середовища для розвитку людини і суспільства). Така типологія певною мірою є умовною, однак може бути корисною у методичному аспекті.

Стосовно мотивації до становлення смарт-промисловості в Україні важливо відзначити факт домінуючої ролі зовнішніх чинників. Йдеться про такі глобальні виклики для розвитку світової економіки загалом і промисловості зокрема, як висока невизначеність і нестабільність розвитку, уповільнення темпів зростання, різкі геоекономічні та геополітичні структурні зрушення, зростання ресурсних обмежень, критичний рівень екологічних загроз від господарської діяльності, загострення соціально-економічної нерівності. З одного боку, українська економіка і промисловість унаслідок високого ступеня експортної орієнтованості змушені насамперед пристосовуватися до цих трендів; з іншого – вітчизняна промисловість (як і економіка в цілому) поки що не виявила "генетично-наслідкового" тяжіння до інновацій як джерела розвитку через дві основні причини – інерція історичної звички до зовнішнього примусу в умовах планового господарства та існування можливостей отримання рентних доходів унаслідок неконкурентних умов використання ресурсів (природних чи інституційно перерозподілених). Таким чином, технологічна еволюція промислової бази відбувалася і відбувається переважно як процес "вимушеної", зовнішньо мотивованої (генерованої ззовні) адаптації до технологічних змін.

Сьогодні ситуація з мотивацією до інноваційної активності поліпшується надзвичайно повільно, що може суттєво вплинути і на динаміку становлення смарт-промисловості. Можна говорити лише про те, що змінюються "ретранслятори" глобальних викликів, впливаючи на інтенсивність умотивованості вітчизняних промисло-

вих виробників. Наприклад, цю роль можуть відігравати ТНК, залучаючи окремих національних виробників у свої глобальні виробничі ланцюжки. Певний "тиск" для посилення мотивації видів промислової діяльності до запровадження смарт-технологій справляє також Угода про Асоціацію з ЄС – через зростання інтересу до виходу на ринок ЄС.

З урахуванням середньострокового потенціалу економіки є підстави очікувати, що зовнішній чинник (глобальні та регіональні тренди) залишиться визначальним для формування мотивації до інноваційного промислового розвитку в Україні. Утім позитив такої мотивації полягає в її спрямованості на стратегічні пріоритети.

Водночас необхідно послідовно формувати та зміцнювати підвалини для посилення внутрішніх чинників мотивації до реалізації смарт-стратегії. Головною умовою для цього є створення інституційного середовища, у якому можливе формування чіткої архітектури інтересів усіх акторів промислової діяльності, їх послідовна реалізація та захист. Йдеться насамперед про реальне становлення ефективної національної інноваційної системи, а також про системність формування і підтримки ефективного інноваційного попиту зі збалансованою структурою внутрішньої та експортної складових.

В оцінці характеру й інтенсивності мотивації важливо також дослідити ступінь конфліктності інтересів. Зв'язок видається досить очевидним: висока конфліктність послаблює мотивацію до змін. Особливо в умовах надмірно високої та зростаючої невизначеності перспектив національного і глобального розвитку. Тому подолання найбільш суперечливих інтересів між суб'єктами суспільства або бізнесу є важливою передумовою для формування чіткої та тривалої мотивації до запровадження смарт-інновацій.

Ідентифікація напрямів смарт-стратегії. Становлення смарт-промисловості може відбуватися за кількома напрямами залежно від обраних ознак систематизації. Узагальненими ознаками є технологічні характеристики (за базовими технологіями), цілеспрямованість (ефективність, модернізація, розвиток можливостей), структурні компоненти промислової системи (об'єктно-предметна локалізація), потенційні наслідки (ресурсозбереження, екологізація, соціально-трудова) та ін.

Найбільш поширеною типологізацією є технологічна, згідно з якою головними напрямками смартизації визнаються гнучка промислова автоматизація та роботизація (роботи й антропоморфні системи), технології штучного інтелекту, інформаційно-аналітичні мережі великих даних, промисловий інтернет речей (ІоТ).

Обираючи актуальні технологічні напрями промислового розвитку, доцільно звернутися до експертних прогнозів перспективних технологічних новацій, які стануть основою світової економіки найближчих 15-20 років. Наприклад, згідно з доповіддю Міжнародної ради щодо порядку денного у сфері майбутнього ІО та суспільства у межах ВЕФ 2016 визначено 21 напрям, за якими вже до 2025 р. буде досягнуто вирішальну точку в розвитку [63]. Серед них – практично необмежений доступ до послуг збереження й обробки даних у хмарних сервісах, зростання кількості підключених до інтернету датчиків до 1 трлн, прорив у використанні блокчейн-технологій для різних баз даних, значне просування штучного інтелекту у сферу кваліфікованої праці, зростання обсягів продукції, виробленої за технологіями 3D-друку та ін.

Водночас у площині економічного обґрунтування пріоритетного значення набуває систематизація напрямів смартизації за стратегічними цілями соціально-економічного розвитку національної економіки. У глобальному форматі ці цілі мають бути визначені з орієнтацією на адаптовані до українських реалій "Цілі сталого розвитку 2030", ухвалені на саміті ООН у 2015 р. [59].

Визначаючи цілі розвитку в національно-локальному форматі, певною мірою доцільно враховувати компаративні оцінки глобальних рейтингів (конкурентоспроможності, інновацій та ін.), а також внутрішні аналітично-експертні висновки щодо проблем, стратегічних завдань і реальних можливостей промислового розвитку в Україні.

З урахуванням глобального та національного контексту промислового розвитку пропонується такий синтетичний формат цільових напрямів становлення смарт-промисловості в Україні:

розвиток промислових виробництв (перехід до ефективних за технологічними і соціально-економічними критеріями моделей виробництва/споживання промислової продукції та послуг);

екологізація виробництва/продукції (на основі реалізації концепцій "зеленої" та "циркулярної" економіки, а також інших, еколо-

гічно безпечних моделей господарювання і довгострокового розвитку);

розвиток й ефективне використання людського капіталу як ключового чинника інформаційно-інноваційної економіки/промисловості (нова якість робочих місць, вищий рівень безпеки праці, структурне вдосконалення ринку праці, зростання вільного часу для відпочинку та самовдосконалення тощо);

оптимізація розвитку територій і громад на основі промислово-інфраструктурного смарт-середовища;

ефективна регіональна та глобальна інтеграція у світові промислові процеси та структури (зокрема GVCs & GSCs).

Ключові чинники розвитку напрямів (драйвери та умови). Аргументація актуальності окремих напрямів для промислової смарт-стратегії має враховувати аналітичні висновки щодо ключових чинників, які впливають на їх становлення і результативність. У загальному випадку ці чинники поділяються на універсальні (у площині розгляду смартизації як інноваційно-інвестиційного процесу) та специфічні (з урахуванням технологічних та інших особливостей смарт-інновацій).

Серед універсальних чинників впливу на розвиток смарт-виробництва важливими є макроекономічні параметри (стабільність і позитивна динаміка), структура промисловості та економіки, ринкові тренди, інвестиції, людський капітал, R&D. Серед універсальних макроекономічних чинників впливу слід акцентувати увагу на галузево-технологічній структурі промисловості та інноваційному попиті.

Теоретично доведено і практично визнано, що попит є драйвером розвитку економіки, роль якого зростає [36]. Його інноваційна складова (на нові технології та нову продукцію) має вирішальне значення у становленні та розвитку інноваційних секторів виробництва, а отже, у зміцненні глобальної конкурентоспроможності національних економік. У цьому можна перекоонатися, аналізуючи відповідні світові рейтинги (зокрема [40]).

В Україні "рушійний" потенціал попиту взагалі й інноваційного тим більше наразі є досить обмеженим – через негативні фінансово-економічні наслідки ринкових трансформацій, світової кризи 2008-2009 рр., деіндустріалізацію, специфіку політики доходів, значний дефіцит інвестиційних ресурсів тощо. Нерозвиненість

інноваційної складової попиту зумовлена також структурно-галузевими деформаціями (домінування низькотехнологічних виробництв первинної переробки сировини та матеріалів) і високою залежністю внутрішнього ринку від інноваційного імпорту. Тому є підстави розглядати питання структурного розвитку й активного формування інноваційного попиту в національній економіці як нерозривно взаємопов'язані та невідкладні в контексті становлення смарт-промисловості.

Більшість специфічних чинників – це елементи універсальних, інформаційно та інтелектуально насичених смарт-технологій. Наприклад, щодо людського капіталу – це чинники якості вищої та середньої спеціальної інженерної освіти, зайнятості в IT-секторі, трудової міграції кваліфікованих фахівців, рівня та міжгалузевих пропорцій оплати праці. Серед структурних чинників особливого значення набуває галузева структура виробництва за рівнем технологій, ступенем інноваційності, ринковою орієнтацією. Аналогічна ситуація з чинником R&D – для становлення смарт-виробництва надважливою є їх концентрація у певних галузях, зокрема, дослідження та розробка ІКТ, систем штучного інтелекту.

Крім чинників економічного характеру, важливе значення мають інституційні. Слід виокремити дві ключові групи: перша пов'язана із системами державного управління економікою (промисловістю), а друга – із законодавчо-нормативним урегулюванням використання ключового для технологій industry 4.0 ресурсу – інформаційного.

Що стосується чинників першої групи, то йдеться насамперед про якість державного управління (в аспекті забезпечення адекватної динаміки й обґрунтованості прийняття рішень, перш за все щодо стратегічного управління розвитком економіки та промисловості) і конкурентного середовища.

Інший бік питання якості державного управління – налагодження ефективної взаємодії у тандемі "держава-бізнес", побудованої за принципами довіри, збалансування інтересів, економічної відповідальності. Наразі такі механізми фактично не працюють або є неефективними, що стає стримуючим чинником для розробки і реалізації будь-яких взаємоузгоджених стратегій розвитку.

Основний чинник другої групи – це якість законодавчо-нормативного забезпечення комерційного використання інформацій-

них ресурсів, зокрема big data. Йдеться про реалізацію принципів "мережевої нейтральності" щодо різних операторів, доступності, у тому числі систем штучного інтелекту та інформаційних систем різного рівня, ефективної інтеграції всіх учасників і ресурсів інформаційного поля, формування та функціонування цифрових платформ як децентралізованих інституцій взаємодії, е-комерції тощо.

Багатогранність аналізу ключових чинників потребує окремого детального опрацювання, орієнтованого на чинники, визначені як найбільш проблемні в конкретних галузевих умовах.

Потенціал напрямів. Обґрунтування напрямів "смарт" має спиратися на аналіз досягнення можливого (припустимого для національної економіки) балансу між їх потенційними наслідками (ефектами) та ймовірними ризиками. Тому методологія аналітичного обґрунтування передбачає: по-перше, аналіз наслідків імплементації обраних напрямів (варіанти: кількісні або якісні оцінки можливих ефектів – приріст доходів, зайнятості, скорочення виробничих витрат та інших репрезентативних індикаторів; рейтингові прогностичні оцінки наслідків; імовірність вирішення завдань / досягнення мети розвитку); по-друге, аналіз потенційних ризиків.

Аналіз наслідків може здійснюватися з різним ступенем агрегації елементів промислової системи, структурованих за обраними ознаками: організаційно-господарський рівень (промисловість – галузь/виробництво – підприємство); макроекономічні сектори та індикатори (попит – пропозиція; проміжне споживання – додана вартість – експорт/імпорт); чинники виробництва (праця – капітал – технології); промисловий цикл (виробництво – відтворення, за функціональними стадіями); проблемний контент (ресурсна база; інвестиції – інновації; операційна ефективність; конкурентоспроможність). Наведено лише орієнтовний набір потенційних аналітичних об'єктів, який може змінюватися відповідно до побажань інституцій-розробників смарт-стратегії.

Наслідки/ефекти становлення смарт-промисловості різняться також за часовою ознакою (коротко- та довгострокові), що слід ураховувати при розробці смарт-стратегій для різних часових горизонтів.

Потенційні можливості смарт-технологій для промислового розвитку цілком логічно аналізувати через призму загальних на-

слідків технологічних новацій 4 IR. Першоджерелом для їх групування можуть стати відомі експертно-аналітичні дослідження [12; 16; 22; 43].

Основні організаційно-економічні ефекти технологічних напрямів смартизації забезпечуються за рахунок:

підвищення ефективності виробництва (унаслідок скорочення факторних витрат, збільшення обсягів продажів і доходів від реалізації, зменшення транзакційних витрат, диверсифікації та підвищення якості продукції тощо);

зміни формату обігу товарів, послуг, фінансового, інтелектуального капіталу (у результаті входження виробників до глобальних виробничих мереж, оптимальної виробничої спеціалізації та кооперації в межах світового розподілу праці, цифровізації виробничої та інфраструктурної мереж);

скорочення відтворювального та виробничого циклів (унаслідок поліпшення динаміки та якості R&D на базі "смарт" ІКТ, поглиблення науково-технічної інтеграції, усунення інформаційно-інтелектуальних обмежень людського чинника та ін.).

Масштаби та послідовність проявів ефектів залежать від організаційно-технологічних особливостей конкретного виробництва (галузі), характеристик смарт-проекту та процесу його впровадження.

Для аналізу й оцінки основних ефектів становлення смарт-промисловості загалом та її окремих напрямів пропонуються такі агреговані ключові індикатори:

параметри утворення інноваційної доданої вартості (обсяги, темпи, структура);

оптимальна (стратегічно ефективна) міжфакторна та міжгалузева реструктуризація капіталу, спрямована на розвиток наукоємної промисловості;

зростання капіталізації промислових активів (насамперед у високотехнологічних виробництвах).

У межах запропонованої структури агрегованих критеріїв ефективності напрямів смартизації має розроблятися детальніший набір показників-індикаторів з урахуванням об'єктної та галузевої специфіки, можливостей інформаційно-методичного супроводження аналітичного процесу.

З урахуванням пріоритетності розв'язання стратегічних завдань загальноекономічного і загальнопромислового значення доцільно акцентувати увагу на аналізі впливу смарт-виробництва на макроекономічні показники, глобальну конкурентоспроможність, інтеграційні та виробничо-коопераційні процеси, безпекову сферу.

Очікуваними макроекономічними наслідками становлення смарт-промисловості слід вважати зростання обсягів і темпів створення ВВП (у результаті збільшення продуктивності, структурного вдосконалення, поліпшення ресурсоефективності), підвищення рівня й удосконалення структури зайнятості, поліпшення зовнішньоторговельного балансу (зокрема, внаслідок збільшення інноваційної складової експорту та зменшення її частки в імпорті), активізацію інвестицій на основі власних джерел, зміцнення національної валюти (через зростання ВВП та оптимізації пропорцій експорту/імпорту).

Для української індустрії пріоритетними напрямками становлення смарт-промисловості слід вважати ті, які в першу чергу забезпечать якісні зрушення у структурі, ресурсоефективності та динаміці промислового виробництва (смарт-проекти у високотехнологічних галузях ОПК і ресурсоефективні смарт-технології в базових галузях).

Становлення смарт-виробництва має потенціал позитивного впливу на конкурентоспроможність на основі поліпшення якості продукції (за всіма функціональними та споживчими параметрами), всебічної орієнтації на запити ринку і конкретних споживачів, забезпечення оптимального співвідношення "якість/ціна", прискорення появи та реалізації інноваційних продуктових рішень, розширення ринків збуту у межах е-комерції тощо.

Ключові об'єкти смартизації для підвищення рівня промислової конкурентоспроможності – це освоєння смарт-продукції у високотехнологічних галузях, де Україна ще має певний потенціал (перш за все аерокосмічна, авіа- та суднобудування), упровадження новітніх обробних технологій у машинобудуванні, а також реалізація проектів розвитку цифрових інфраструктурних мереж.

Як зазначено вище, становлення смарт-виробництва може сприяти прискореному розвитку нових регіонально-глобальних схем виробничої кооперації національних товаровиробників, а також різновекторній і багатофункціональній інтеграції у світові про-

мислово-економічні процеси та структури. У даному аспекті пріоритет повинні мати напрями, пов'язані зі створенням інформаційно-комунікаційних систем для управління та організації виробництва з використанням великих даних, цифрових платформ е-комерції.

У сучасних умовах особливого значення мають смарт-напрями, наслідки яких визначають якість і динаміку розвитку безпекового сектору держави. У цьому контексті практично будь-які напрями смарт-інновацій можуть вважатися пріоритетними для включення у промислову смарт-стратегію – запровадження продукції і виробничо-управлінських систем зі штучним інтелектом, роботизованої техніки, безлюдних комплексів тощо.

Запропоновані принципи класифікації об'єктів аналізу, економічних наслідків/ефектів і критеріїв-індикаторів створюють методичне підґрунтя для алгоритмізації та організаційного впорядкування процедур визначення напрямів смарт-стратегії.

Імовірні ризики. Закономірним явищем будь-якого розвитку є ризики як у формі потенційних загроз, так і конкретних втрат. На етапі обґрунтування напрямів смарт-стратегії доцільно зосередитися переважно на якісній оцінці потенційних загроз для поточного функціонування та стратегічного розвитку національної промисловості.

В умовах виразних трендів світової науково-технічної та інформаційно-технологічної нерівності смарт-технології (як і інші здобутки 4 IR) створюють для національної економіки/промисловості певні ризики інтелектуального неокolonіалізму. Технологічно просунуті країни та фірми, випереджаючи загальний тренд, створюють й експортують інтелектуально насичені ІКТ, реалізуючи додаткові можливості для формування різновиду технологічної ренти – інтелектуальної та її переливання у свої економіки. Тим самим відсталі економіки потрапляють у сферу економічних інтересів розвинутих країн, а отже, у залежність від них. Проте цей процес стає все менш передбачуваним, оскільки той самий технологічний прогрес і його високий динамізм швидко змінюють склад лідерів та аутсайдерів. Особливо в окремих промислових секторах, що кардинально змінює геоекономічну, а за нею і геополітичну архітектуру, розподіляє світ на конкуруючі технологічно сфери впливу.

В Україні є передумови для такого ризику, оскільки наразі рівень розвитку власної пропозиції науково-технологічних розробок,

необхідних для смартизації, є недостатнім (хоча сектор ІКТ демонструє чи не найліпшу динаміку й ефективність у національній економіці). У той же час, за умови реалізації ефективної моделі зростання цього сектору, а також сфери R&D і ринку праці, промисловість України має шанс не тільки нейтралізувати цей ризик, але і потрапити у коло бенефіціарів інтелектуальної ренти, створюючи конкурентоспроможні смарт-продукти та послуги.

Ще один аспект аналізу потенційних ризиків зумовлений визнанням смарт-промисловості як інтегрованої системи інформаційно-комунікаційних мереж виробництва і розподілу. Тому методологічний "ключ" такого аналізу перебуває у площині ризиків, безпосередньо пов'язаних із використанням інформації. Однак, крім того, можна також очікувати на трансформацію традиційних економічних ризиків в умовах інформатизації та цифровізації. Так, наразі серйозну загрозу для національної економіки становить товарна залежність від зовнішніх ринків (у частині експорту промислової продукції та ресурсного імпорту). При становленні смарт-промисловості вона з високою імовірністю може бути посилена ще й інформаційною залежністю, оскільки так звані big data значною мірою матимуть нерезидентне походження, а отже, їх використання супроводжуватиметься як зростанням відповідних фінансових витрат, так і можливими "інформаційними пастками" (ризиками).

Таким чином, проблема (загроза) економічної залежності та пов'язаних із нею ризиків не знімається з порядку денного промислового розвитку України. Скоріше за все вона трансформується – як предметно (від ризиків матеріального генезису до віртуального, інформаційного), так і географічно (залежно від того, з якими агентами на ринку інформаційно-комунікаційних послуг матиме справу вітчизняна промисловість).

Найбільшу увагу привертають ризики для зайнятості та ринків праці. На національному та глобальному рівнях можна зустріти досить суперечливі прогностичні оцінки щодо наслідків імплементації технологічних здобутків 4 IR. Спільною є точка зору, згідно з якою кардинальні зміни у структурі зайнятості неминучі як результат масштабного зникнення одних робочих місць та появи інших, які потребують інших навичок і компетенцій. Щодо підсумкового балансу цих змін, то думки дослідників й аналітиків розходяться досить помітно: від оптимістичних очікувань великої кількості робіт-

ників "нової якості" до песимістичних прогнозів значного вивільнення працюючих у реальному виробництві та зумовленого цим ризику зростання безробіття як соціально-економічної проблеми. Крім ризику надмірного безробіття, є також очікування ризику поглиблення диференціації доходів зайнятих у технологічно різних секторах.

Слід відзначити, що для вітчизняних реалій соціально-трудо́ві ризики можуть виявитися значно відчутнішими, ніж в індустріально розвинутих країнах, де працівники в цілому більш адаптовані до інноваційних моделей розвитку. Тому варто підкреслити надзвичайну актуальність поглибленого аналізу наслідків смартизації для всіх аспектів трудових відносин з метою формування дієвої програми превентивних заходів соціальної підтримки робітників.

Готовність до реалізації смарт-напрямів. Етап аналізу готовності до смартизації має на меті виявити особливості вихідних умов, у яких різні суб'єкти починають практичну реалізацію смарт-стратегії. Аналіз та оцінку готовності до реалізації смарт-стратегії загалом і за обраними напрямками зокрема пропонується здійснювати в таких аспектах:

мотиваційна зрілість ключових суб'єктів (відповідність інтересів і цілей загальній смарт-стратегії);

ресурсне забезпечення (обсяги та якість необхідних виробничих ресурсів – енергетичних, матеріальних, трудових, фінансових; часові ліміти);

науково-технологічне забезпечення (розвиток R&D, доступність зовнішніх ринків техніко-технологічних інновацій);

можливості використання чинників-драйверів і нейтралізації/подолання обмежень (ризиків) для вирішення завдань за напрямом (параметри і тренди ринкового попиту, умови конкуренції, наявні конкурентні переваги);

інституційні умови (особливості державної політики, розвиток специфічних для реалізації напрямку інститутів, законодавчо-нормативна база).

Мотиваційна зрілість. Як зазначено вище, мотивація до змін виконує важливу роль у формуванні стратегії розвитку та забезпеченні її успішності. При цьому принциповим є питання про спрямованість і ступінь реального усвідомлення основними агентами, за-

діяними у промисловості, власних мотиваційних устремлінь. Рівень мотиваційної готовності до становлення смарт-промисловості доцільно оцінювати насамперед за наявністю стратегічної складової.

На загальнодержавному рівні як ключових агентів інноваційного розвитку виокремлено суспільство, державу і бізнес, оскільки саме вони, по-перше, є носіями національних економічних інтересів, а по-друге, мають можливості та повноваження для вироблення і практичної реалізації національної стратегії промислового розвитку.

Мотиваційну зрілість українського суспільства щодо сприйняття нової моделі промислового виробництва наразі не можна оцінити однозначно. З одного боку, суспільний запит на кардинальні зміни в економіці як джерело зростання добробуту давно поставлено на порядок денний; з іншого – відсутність більш-менш відчутних результатів від попередніх трансформацій в економіці зумовлює втрату суспільної зацікавленості й довіри до чергових стратегій і програм. У випадку смарт-модернізації промисловості превалюють негативні очікування стосовно втрати робочих місць та зростання безробіття. Тому у площині розвитку смарт-промисловості суспільство є помірно вмотивованим, переважно як "колективний споживач" (а не виробник) смарт-продукції. Слід підкреслити, що вільний доступ до імпорту смарт-товарів і відкритість світового ринку праці суттєво послаблюють мотивацію суспільства до внутрішніх інноваційних змін. Сьогодні більш значущим чинником формування стратегічної складової суспільної мотивації до промислової смартизації стало загострення ситуації з безпекою та суверенітетом держави, що потребує дійсно стратегічних рішень та дій для розвитку економіки і перш за все – промисловості.

На мотиваційну готовність держави вирішальний вплив мають два основних чинники: глибина соціально-економічних проблем (бюджетні проблеми, рівень життя, зайнятість, екологічні загрози тощо) та вичерпаність традиційних шляхів їх розв'язання. Домінує бюджетно-фінансова мотивація, "прив'язана" до поточної ситуації, – необхідно забезпечити різке зростання податкових надходжень, поліпшити пропорції зовнішньоторговельного та платіжного балансів, збільшити доходи населення. Певне посилення стратегічних мотивів зумовлене актуалізацією інтересів національної безпеки і державного суверенітету. Проте дійсно стратегічний рі-

вень мотивації держави до інноваційного розвитку промисловості, зокрема на базі смарт-технологій, не можна вважати достатнім, хоча б тому, що цілісного образу "промисловості майбутнього" в Україні ще не сформовано.

Мотиваційні характеристики вітчизняного бізнесу формуються переважно під зовнішнім тиском посилення глобальної конкуренції, гео економічних структурних змін, нестійкості та невизначеності тенденцій промислового розвитку. Стратегічна орієнтація мотивації, безумовно, тісно корелює з масштабами та структурними особливостями конкретного виробництва, присутністю на глобальних ринках, наявними інвестиційними ресурсами. Проте основним у мотиваційному механізмі залишається чинник комерційної ефективності – потенційне зростання виробництва, обсягів продажів, прибутків тощо.

Мотивація бізнесу до стратегічних інноваційних рішень (зокрема смарт-проектів) наразі суттєво обмежується невизначеністю ринків і нестабільністю процесів економічного розвитку загалом. Крім того, на послаблення стратегічного компоненту мотивації впливають чинники форми власності та рівня монополізації. У державних корпораціях мотивація до впровадження інноваційних стратегій розвитку об'єктивно є пасивною – у межах директивних настанов і бюджетів розвитку. Тому мотиваційна готовність цього сектору визначається нині (і визначатиметься в майбутньому) якістю державної промислової політики й управління державною власністю. Мотивація приватного бізнесу залежить від якості корпоративного менеджменту і бачення майбутніх перспектив на ринках нової продукції та у глобальних виробничих структурах. Мотиваційна готовність бізнесу до реалізації інноваційних стратегій, у тому числі "смарт", може бути вищою за умов надійного захисту прав власності, прийнятного (помірного) фіскального тиску, стимулюючої інвестиційно-кредитної політики. Водночас високий рівень монополізації галузевих ринків відіграватиме стримуючу роль у формуванні стратегічної вмотивованості бізнесу до масштабної смартизації, оскільки зберігатимуться джерела рентних доходів. У цьому аспекті диференціація промислових галузей за ознакою мотиваційної готовності є доволі помітною, відповідно до особливостей конкурентного середовища.

Крім вищезазначеного, стратегічна складова мотивації бізнесу може посилитися лише при досить високому рівні соціальної мотивації бізнес-еліти. Не тільки щодо загальноновизнаних трактувань соціальної відповідальності (хоча це вихідний пункт), але і щодо реальної зацікавленості в розвитку суспільства і країни (а не лише власних доходів). Приклади такої відповідальності надає сьогодні бізнес промислово розвинутих країн, висуваючи на перший план стратегій неоіндустріального розвитку саме соціогуманітарні цілі та завдання.

Ресурсне забезпечення. При обґрунтуванні напрямів смартизації не можна обійти питання ресурсного забезпечення. З урахуванням інноваційної інформаційно-комунікаційної природи новітніх смарт-технологій на перший план такого аналізу висуваються проблеми наявності, якості, вартості ІКТ та інших сучасних промислових технологій (адитивних, лазерних, біоінжинірингу та ін.) відповідно до структурно-галузевих особливостей національної промисловості.

У цьому контексті становлять інтерес дані Держслужби статистики України щодо використання ІКТ за видами економічної діяльності у 2017 р. [48].

Кожне четверте підприємство в економіці, яке використовувало комп'ютери, належить до обробної промисловості – код С (подальшу статистику надано для цієї групи підприємств). Проте майже 4,5% обстежених підприємств обробної промисловості не використовують комп'ютери.

Частка підприємств обробної промисловості, які мали вихід у мережу Інтернет, у загальній кількості по економіці становить 25%. Серед підприємств галузі, які використовували комп'ютери, 98% мали вихід до мережі Інтернет; із них 71% – через ширококутний доступ, а 25% – через мобільні пристрої. Частка підприємств, які мали локальні мережі, дорівнює 62%.

Інтернет використовується переважно для поштового зв'язку (майже 99% підприємств обробної промисловості з доступом до мережі), здійснення банківських операцій (97%), отримання інформації про товари і послуги (91%) й органів державної влади (80%).

Майже половина (49,5%) обробних підприємств із доступом в Інтернет мали веб-сайт, який забезпечував обслуговування клієнтів (42% підприємств), посилення на підприємства в соціальних

медіа (17,7%), формування замовлень споживачів у режимі онлайн (12,4%), оголошення про трудові вакансії (11,8%), спостереження за статусом розміщених замовлень (11,1%) та ін.

Послуги хмарних обчислень купували упродовж року 9,3% підприємств, які мали доступ до мережі; з них за видами послуг (частка підприємств): фінансові або бухгалтерські прикладні програми – 57,8%, електронна пошта – 53,4, офісне програмне забезпечення – 42,2, сервіс для зберігання файлів – 36,4, хостинг бази даних – 35,5% та ін. Детальніше аналітичні порівняння тенденцій розвитку ІКТ в Україні та світі розглянуто у публікації [47].

Вибудовування складних промислових смарт-систем на рівні окремих підприємств, корпорацій, регіонів потребує насамперед локально-виробничого впровадження смарт-устаткування та смарт-комплексів із характеристиками industry 4.0.

Сьогодні ринки такої техніки і технології розвиваються досить швидко, особливо це стосується робототехніки, принтерів 3D, лазерного устаткування, систем штучного інтелекту (AI-технологій) тощо (вставка 2.1). Їх якість також задовольняє основні вимоги сучасного виробництва.

Науково-технологічна та виробнича інтеграція сприяє розширенню кола виробників і конкуренції між ними, що, у свою чергу, зумовлює поліпшення цінкових трендів на цих ринках і постійне підвищення якості високотехнологічної продукції. Разом з тим вітчизняна складова на цьому ринку є незначною. І це не тільки послаблює загальну спроможність до становлення смарт-виробництва, але і створює підвалини для ризиків технологічної залежності та пов'язаних із цим соціально-економічних втрат (переливання створеної у промисловості/економіці вартості, консервація статусу вітчизняних виробників як низькотехнологічних "сателітів" глобальних корпорацій і виробничих мереж, подальша деградація ринку праці за кваліфікаційними характеристиками тощо).

Не менш важливими є енергетичний та кадровий аспекти ресурсного забезпечення. З точки зору споживання електроенергії промисловість була і залишається великим, але низькоефективним споживачем. Перехід до сучасних виробництв рівня industry 4.0 апriori розглядається як шлях до зростання енергоефективності промисловості.

Вставка 2.1.

Ринки промислової робототехніки та AI-технологій

Ринок промислової робототехніки. За даними Міжнародної федерації робототехніки (IFR), у 2017 р. обсяг ринку промислової робототехніки досяг 16,2 млрд дол., і він швидко зростає [11]. У тому ж році було продано 381 тис. промислових роботів (ПР). За прогнозами IFR, до 2021 р. обсяги продажів зростуть до 630 тис. Якщо у 2017 р. на виробництвах перебувало в експлуатації майже 2,1 млн роботів, то, за тими самими оцінками, у 2021 р. показник зросте до 3,8 млн шт. (очікувані щорічні темпи зростання – 16%). За географією продажів і використання ПР лідирує Азіатсько-Тихоокеанський регіон – 262, Америка – 66 (у т. ч. США – 33), Європа – 42 тис. шт. Основними країнами – споживачами робототехніки є Китай, Японія, Південна Корея, США та Німеччина (сумарний обсяг становить 73% світового ринку).

Як правило, попит на ПР стимулюється розвитком автомобілебудування та споживчої електроніки. На автогалузь у даний час припадає 33% усіх роботів у промисловій експлуатації. Значний парк ПР функціонує на виробництвах електроніки (32% продажів у 2017 р.), машинобудування і металургії (10%), хімічної та харчової промисловості.

Масштаби роботизації вимірюються показником "щільність" – кількість ПР на 10 тис. робітників у виробництві. У 2017 р. середньосвітовий показник щільності роботизації зафіксовано на рівні 85 ПР, у Європі – 106, Америці – 91. В окремих країнах він у рази більше: Південна Корея – 710, Сінгапур – 658, Німеччина – 322, Японія – 308, Швеція – 240 ПР на 10 тис. робітників. У РФ цей показник у 2018 р. склав лише 4 ПР [61].

Показово, що, наприклад, Китай суттєво та швидко нарощував використання ПР на основі імпорту з подальшою локалізацією на своїй території відповідних виробництв відомих світових фірм і розгортанням власного виробництва.

Ринок AI-технологій. За оцінками експертів, нині обсяг світового ринку AI-технологій (залежно від методів розрахунку) становить від 100 млрд до 1,2 трлн дол., а очікуваний щорічний темп зростання – майже третину [62].

Проте при реалізації оптимістичного сценарію промислового розвитку в Україні (як і у світі загалом) енергоспоживання матиме зростаючий тренд за обсягами та посилення вимог до надійності (якості) надходження енергоресурсу. Зокрема, "просторово-мережева" структура смарт-виробництва об'єктивно зумовлює високу мультиплікацію економічних втрат при будь-яких нестандартних ситуаціях в енергозабезпеченні. Це потребує додаткового узгодження відповідних галузевих стратегій розвитку та поліпшення регуляторної політики в даній сфері. Так, сьогодні однією з найбільш відчутних проблем для вітчизняного бізнесу є законодавчо-нормативне врегулювання механізму підключення до енергомереж в умовах монополістичного ринку.

З урахуванням проблем в енергетичному секторі України (сировинних, технологічних, інституційних, цінових) слід наголосити на важливості прискореного вирішення завдань його розвитку як передумови становлення смарт-промисловості в Україні.

Не менш важливим та складним завданням у контексті становлення смарт-промисловості є якісне кадрове забезпечення. У вітчизняних публікаціях, присвячених ринку праці загалом і його структурним аспектам зокрема, висвітлюється проблема дефіциту висококваліфікованих кадрів у промисловості, спричинена демографічними тенденціями, зростанням трудової еміграції, незадовільною якістю освіти, втратою інтересу молоді до роботи на виробництві.

У зв'язку з вищезазначеним доцільно звернутися до даних Держслужби статистики України стосовно використання ІКТ за видами економічної діяльності у 2017 р. [48].

В обробній промисловості частка середньої кількості працівників (включаючи штатних та позаштатних), які використовували комп'ютер, у % до середньої кількості працівників підприємства складала лише трохи більше третини – 35,2% (по економіці – 34,9%). Із них (працівників) тільки 52,4% мали доступ до мережі Інтернет. Лідерами стали галузі "інформація та телекомунікації" (80%), "професійна, наукова і технічна діяльність" (68,4%), "надання інших видів послуг" (77,3%), "оптова та роздрібна торгівля" (48,6%).

Лише чверть (26%) підприємств обробної галузі мали фахівців з ІКТ, і тільки кожне десяте з обстежених здійснювало набір фахівців з ІКТ.

Утім смарт-виробництва потребують фахівців якісно іншого рівня підготовки, насамперед, у частині сучасних ІКТ, впровадження систем безперервної освіти впродовж життя, посилення мобільності кадрів. Розв'язання проблеми кадрового забезпечення смарт-промисловості можливе при скоординованому реформуванні систем освіти, політики зайнятості та оплати праці.

Безумовно, надто важливим аспектом аналізу готовності є оцінка можливостей фінансового забезпечення. Оскільки смарт-проекти, як правило, є капіталоемними та довгостроковими, постає питання залучення з різних джерел значних обсягів саме довгострокових інвестицій. Як свідчить офіційна статистика та відзначають науковці й аналітики, саме з цим наразі існують значні проблеми. Це є важливою ознакою недостатнього рівня готовності промисловості загалом для здійснення масштабних інноваційних стратегій розвитку.

Утім інвестиційна проблема зумовлена не стільки дефіцитом коштів (достатньо згадати, який обсяг коштів обертається поза банківською системою – у тіні та в населення), скільки невизначеністю перспектив розвитку, попиту, ризиків, відсутністю дієвих механізмів спрямування інвестицій у реальний сектор і державної підтримки інноваційно-інвестиційної діяльності.

Сучасна структура капіталовкладень в економіку України свідчить про надзвичайно негативну ситуацію з рухом до інноваційно-інформаційної моделі розвитку. Зокрема, за даними Держслужби статистики України [50], у 2018 р. капітальні інвестиції у матеріальні активи по економіці склали 91,1%, у нематеріальні – лише 6,7%, з них у програмне забезпечення та бази даних – 2% від загального обсягу. Разом з тим позитивом є переважне вкладення інвестицій у нові активи – 68,2% по групі матеріальних активів та 90,8% – по нематеріальних.

Щодо джерел фінансування, то ключовим залишаються власні кошти підприємств та організацій. Так, у 2017 р. частка державного бюджету у фінансуванні капіталовкладень у промисловості (135,6 млрд грн) становила лише 0,4% від освоєних обсягів (510,7 млн грн). У 2018 р. вона зменшилася до 0,2%. Частка кредитів

комерційних банків у фінансуванні капітальних інвестицій в економіку протягом 2010-2017 рр. скоротилася вдвічі – з 12,7 до 6,6%.

Про особливості фінансування інновацій на промислових підприємствах України свідчать дані Держслужби статистики України [49]. У 2017 р. на інновації підприємства витратили 9,1 млрд грн, у тому числі на придбання машин, обладнання та програмного забезпечення – 5,9 (65%), на внутрішні та зовнішні науково-дослідні розробки – 2,2 (24%), на придбання інших зовнішніх знань (придбання нових технологій) – 0,02 та на інші роботи, пов'язані зі створенням й упровадженням інновацій (інші витрати), – 1,0 млрд грн.

Основним джерелом фінансування інноваційних витрат у 2017 р. залишалися власні кошти підприємств – 7704,1 млн грн (84,5% загального обсягу витрат на інновації). Кошти державного бюджету отримали 8 підприємств, місцевих бюджетів – 17 у загальному обсязі 322,9 млн грн (3,5%); кошти вітчизняних інвесторів отримали 5 підприємств, іноземних – 3, загалом їх обсяг становив 380,9 млн грн (4,2%); 21 підприємство скористалося кредитами в обсязі 594,5 млн грн (6,5%).

Аналітичні дані дозволяють дійти висновку про те, що інвестиційне забезпечення становлення смарт-виробництва цілком залежить від фінансового "оздоровлення" економіки і промисловості, а в середньостроковій перспективі потребує різносторонньої підтримки та стимулювання з боку держави.

Науково-технологічне забезпечення. При розгляді питання ресурсного забезпечення підкреслено значення розвиненості та доступності ринків інноваційної продукції. Проте світова практика свідчить, що зазвичай в авангарді технологічного прогресу опиняються країни, де є розвинутий сектор R&D, здатний постійно пропонувати власні якісні розробки нової техніки і технологій. Розвиток та сучасний стан вітчизняного сектору R&D характеризуються негативними трендами за останні майже три десятиліття – і щодо обсягів витрат, і щодо кількості фахівців, і, як результат, щодо якості й ефективності науково-технічних розробок.

Зокрема, за даними Держслужби статистики України, у 2017 р. 15,5% нових технологій було придбано за кордоном (129 з 832), 37% – як результат досліджень та розробок. У той же час лише 8 підприємств створили нові технології, з яких 59 передані іншим підприємствам, у тому числі 2 – за кордон [49].

Для поліпшення ситуації необхідно зосередитися на двох напрямках дій – усебічне державне сприяння розвитку вітчизняного сектору R&D (у т. ч. у межах розвитку міжнародного науково-технічного простору) та забезпечення в середньостроковій перспективі широкого доступу виробників до світового ринку інноваційних розробок.

Можливості використання чинників-драйверів та нейтралізації/подолання обмежень (ризиків). Вище розглянуто основні універсальні та специфічні (для процесів смартизації) чинники-драйвери, які можуть певним чином вплинути на перебіг реалізації смарт-стратегії, а також найбільш імовірні ризики, які потребують аналітичних оцінок. Частково можливості використання ресурсного чинника розкрито при аналізі наявних інвестицій, науково-технологічних розробок, окремих характеристик задіяного людського капіталу. Слід ще раз підкреслити, що обмеженими залишаються можливості задіяння структурного чинника для становлення смарт-виробництва, оскільки структура промисловості України за видами виробництва не відповідає світовим трендам щодо галузевого впровадження інноваційних смарт-технологій. Загальна інноваційна активність підприємств як така може відіграти певну позитивну роль драйвера, однак для цього потрібно реалізувати також низку системних стимулюючих заходів з боку держави, на які потрібні час і гроші.

Можливості нейтралізації негативів (ризиків), які сьогодні можна розглядати як очікувані, обмежуються, з одного боку, недоопрацьованістю стратегічних аспектів промислового розвитку, а з іншого – дефіцитом фінансових ресурсів для компенсаторних механізмів, насамперед у соціальній сфері.

Більш обґрунтований аналіз можливостей використання чинників і нейтралізації ризиків є доцільним у контексті розвитку конкретних галузевих виробництв, підприємств, промислових територіальних комплексів.

Інституційні умови. З урахуванням стратегічної цілеспрямованості системних смарт-перетворень, а також їх структурної складності (об'єктно-суб'єктної, цільової, предметної тощо) концептуально слід виходити з того, що головну інституційну роль модератора та координатора має відігравати держава (у межах закріп-

лених за законодавчою та виконавчою владою функцій і повноважень у сфері стратегічного планування, координації та регулювання соціально-економічного розвитку) при дотриманні принципу консенсусу інтересів на основі повномасштабного діалогу з бізнесом і суспільством. Світовий досвід підтверджує, що без державних ініціатив, відповідної фінансово-економічної та регуляторної підтримки аналогічні масштабні проєкти не мають належної динаміки й ефективності або навіть залишаються на рівні сценарних розробок.

Вітчизняні державні інституції недостатньо готові до виконання своїх стратегічних функцій. Як зазначено вище, наразі навіть не затверджено на компетентному рівні державної влади Стратегію розвитку промисловості як рамкову урядову ініціативу. Раніше розроблені галузеві стратегії втрачають свою актуальність й адекватність новітнім трендам і потребам розвитку економіки.

Готовність інституту держави визначається також можливостями бюджету та рівнем політичної довіри до нього. Сучасний стан цих чинників не сприяє формуванню якісної смарт-стратегії та її успішній реалізації.

Впливовим чинником, який характеризує інституційну готовність до становлення смарт-промисловості, є стан конкурентного середовища – і загалом, і в окремих промислово-виробничих сегментах. Якість конкуренції може суттєво вплинути на процес смартизації – на цілі, завдання, динаміку, а також результати. Причому йдеться не тільки про ринкову конкуренцію, але і про інститут політичної конкуренції, який впливатиме на стратегічні пріоритети і бюджетні параметри смарт-стратегії та окремих проєктів через механізми лобювання.

Насамперед важливо включити до смарт-стратегії ті напрями, де чинник економічної конкуренції може забезпечити динамічне зростання ефективності виробництва як ключової мети. Йдеться про галузі/виробництва, які працюють на ринках із розвинутим конкурентним середовищем.

У результаті узагальнення наведених положень з обґрунтування смарт-стратегії для промисловості України зроблено такі висновки щодо становлення ключових технологічних смарт-напрямів.

Промислова роботизація

Функціонально-цільове призначення – працевзаміщення (переважно у фізично важких, небезпечних, монотонних і прецизійних виробництвах).

Головні аргументи щодо стратегічної актуальності: критична демографічна ситуація; вплив робочих кадрів; активні процеси трудової еміграції; тренди зниження середньостатистичного рівня підготовки кадрів; перехід до концепції високих стандартів оплати праці; посилення вимог до соціальної відповідальності бізнесу; зростання вимог до швидкості й точності технологічних операцій. Доцільно також урахувати високу динаміку роботизації у ПРК та країнах, що швидко розвиваються (зокрема, Китай): подальше відставання від світового тренду може дуже негативно вплинути на глобальну конкурентоспроможність вітчизняної промисловості.

Потенційні сфери промислового використання:

в основних виробничих процесах – сировинно-, матеріалообробні, збиральні, контрольно-вимірювальні технології; вантажно-підйомні та транспортувальні процеси;

в інфраструктурних виробничих процесах – обслуговування та ремонт устаткування і споруд; складське господарство; виробнича та внутрішньозаводська логістика.

Соціально-економічні наслідки: абсолютне та структурне скорочення чисельності зайнятих, насамперед у важких, важкодоступних і небезпечних виробництвах; нейтралізація негативного антропогенного впливу на якість продукції та безпеку виробництва; компенсація недоліків ринку праці – дефіциту висококваліфікованих кадрів, трудової еміграції; оптимізація витрат на оплату праці.

Штучний інтелект

Функціонально-цільове призначення – працевзаміщення (переважно у сфері інтелектуально-управлінської праці); оптимізація виробничо-технологічних та організаційно-економічних процесів.

Головні аргументи щодо стратегічної актуальності: вплив висококваліфікованих фахівців із промислового сектору; "розрив" між фактичним рівнем управління та сучасних вимог до нього в умовах зростання невизначеності й динамічності економічних систем; високодинамічне зростання "інформаційної ємності" виробничих та управлінських процесів (понад середні можливості

людини); збільшення вимог до індивідуалізації (персоналізації) продукції з відповідним розширенням зв'язків "виробник-споживач"; розвиток тренду "просторової ентропії" промислового виробництва; реалізація мережевих структур виробничої взаємодії.

Потенційні сфери промислового використання:

в інформаційно-комунікаційній сфері – аналітичні, управлінські, комунікативні процеси, побудовані на мережевих засадах та використанні технологій обробки й аналізу даних (зокрема, системи клієнтської підтримки, ризик-менеджмент, е-комерція та ін.);

в управлінській та креативно-дизайнерській сфері – проєктування продукції, оптимізація бізнес-моделей, технологічних, логістичних, сервісних процесів; підготовка персоналу;

у виробництві – моніторинг, контроль і регулювання техніко-технологічних систем, устаткування, якості продукції; оптимізація технологічних процесів.

Соціально-економічні наслідки: абсолютне скорочення та/або структурна оптимізація зайнятих, насамперед у сегментах "технічної" управлінської праці; нейтралізація негативного антропогенного впливу на управлінські процеси (у тому числі послаблення/ліквідація передумов для протиправної діяльності та конфліктних ситуацій); компенсація недоліків ринку праці (дефіциту висококваліфікованих кадрів, трудової еміграції).

Промисловий інтернет речей (IIoT)

Функціонально-цільове призначення – розширення просторових меж та оптимізація локалізації виробництва; переформатування схем виробничої кооперації; забезпечення нової якості виробничих і бізнес-комунікацій; поглиблення інформаційно-структурної інтегрованості виробничих та корпоративних систем.

Головні аргументи щодо стратегічної актуальності: об'єктивна потреба в реалізації сучасних концепцій управління виробництвом (господарською діяльністю) у режимі реального часу; посилення вимог до контрольних-моніторингових функцій у сфері технічної та екологічної безпеки промислового виробництва; високодинамічне зростання "інформаційної ємності" виробничих й управлінських процесів та аналітичного навантаження на працівників (понад середні можливості людини); зростання вимог до індивідуалізації (персоналізації) продукції з відповідним розширенням

зв'язків "виробник-споживач"; активізація тренду "просторової ентропії" промислового виробництва; реалізація мережових структур виробничої взаємодії.

Потенційні сфери промислового використання:

виробництво складної продукції з розгалуженою системою коопераційних зв'язків (переважно інноваційно активні високотехнологічні виробництва);

виробництва, інтегровані в міжнародні GVCs та GSCs.

Соціально-економічні наслідки: економія виробничих витрат, поліпшення характеристик виробництва (гнучкість, швидкість, продуктивність) та продукції (якість); підвищення рівня управління виробництвом.

2.2. Аналіз проблем і напрями становлення смарт-виробництв у галузях промисловості

Українська промисловість традиційно спеціалізується на декількох галузях: добувній, металургійній, хімічній, машинобудівній, харчовій. Це обумовлено такими чинниками, як наявність відповідних природних і трудових ресурсів, географічне розташування, а також історичні особливості розвитку. Незважаючи на очевидні відмінності, перелічені галузі поєднує те, що, по-перше, всі вони використовують переважно застарілі технології; по-друге, в кожній із них виробництво може бути перебудовано й організовано згідно з принципами "смарт". Для сучасного цифрового універсуму вже не існує галузевих перешкод, і всі різновиди матеріального виробництва, незалежно від галузевої специфіки, можуть бути інтегровані у глобальні та/або регіональні мережі розумних кібервиробничих систем. Окремі "острівки" таких систем уже з'являються в Україні [70].

Однак галузеві проблеми смартизації також існують. Вони є дуже різними та багатоаспектними: не тільки технологічними й ресурсними, але і соціальними, культурними та ін. У рамках даного дослідження, присвяченого концептуальним питанням становлення смарт-індустрії, доцільно проаналізувати проблеми смартизації на прикладі двох важливих галузей, які традиційно відіграють значну

роль у національній індустрії та зовнішній торгівлі, – металургійній і хімічній. Завдання полягає в тому, щоб на основі "case study" виявити ті головні проблеми і шляхи їх вирішення, які обумовлюють особливості типових галузевих реакцій на процеси розгортання четвертої промислової революції.

2.2.1. Передумови, проблеми та напрями розвитку металургійної галузі України на смарт-засадах

У сучасних умовах метал є одним із найуживаніших товарів у світі: він використовується в багатьох сферах людського життя – від будівель та транспорту до найсучасніших гаджетів.

Металургійна промисловість, яка залишається одним із лідерів української економіки, має потенціал розвитку на "розумних" засадах. Це пов'язано з переорієнтацією провідних галузей-металоспоживачів (машинобудування та будівництво) у русло смарт-промисловості, широкими можливостями застосування "розумних" технологій у самій металургії та посиленням соціо-гуманітарної відповідальності галузі перед суспільством.

Доцільним є визначення передумов, проблем і напрямів розвитку вітчизняної металургійної промисловості на смарт-засадах з урахуванням можливостей використання провідного світового досвіду впровадження "розумних" технологій в умовах системної кризи галузі.

Передумови та проблеми впровадження смарт-виробництва у металургії України

Ключові тенденції розвитку світової металургії. Головними галузевими трендами останнього двадцятиліття, які закріпилися у 2013-2017 рр. та, на думку більшості міжнародних експертів, і надалі залишатимуться актуальними, є такі:¹

1. Безпрецедентне зростання обсягів металовиробництва на тлі постійного перевищення виплавки металу над його споживан-

¹ Аналіз стану та тенденцій розвитку металургії в зарубіжних країнах виконано на основі даних World Steel Association [32; 33; 41] та OECD Steel Committee [21; 23].

ням та розширення металургійних потужностей навіть у кризові періоди 1998-1999, 2008-2009 та 2015-2016 рр.

За двадцятирічний період з 1998 по 2017 р. обсяг виплавки сталі зріс більш ніж у 2 рази – з 777 до 1690 млн т. Найбільш сприятливим періодом зростання для світової металургії були 2000-2007 рр., тоді як у 2008-2009 рр. ситуація кардинально змінилася внаслідок світової фінансово-економічної кризи. Дотепер рівень розвитку галузі так і не досяг докризового стану, значно поступаючись у темпах зростання, які у 1998-2007 рр. у середньому становили 105,4% на рік, у 2008-2017 рр. – лише 102,5%, а в 2013-2017 рр. – 101,5%, що було спричинено передусім загальним спадом у світовій економіці.

При цьому обсяги загального споживання готової металопродукції у світі відстають від обсягів випуску металу, що призвело до виникнення однієї з найбільших проблем розвитку сучасної металургії – перевиробництва, тобто перевищення виробництва над споживанням. Упродовж 1998-2017 рр. у світі постійно спостерігався профіцит металу, який підвищувався разом зі збільшенням обсягів виплавки сталі та дещо знижувався під час кризових для галузі років. Частка профіциту в загальному обсязі виробництва металу в середньому становила 8,8%, або 103 млн т. Основною причиною утворення сталевого профіциту у більшості країн та регіонів виступає зростаючий обсяг надлишкових сталеплавильних потужностей, тобто різниця між номінальними виробничими потужностями та фактичними обсягами виробництва сталі.

2. Кардинальна зміна географічної структури виробництва та споживання металопродукції зі зміщенням "центрів" виплавки і торгівлі металом.

Першість на глобальному металоринку за обсягами всіх традиційних показників посідає азіатський регіон на чолі з Китаєм. Останній за двадцятирічний період збільшив виробництво сталі приблизно у 7,5 рази і зайняв майже половину загальносвітового обсягу її виплавки. Крім Китаю, домінування Азії на світовому металоринку забезпечили Індія, яка в аналізованому періоді вчетверо наросила виробництво металу, Японія, Південна Корея і Тайвань, які у 1998-2017 рр. зберегли позиції одних із найбільших виробників та споживачів сталі, а також більш нові гравці – В'єтнам, Таїланд, Філіппіни. Високі темпи зростання (більш ніж удвічі) демонстрували

арабські країни Близького Сходу та Північної Африки, лідери серед яких – Іран, Пакистан, Саудівська Аравія, Єгипет. Традиційні металургійні регіони (ЄС, СНД та Північна Америка) дещо втратили свої позиції на світовому ринку внаслідок як азіатсько-китайської "експансії", так і внутрішніх проблем, щоправда, зберігши вплив у споживанні металу та металоторгівлі.

3. Підвищення спроможності галузі до генерації та впровадження інновацій, коли сталь усе частіше стає частиною ланцюжків доданої вартості та виступає постійним матеріалом у циркулярній економіці.

За словами генерального секретаря ОЕСР А. Гурріа, сталь усе частіше стає частиною ланцюжків доданої вартості (GVC), оскільки виробництво і торгівля металопродукцією дедалі більше поширюється на додану вартість, а не просто на обсяги і тони. Патентні дані вказують на те, що сталевий сектор далекий від сплячого стану, він має значні інновації як щодо виробничих процесів, так і щодо характеристик металовиробів. Ключову роль при цьому відіграватиме процес дигіталізації. Найголовнішим же є те, що все це окупається. Металургійні компанії, які зосередили основну увагу на якості, а не на обсязі, як правило, витримували спад економіки більш ефективно, ніж інші підприємства [8].

На особливу увагу заслуговує здатність металу бути постійним матеріалом у циркулярній економіці, що пояснюється можливістю його 100-відсоткової переробки, яка економить як природні ресурси, так і енергію. Чим більше сталі переробляється, тим більше зберігається довкілля. При цьому виробництво металу з брухту потребує лише близько третини енергії, необхідної для виробництва сталі із залізної руди [6, с. 4].

Крім того, металургія здатна підтримувати циркулярну економіку шляхом просування 4R-підходу (Reduce – Reuse – Remanufacture – Recycle), який означає зменшення кількості матеріалу, енергії та інших ресурсів, що використовуються для виплавки сталі, та обсягу металу, який використовується в іншій продукції; повторне використання об'єкта або матеріалу для первинної або аналогічної мети, без суттєвої зміни його фізичної форми; відновлення довговічних сталевих виробів у новому стані; переробку металопродукції в кінці корисного строку її використання для створення нових сталей [30; 31].

Негативні тенденції розвитку галузі спонукають металовиробників (окремі компанії та країни загалом) шукати вихід, спираючись не тільки на традиційні заходи, включаючи протекціонізм, але і на розробку та впровадження принципово нових "розумних" технологій.

Особливості стану і тенденцій розвитку української металургії. Металургія, з одного боку, залишається одним з основних видів промислової діяльності, забезпечуючи, за даними Державної служби статистики України, до 16% загального обсягу реалізованої промислової продукції, п'яту частину товарного експорту, понад 200 тис. робочих місць та майже 10% у доданій вартості за витратами виробництва підприємств, що робить її стратегічно важливою для майбутнього розвитку вітчизняної економіки. З іншого – галузь відрізняється високим рівнем ресурсоемності виробництва та низьким рівнем його екологічності: на неї припадає більше 25% викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, більше 20% усієї споживаної електроенергії та понад 25% теплоенергії; матеріальні витрати та витрати на оплату послуг, використані у виробництві, становлять майже 90%, що підштовхує металургійні підприємства до рішучих змін та гостро ставить перед ними завдання підвищення ефективності виробництва.

Виплавка сталі в Україні – основний показник галузевої діяльності – за останнє двадцятиліття мала схожі тенденції зі світовими трендами: до глобальної фінансово-економічної кризи 2008-2009 рр. виробництво демонструвало в основному позитивну динаміку (у 1998-2007 рр. темпи зростання становили в середньому 105,4% на рік), тоді як друга половина аналізованого періоду характеризувалася його серйозним спадом (30,1% у 2009 р. порівняно з 2007 р.), і протягом 2008-2017 рр. так і не змогло відновитися (темпи зростання становили в середньому 93,8% на рік). Найсерйознішим випробуванням для галузі стали військові дії на Донбасі, які призвели до негативної динаміки виплавки сталі у країні у 2014-2017 рр. та суттєвого падіння обсягів і рівня завантаження металургійних потужностей (на 27% порівняно з 2013 р. та на 44% порівняно з 2007 р.).

Унаслідок істотного падіння обсягів виробництва сталі Україна у 2017 р. втратила місце в десятці найбільших металовиробників, яке займала до 2016 р. включно, посівши 12 позицію і пропус-

тивши вперед Італію і Тайвань. Незважаючи на досить великі обсяги металовиробництва, частка української металургії у глобальному обсязі як виплавки сталі, так і сталеплавильних потужностей в аналізованому періоді не перевищувала 4% навіть у найсприятливіші періоди та мала стабільно понижувальну тенденцію.

Глобальні регіональні зміни виробництва та споживання металопродукції змушують Україну переглянути географічну структуру металоекспорту – арабський та азіатський регіони самі швидко перетворилися на значних гравців світового та регіональних металоринків. Європейський ринок унаслідок погіршення стану та падіння основних показників діяльності галузі в Європі переводить українську продукцію в зону ризику застосування антидемпінгових розслідувань через необхідність підтримки (хоч і непрямой) власних виробників. На металоринку СНД ситуація останнім часом ускладнилася наявністю проблем у відносинах із Росією, яка завжди була одним із головних ринків збуту вітчизняної металопродукції.

Найбільшими проблемами розвитку металургійної галузі України на смарт-засадах є такі:

нерозвиненість внутрішнього ринку, про що свідчить аналіз частки української металургійної промисловості у світовому обсязі споживання готової металопродукції, який у розглянутому періоді не перевищував 1% та постійно знижувався, зменшившись майже утричі у 2017 р. порівняно з докризовим періодом 2000-2007 рр. і сягнувши лише 0,3%. Це не тільки робить українську металургію критично залежною від зовнішнього ринку, але і заважає розвитку металоспоживаючих галузей, які виробляють готову продукцію з більшою доданою вартістю, та апробації інноваційних рішень. Саме наднизький рівень металоспоживання, а не наявність великого обсягу надлишкових сталеплавильних потужностей, як у більшості зарубіжних країн, є головною причиною перевиробництва металу в Україні;

перевиробництво металу – розрив між виплавною сталі та її використанням на внутрішньому ринку у 1998-2017 рр. становив у середньому 82,7%, або 26,7 млн т. Профіцит металу підвищувався відповідно до зростання виробництва і в ті самі роки, а питома вага в загальному обсязі виплавки металу становила не менше 75%, збільшившись під час та після світової фінансово-економічної кризи до понад 80%. Це свідчить про те, що навіть в умовах підйому

та сприятливої кон'юнктури вітчизняна сталева продукція не була затребуваною на внутрішньому ринку. Наслідком цього є життєва необхідність для металургійних підприємств експортувати її, що ставить галузь у залежність від зовнішніх ринків збуту;

низький інноваційний рівень металургійної галузі та економіки України загалом – за даними 2019 Bloomberg Innovation Index Україна втратила 7 позицій порівняно з попереднім результатом, посівши 53 місце серед 95 аналізованих країн [13]; за рівнем готовності до виробництва майбутнього в контексті четвертої промислової революції Україна належить до країн, у яких воно тільки зароджується (nascent countries), і займає 43 сходинку зі 100 за показником структури виробництва (structure of production) та 63 – за показником драйверів виробництва (drivers of production), найгірший результат спостерігається щодо розвитку інституційного середовища (driver: institutional framework) – 94 сходинка [25, с. 9, 12, 241]. Загальне відставання України за рівнем інноваційного розвитку негативно позначається на інноваційній активності металургійної галузі: у 2017 р. менше 20% металургійних підприємств здійснювали інноваційну діяльність, частка маловідходних і ресурсозберігаючих процесів у загальній кількості впроваджених нових технологічних процесів на металургійних підприємствах займала приблизно 30%, як і частка нових для ринку найменувань упроваджених інноваційних видів продукції, питома вага інноваційної продукції в загальному обсязі реалізованої металургійної продукції становила менше 1% [60, с. 87-108];

відсутність комплексної довгострокової стратегії розвитку металургійної промисловості – дія попередньої "Державної програми розвитку та реформування гірничо-металургійного комплексу на період до 2011 року" закінчилася більше семи років тому, і всі наступні нормативні документи щодо промислового розвитку України лише фрагментарно відображали пріоритетні напрями діяльності галузі, які б відповідали потребам країни та сучасним трендам розбудови виробництва майбутнього.

Суттєве відставання української металургії від світових аналогів у використанні смарт-технологій зумовлює особливості майбутньої розбудови галузі на "розумних" засадах.

Історичні передумови, актуальність і необхідність розвитку смарт-виробництва у металургії

Історичними передумовами становлення смарт-металургії можна вважати те, що галузь успішно розвивалася протягом усіх промислових революцій, упроваджуючи їх провідні досягнення у виробничій, організаційно-економічній та соціальній сферах, а метал є та залишатиметься одним з основних конструкційних матеріалів у світі.

Актуальність розвитку галузевих смарт-виробництв у світі зумовлена швидким розвитком й упровадженням "розумних" технологій у металоспоживаючих та пов'язаних видах діяльності, що потребує від металургії виконання принципово нових вимог клієнтів і дозволяє використовувати їх інноваційні наробки, тоді як в Україні – більшою мірою можливістю зниження витрат унаслідок використання новітніх технологій, оскільки вітчизняний металоринок є нерозвиненим, і немає потреби задовольняти посилені вимоги внутрішніх споживачів, а зовнішні ринки є досить нестабільними і характеризуються дуже високим рівнем конкуренції.

Необхідність упровадження смарт-виробництв у металургійній промисловості пов'язана з її майбутнім виживанням, що пояснюється як можливістю кардинально підвищити ефективність функціонування металургійних підприємств за рахунок реалізації інновативних рішень в усіх сферах їх діяльності, так і небезпекою залишитися осторонь економічних процесів через неможливість збуту продукції внаслідок невідповідності вимогам контрагентів.

Головною метою розвитку смарт-металургії є підвищення адаптивності галузі, що полягає у: всеосяжному пристосуванні до зовнішніх умов, які з кожним днем змінюються все швидше; більш оперативному реагуванні внутрішнього середовища на зміну зовнішніх умов; підвищенні гнучкості управління підприємством чи галуззю як з боку менеджменту компаній, так і з боку держави; посиленні та поглибленні клієнтоорієнтованості, що означає першочергове врахування запитів клієнтів (у тому числі тих, що тільки будуть сформовані у майбутньому), виходячи з яких відбувається розвиток виробництва, навіть якщо наразі необхідні виробничі умови здаються недосяжними.

Основні напрями розвитку української металургії на смарт-засадах¹

У процесі розвитку металургійної смарт-промисловості ядром виступають новітні цифрові технології, за допомогою яких відбувається "цифровізація та інтеграція вертикального і горизонтального ланцюжків створення доданої вартості, цифровізація пропонуванних товарів та послуг, з'являються нові бізнес-моделі та платформи взаємодії з клієнтами" [24, с. 2]. До них належать IoT-платформи, аналіз великих даних, хмарні технології, візуалізація, інтелектуальні датчики, мобільні пристрої, "розумні" машини та механізми, адитивні технології (3D-друк) та ін., які забезпечують просунуті інтерфейси для взаємодії людини та машини, багаторівневу взаємодію з клієнтами та збір клієнтської інформації, перевірку достовірності та виявлення фактів шахрайства тощо [5; 24].

Перелічені технології не є унікальними тільки для металургії внаслідок "розмивання" меж між різними видами діяльності та всіма сферами суспільного життя, широко використовуючись в інших галузях, проте мають свої особливості, дію яких доцільно дослідити окремо у виробничій, організаційно-економічній та соціальній сферах діяльності металургійних підприємств (хоча такий розподіл і є досить умовним), що дозволить виявити "вузькі" місця та стримуючі чинники подальшого розвитку галузі.

Розробка й упровадження смарт-рішень у виробничій сфері розвиваються набагато повільніше, ніж в інших сферах діяльності через необхідність дуже великих капіталовкладень та значного проміжку часу для вдосконалення, а тим більше здійснення принципово нових інноваційних відкриттів щодо металургійного процесу, який технологічно є досить стабільним.

Основними прикладами смарт-рішень у металовиробництві на сьогоднішній день виступають:

¹ Світовий досвід розвитку та впровадження "розумних" виробництв у металургійній промисловості досліджено на прикладі найбільших країн-металовиробників, які згідно з 2019 Bloomberg Innovation Index [13] є лідерами з розвитку і використання смарт-технологій та, на думку фахівців Всесвітнього економічного форуму, найбільшою мірою підготовлені до четвертої промислової революції [25, с. 12], – Південна Корея, Японія, країни ЄС, США, Китай, а також Індія, Мексика, Туреччина, Гонконг.

інтернет речей (IoT) – дозволяє управляти виробничим процесом у режимі реального часу та зв'язувати воедино всі його частини на великій території, дистанційно керувати роботою будь-якого пристрою та обладнання, підключених до єдиної системи. IoT має особливе значення для металургійної галузі при видобуванні первинних ресурсів, наприклад, у гірничорудній промисловості, основні потужності якої розташовані, як правило, на досить великій відстані від власне металургійного підприємства. Перешкодою може виступати відсутність стабільного інтернет-зв'язку в багатьох кутках планети, проте останні розробки в галузі супутникового зв'язку найближчим часом можуть дозволити забезпечити інтернет-покриття на 80% території Землі [39];

smart devices (датчики, сенсори, лічильники) – контролюють та оптимізують роботу обладнання, дозволяючи точно й оперативно визначити, скільки сировини споживається в тій чи іншій печі, якими бувають відхилення від нормативів витрат, які причини їх викликають, яким є рівень споживання тощо. Датчики збирають величезний масив інформації, яка потім інтерпретується штучним інтелектом, оптимізуючи виробничу лінію та створюючи синергетичний ефект. Наприклад, виробники сталі встановлюють інтелектуальні лічильники та інші датчики, щоб скоротити викиди CO₂ і зменшити витрачену енергію. Зазвичай заводи генерують багато власної електроенергії, використовуючи газ зі своїх печей і процесів прокатки. Однак більшість також використовує велику кількість енергії з мережі, яку вони завжди намагаються зменшити. Різні марки сталі потребують різної кількості енергії, і датчики тепер здатні точно вимірювати, які марки сталі є найбільш енергоємними. Виробники можуть потім аналізувати ціни на енергію з метою позиціонування певних марок сталі на виробничій лінії, щоб вони вироблялися, коли потужність буде найдешевшою [7];

інтелектуальне моделювання та візуалізація процесів, що відбуваються всередині устаткування на основі даних, отриманих за допомогою сучасних датчиків, застосування концепції цифрових двійників¹. Особливого значення дана концепція набуває при ана-

¹ Digital twin – віртуальна копія кожного фізичного об'єкта, пристрою, машини, виробничого або промислового процесу, які можна побачити на будь-якому комп'ютері, що дозволяє глибше розуміти деякі процеси без втручання в сам продукт.

лізі процесів у "закритих" агрегатах – доменних і сталеплавильних печах. Наприклад, доменні печі мають постійно завантажуватися шарами коксу та агломерату, що чергуються, ці шари забезпечують рівномірно ефективний потік газу. До недавнього часу топографічні й температурні порушення було важко ідентифікувати. Voestalpine, використовуючи 3D-радіолокацію, зміг розробити всеосяжну модель процесу завантаження, яка включає вимір температури доменної печі в режимі реального часу, що привело до більш високих виходів чавуну і зменшення викидів [7];

роботизація – роботи можуть використовуватися при дефіциті робочої сили та на небезпечних ділянках виробництва. У металургії рівень роботизації поступається іншим галузям, наприклад, автомобільній, проте роботи знаходять застосування при відборі проб рідкої сталі, контролі її рівня і вимірі температури у плавильних агрегатах, скачуванні шлаку, нанесенні та знятті вогнетривких покриттів. Технології безпілотних літальних апаратів використовуються для перевірки важкодоступних районів заводу, а також геодезії та планування гірничих робіт [28]. У перспективі вся наземна, кранова техніка буде безпіотною і під управлінням штучного інтелекту. Технічно це розв'язуване завдання [42, с. 19-25];

технології, засновані на порошковій металургії (в основному 3D-друк, у перспективі технології 4D¹ та МІМ²), – належать до адитивних технологій (additive manufacturing – АМ), головною відмінністю яких є додавання необхідного, а не прибирання зайвого. Вони виступають одними з найбільш прогресивних технологій виробництва готових металевих виробів (для виробництва порошків у будь-

¹ 4D-друк – адитивна технологія, згідно з якою для створення реальних об'єктів до трьох вимірів (довжини, широти і висоти) додається четвертий параметр – чинник часу. Матеріали набувають здатності адаптуватися до змін навколишнього середовища, але при цьому мають «пам'ять форми», що дозволяє їм повертатися до початкового стану.

² Metal Injection Molding – це технологія виготовлення деталей за методом пресування спеціальної суміші, що складається з металевого порошку і наповнювача, у прес-форму з використанням термопластавтомату. Деталі, виготовлені за цим методом, застосовуються в автомобілебудуванні, медицині, виробництві зброї, комп'ютерів тощо, замінюючи пластмасові в масовому виробництві, де необхідні точність, легкість і міцність.

якому разі спочатку необхідно виплавити метал), що дозволяють задовольняти індивідуальні потреби клієнтів, роздруковуючи унікальну продукцію безпосередньо на місці, де вона використовуватиметься, та відрізняючись більш коротким ланцюжком створення вартості. Металургійні АМ іноді виділяють особливою аббревіатурою DMF – direct metal fabrication – пряме "вирощування" з металевих порошків. Цю групу технологій розглядають як одну із стратегічних для освоєння, перш за все, в аерокосмічній і оборонній галузях [53, с. 38-39]. Однак дана технологія сьогодні є дорожчою за традиційне металовиробництво через високу вартість порошків і самих 3D-принтерів і має обмеження щодо використовуваних матеріалів унаслідок жорстких вимог до поверхні та структури часток застосовуваних порошків, коливання якості готових виробів, а також щодо розміру друківаних деталей. Проте вже у 2030-2035 рр. обсяг ринку тривимірного друку у металургії може сягнути 10 млрд дол. у результаті швидкого розвитку технологій та більш глибокого включення галузі в освоєння та впровадження "розумних" технологій [3; 42];

розробка нових продуктів та матеріалів, коли клієнту пропонується навіть не товар, а комплексне рішення – комбінація нових матеріалів (сплавів) з унікальними властивостями, технічні інженерні рішення із застосування нових сплавів у конкретних виробках [42, с. 20]. Пришвидшеними темпами відбувається розвиток й упровадження металургійних нанотехнологій, які набувають особливого значення у медицині, електроніці, хімічній промисловості [26; 68].

В Україні досить широко використовуються датчики для контролю за роботою обладнання, які дають швидкий ефект у вигляді виявлення проблем його функціонування на ранніх стадіях, оптимізації споживання сировинних ресурсів, підвищення точності та обсягу даних щодо технологічного процесу всередині агрегатів тощо.

Інтернет речей також знайшов застосування на українських металургійних підприємствах, однак його ефективність можлива лише за умови безперебійної роботи швидкісного інтернету, до якого підключені відповідні девайси, на всій території, яку охоплює закупівля сировини та будь-якої необхідної техніки й технології, виробництво, збут, післяпродажне обслуговування та утилізація використаної продукції, тоді як в Україні цей процес далеко не заверше-

ний. Якщо на самому підприємстві зазвичай забезпечується доволі стабільна робота інтернету, то поза його межами, особливо ближче до сільської місцевості, покриття може бути нестабільним або повністю відсутнім, що ускладнює набуття переваг від використання даної "розумної" технології.

Застосування роботів у вітчизняній металургії не знайшло широкого розповсюдження, оскільки є дорожчим за звичайних робітників через досить низький рівень оплати праці порівняно з провідними країнами. Розробка принципово нових продукції та матеріалів теж не характерна для галузі, тому що потребує значних капіталовкладень та часу на наукові дослідження, не затребувана на зовнішніх ринках, які здебільшого переорієнтовуються на виробництво власних інноваційних продуктів. Здебільшого металурги поставляють на ринок продукцію, яку можна назвати вдосконаленою (поширені вимоги до механічних властивостей, нетиповий хімічний склад) та умовно удосконаленою (нове покриття або профілерозмір). І хоча цей процес є необхідним для поточної діяльності підприємств з метою задоволення вимог клієнтів, що частково відповідає концепції смартизації, його не можна вважати повноцінною складовою Індустрії 4.0.

3D-друк в осяжному майбутньому також не знайде широкого застосування в українській металургійній промисловості внаслідок необхідності імпортувати як власне 3D-принтери, так і дорогий порошок для роздрукування металопродукції. Крім того, в Україні немає значного попиту на унікальну продукцію, для якої був би потрібен тривимірний друк, через нерозвиненість металоспоживаючих галузей, тоді як звичайний спосіб металовиробництва сьогодні є набагато дешевшим.

Найбільш швидкими темпами впровадження "розумних" технологій відбувається в організаційно-економічній сфері діяльності металургійних підприємств, оскільки воно пов'язане з нижчими капіталовкладеннями та займає значно менше часу (часто не більше двох років [24, с. 10]).

Основними напрямками смартизації у цій сфері є такі:

цифровізація продукції, послуг та всієї бізнес-моделі – це ключова складова даного процесу, яка являє собою "насичення фі-

зичного світу електронно-цифровими пристроями, засобами, системами та налагодження електронно-комунікаційного обміну між ними, що фактично уможливило інтегральну взаємодію віртуального та фізичного, тобто створює кіберфізичний простір" [55]. Цифровізація у металургії відбувається з використанням тих самих датчиків (вібраційних, оптичних, звукових), сенсорів, великих даних, хмарних технологій, візуалізації та ін., поєднаних за допомогою інтернету речей, завдяки чому до інформації мають централізований доступ усі підрозділи підприємства або підприємств, що входять до великої корпорації. При цьому будь-яка програмна або апаратна система, розроблена всередині компанії або придбана у постачальника, повинна бути стандартною і мати можливість підключатися до іншого обладнання незалежно від частоти оновлень [14]. Завдяки діджиталізації відбулося значне збільшення обсягу прямих онлайн-продажів металопродукції, тоді як раніше збут здійснювався здебільшого через трейдерів або конкретному споживачеві лише великими партіями. Управління рахунками, запасами та закупівлею сировини і запчастин також відбувається в режимі реального часу, що дозволяє обрати найкращий варіант за ціною та способом транспортування і зменшити тим самим площу складських приміщень, скоротити час доставки, диференціювати постачальників тощо. За даними McKinsey&Company, усе більшу цінність порівняно з фізичним продуктом набуватиме ефективність збору та використання даних, тоді як позиція компанії на кривій витрат вже не буде вирішальним чинником її конкурентоспроможності. Виробники металів, що використовують увесь потенціал цифрової трансформації, зможуть підвищити рентабельність за EBITDA на 6-8 в.п. [20, с. 2];

використання предиктивної аналітики, націленої на запобігання негативним ситуаціям (наприклад, поламок або простоїв устаткування), яка стає реальністю завдяки застосуванню цифрових двійників, великих даних, хмарних технологій тощо. На думку керівника проєкту Smart Factory однієї з найбільших металургійних компаній світу – південнокорейської "POSCO", дані дозволяють нам точно визначити, в якій саме операції і в якому місці стався дефект продукту. У яку зміну, в який день і за яких умов [7];

зростання клієнтоорієнтованості, що означає відмову від роботи металургійних підприємств "на вал", коли продукція постав-

лялася великими партіями або безпосередньо споживачам, або на склади дистриб'юторів, та переорієнтацію на виконання найдрібніших замовлень клієнтів із розширенням продуктового портфеля, включаючи унікальну специфікацію для кожного споживача з наступним післяпродажним обслуговуванням. Виробники та клієнти постійно перебувають на зв'язку в режимі реального часу завдяки новим онлайн-платформам, що дозволяють споживачам відстежувати виконання замовлення та інші сервіси, а виробникам – збирати інформацію щодо вподобань та вимог покупців – як нинішніх, так і потенційних;

зміни в корпоративному управлінні та організаційній структурі компаній із винесенням та агрегуванням деяких функцій (фінанси, ІТ-сектор, ремонтні роботи, управління персоналом, закупівлями, збутом тощо) в окремих підрозділах, при якому відбувається чітке розподілення сфер відповідальності по управлінській вертикалі, що виключає дублювання та наявність "сірих зон". Необхідна умова полягає у визнанні майбутніх змін та серйозному ставленні до них як з боку власників та менеджменту металургійних підприємств, так і представників органів державної влади;

прискорення горизонтальної та вертикальної інтеграції ланцюжків створення вартості внаслідок посилення прямої співпраці між усіма контрагентами, мінімізуючи вплив посередників.

В Україні впровадження "розумних" технологій в організаційно-економічній сфері, як і в усьому світі, відбувається найбільш стрімко внаслідок усвідомлення невідворотності та кардинальної переорієнтації виробництва готової продукції на запити клієнтів. Крім того, через суттєву експортоорієнтованість галузі українські металургійні підприємства не можуть залишатися осторонь пришвидшеної дигіталізації фінансово-логістичних операцій, притаманної зарубіжним контрагентам, що змушує їх вносити відповідні зміни в організаційну структуру компаній.

Наразі вітчизняні металургійні компанії впроваджують ERP-системи, призначені для автоматизації управління виробничими і фінансовими потоками, складськими запасами та отримання інформації про їх динаміку з різним ступенем охоплення і глибиною проникнення, що дозволяють значно прискорити збір й аналіз даних, оцінку потенційних ризиків, прийняття рішень, скоротивши одночасно кількість персоналу.

Смартизація в соціальній сфері діяльності металургійних підприємств відбувається швидше, ніж у виробничій, проте повільніше, ніж в організаційно-економічній, через проблематичність безапеляційного сприйняття новітніх технологій абсолютно всіма працівниками в усіх підрозділах компанії, які побоюються (небезпідставно) або втратити роботу, або суттєво змінити діяльність під натиском "розумних" машин.

Особливості впровадження смарт-рішень у цій сфері полягають у такому:

безперервний розвиток цифрової культури, рівень якої наразі є недостатнім для всеосяжного використання розумних технологій; підвищення персональної відповідальності за прийняття рішень унаслідок посилення горизонтальної інтеграції по всьому ланцюжку створення вартості;

посилення безпеки та поліпшення умов праці, особливо на виробництві, у результаті використання спеціального обладнання та зменшення фізичної присутності працівників на небезпечних ділянках.

На думку багатьох фахівців великих металургійних компаній, смартизація викличе не скорочення зайнятості, а скоріше зміни на ринку праці. Це потребує перезавантаження системи освіти та необхідності навчити людей не чинити опору постійним змінам на підприємстві, а виступати з ініціативами, потім беручи участь у їх упровадженні, оскільки саме працівники є "рушійною силою прогресу". За словами керівника проєкту Smart Factory компанії "POSCO", більша частина великого ноу-хау прихована в операторах або інженерах, і керівництво компанії намагається вивести це знання з їх голови і кодифікувати в щось, що можна назвати "інтелектом" [7].

В Україні на сьогоднішній день практично відсутні зміни в соціальній сфері під впливом смарт-технологій. У майбутньому це може стати проблемою через незворотність таких змін, до яких галузь буде не готова. Крім того, немає комплексних централізованих програм адаптації та перекваліфікації металургійних працівників, які можуть вивільнитися внаслідок смартизації металургійної промисловості.

Основні наслідки смартизації металургійної промисловості

При визначенні перспектив і напрямів подальшого розвитку металургійної галузі важливо враховувати такі наслідки смартизації.

Позитивні:

підвищення ефективності та конкурентоспроможності галузі за рахунок поліпшення якості продукції, скорочення витрат (особливо внаслідок зменшення енерго- та ресурсоємності), зростання екологічності виробництва (у результаті поліпшення якості вхідної сировини та готової продукції, розвитку згідно з концепцією циркулярної економіки) та зниження травматизму (через широке використання на небезпечних ділянках машинної праці);

зменшення кількості помилок, викликаних людським чинником, у результаті збільшення обсягу та переліку операцій з обробки даних, виконуваних за допомогою штучного інтелекту;

кардинальна переорієнтація на запити клієнтів, відштовхування від портфеля замовлень при налаштуванні виробництва;

більша синхронізація з іншими видами діяльності та суспільством через поглиблення участі всіх контрагентів у процесі створення, споживання та утилізації металопродукції (часто в режимі реального часу).

Негативні:

Збільшення труднощів при збереженні й експлуатації великих даних унаслідок посилення кібернетичних загроз, можливих помилок робітників, відповідальних за розробку програмного забезпечення та первинний збір точних даних і введення інформації в систему, можливого зосередження важелів управління у невеликій кількості компаній, відповідальних за розробку й обслуговування смарт-технологій;

недостатня гнучкість реагування при виникненні позаштатних та форс-мажорних ситуацій через те, що використовувані автоматизовані системи управління, навіть якщо вони здатні до самонавчання, не можуть адекватно та креативно відповідати абсолютно на всі виклики;

революційні зміни в чисельності, структурі та необхідній професійній підготовці робочої сили, що призводять до значного ви-

вільнення кваліфікованих металургійних працівників, які не можуть знайти своє місце на сучасному ринку праці;

недостатня кількість комплексних централізованих програм адаптації та перекваліфікації металургійних працівників.

Слід відзначити, що розподіл наслідків упровадження металургійних смарт-виробництв на позитивні та негативні є досить умовним, особливо якщо розглядати їх у коротко- і довгостроковій перспективі. Так, соціальна напруженість від змін на ринку праці через упровадження "розумних" технологій, що обов'язково виникне в короткостроковій перспективі, у довгостроковій підштовхне подальший розвиток інновацій та зменшить опір змінам, тоді як кібернетичні загрози з часом, навпаки, лише загострюватимуться. Крім того, наведені наслідки здебільшого не є унікальними для металургійної промисловості та притаманні більшості галузей, економіці та суспільству загалом, однак від цього не стають менш значущими і потребують значної уваги.

В українській металургійній промисловості ефект від позитивних наслідків використання "розумних" технологій може бути нижчим через незадовільний стан галузі та загальну неготовність країни до сприйняття впроваджуваних смарт-рішень. Загальне відставання у масштабах, швидкості та глибині використання смарт-технологій в економіці та суспільстві посилює залежність української металургії від зарубіжних розробок та нав'язує наздоганяючу стратегію розвитку.

Унаслідок загального відставання України за рівнем інноваційної активності та негативних тенденцій у розвитку металургії процес розробки й упровадження смарт-рішень у галузі перебуває на початковому етапі порівняно з провідними країнами.

Великі металургійні підприємства, які є "локомотивами" галузі, повільно переходять до використання "розумних" технологій. Як окремі приклади можна назвати компанію "Інтерпайп", яка через переорієнтацію на зарубіжні ринки збуту з більш жорсткими умовами виконання замовлень була змушена змінити підхід до роботи, побудувавши єдине інформаційне управлінське середовище за допомогою впровадження комплексної ERP-системи IT-Enterprise. Це дозволило забезпечити простежуваність стану виконання замовлень у режимі онлайн на всіх етапах виробництва, скоротити час

ідентифікації продукції під час технологічного процесу, автоматизувати облік використання обладнання і його простоїв, підвищити швидкість документарного оформлення тощо [54; 69]. Іншим прикладом є "Метінвест", який для забезпечення централізованого управління підприємствами, що входять до холдингу, по всьому виробничому ланцюжку та створення єдиного інформаційного простору трансформував IT-службу в окрему компанію "Метінвест Діджитал", основним видом діяльності якої є консультативні послуги у сфері комп'ютерних технологій [51; 58].

З урахуванням дуже низького рейтингу України щодо розвитку інституційного середовища в контексті готовності виробництва до четвертої промислової революції, включаючи роботу уряду, ефективність регуляторної діяльності, рівень корупції, орієнтацію уряду на майбутнє та верховенство права [25, с. 241], необхідно акцентувати увагу на першочергових кроках з удосконалення державного регулювання та нормативно-правового забезпечення розвитку металургійної промисловості на смарт-засадах, до яких слід віднести:

розробку довгострокової "Стратегії розвитку металургійної промисловості України" як рамкової державної галузевої ініціативи щодо загального бачення та пріоритетних цілей становлення смарт-металургії з визначенням прозорих напрямів розвитку галузі, в реалізації яких зацікавлена держава та які надалі матимуть її підтримку;

удосконалення "Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018-2020 роки" [55], а саме розширення терміну дії документа (принаймні на 10 років) та виокремлення напрямів цифровізації різних видів економічної діяльності;

розробку на основі чинної "Стратегії розвитку сфери інноваційної діяльності на період до 2030 року" [44] плану дій щодо визначення напрямів і способів розв'язання галузевих проблем інноваційного розвитку;

створення окремого центрального органу виконавчої влади для забезпечення формування та реалізації державної промислової політики, що підвищить інституційну спроможність вирішення питань промислового розвитку України на основі чіткого визначення владного суб'єкта, який безпосередньо опікуватиметься проблемами галузевої діяльності, зокрема металургійної промисловості.

Поступовому зменшенню розриву у смартизації вітчизняної металургійної промисловості порівняно зі світовими лідерами може сприяти переведення розвитку металургійних підприємств і державної галузевої політики у площину "довгих інтересів" на основі державно-приватного партнерства з наданням пріоритету розробці й подальшому комерційному впровадженню інновацій в усіх сферах економіки країни. Це допоможе точніше визначити та реалізувати стратегічні напрями діяльності галузі, які б відповідали як найсучаснішим трендам становлення "розумної" металургії, так і цілям й інтересам усього суспільства, а також вирішити проблему обсягів і пріоритетних напрямів фінансування та державної підтримки науково-технологічних і соціально-економічних змін у процесі становлення смарт-виробництв.

2.2.2. Особливості, проблеми та напрями смарт-модернізації хімічної промисловості України

Хімічна промисловість є важливим сектором сучасної світової економіки, який успішно акцептує та імплементує ідеї смарт-виробництва. Активно формується Chemicals 4.0 (Хімічна індустрія 4.0) – галузева концепція реалізації основ четвертої промислової революції. Вона є провідним концептуальним підходом для виведення хімічних технологій, виробництв і ринків на принципово новий рівень завдяки системному використанню смарт-інновацій та ІКТ.

Питання змісту та особливостей прояву концепції Індустрії 4.0 у хімічній промисловості, форм її реалізації та можливих наслідків, підходів до застосування окремих (насамперед цифрових) технологій та організації, інвестування і розвитку хімічного виробництва на смарт-засадах є сьогодні предметом активних наукових та аналітичних досліджень, прикладних розробок і галузевих дискусій [9; 10; 18; 19; 27; 35; 37; 38; 64].

Флагмани світового хімічного бізнесу розуміють величезний потенціал концепції Chemicals 4.0 та її значення для утримання (нарощування) конкурентних переваг у найближчому майбутньому і докладають значних зусиль для забезпечення своїх лідируючих позицій у процесах цифрової та смарт-модернізації. Як свідчать уза-

гальнені результати глобального опитування керівників великих хімічних компаній стосовно актуального стану та планів інвестування у цифровізацію галузевого виробництва [38, с. 3-5], хімічний бізнес планує інвестувати у цифрові технології до 5% щорічного доходу впродовж наступних п'яти років. Очікуваними вигодами є щорічне зростання доходу на 3,1% та скорочення витрат на 4,2%.

При вивченні галузевих особливостей смарт-модернізації хімічної промисловості важливо відзначити наявність зовнішніх і внутрішніх аспектів перетворень.

Зовнішні аспекти пов'язані з великим міжгалузевим значенням хімічної індустрії та її участю в різноманітних продуктових ланцюгах. Вона виробляє не тільки товари кінцевого попиту, але і безліч проміжних продуктів, зокрема, для текстильного виробництва, виробництва харчових продуктів, виготовлення виробів із деревини, виробництва паперу та поліграфічної діяльності, металургії та виробництва готових металевих виробів, машинобудування, будівництва, сільського господарства, медицини тощо. Фахівці компанії McKinsey&Company зазначають: "Нарешті, ми повинні мати на увазі, що хімічна промисловість має внутрішньо продуману бізнес-модель: її продукти уможливають "світ речей". Без певної підтримки з боку хімічної промисловості навряд чи з того, чого ми торкаємося, будинків, у яких ми живемо, їжу, яку ми їмо, і отримана нами охорона здоров'я може існувати. Таким чином, галузь у цілому може виграти від широкого кола тенденцій, від стабільності до електронної мобільності, від зростання споживчого попиту до значних змін поведінки споживачів" [2, с. 2].

В умовах четвертої промислової революції роль хімічного виробництва дедалі зростає, оскільки воно є ключовим постачальником прогресивних матеріалів і технологічних рішень для розвитку цифрових і смарт-напрямів інших галузей і ринків. Так, наприклад, для мобільних та смарт-пристроїв потрібні складники із сучасних хімічних матеріалів (підложки, системні плати, прозорі провідники, захисні плівки, фоторезисти), для високошвидкісного інтернету – хлорсілан для надчистого скла, для ефективніших і менших за розміром інтегральних схем – діелектрики, колоїдний кремнезем, фоторезисти, підсилювачі потужності [29].

Внутрішній аспект перетворень на засадах Chemicals 4.0 пов'язаний з інноваційним оновленням і модернізацією власне хімічного виробництва, зокрема його інтелектуалізацією, автоматизацією, дигіталізацією і впровадженням смарт-технологій. Сучасний підхід передбачає застосування ІКТ-систем і цифрових інновацій вздовж усього ланцюга вартості, включаючи моделювання, проектування, експлуатацію, логістику, управління та контроль хімічного виробництва. Інновації, створенні за підтримки і на основі ІКТ, забезпечують скорочення часу на розробку продуктів і технологій, економію відповідних витрат.

Отже, з одного боку, Chemicals 4.0 змінює технології, процеси, операції, ринки та правила конкуренції, а з іншого – виконує роль посередника і забезпечує інструменти реагування на інші ключові тренди (зокрема, смарт-рішення для енергоефективності або індивідуалізованих продуктів чи послуг).

Хоча основою Chemicals 4.0 є нові технології, зокрема кіберфізичні системи, їй треба розглядати у більш широкому плані – з точки зору зростання виробництва, ефективності, нових ділових можливостей і нових бізнес-моделей.

Концепція Інтернету речей надає хімічному бізнесу нових можливостей щодо випуску нової продукції, збільшення продуктивності та якості продукції, поліпшення технічного забезпечення, налагодження нових партнерських відносин, скорочення витрат, мінімізації проблем у ланцюгах поставок і підвищення безпеки.

Так, відомою поширеною проблемою у хімічній промисловості є аварійні зупинки та позапланове технічне обслуговування. Смарт-технології пропонують вирішення цієї проблеми на основі предиктивного обслуговування за допомогою датчиків, аналітики і даних у режимі реального часу, що дозволяє попереджувати збої та швидко відповідати на критичні ситуації.

Інший приклад пов'язаний із реалізацією концепції "точного землеробства" (precision farming), коли виробники сільськогосподарської продукції прагнуть найбільш раціонально застосовувати хімікати для підвищення врожайності. Цей підхід потребує довірного партнерства між багатьма зацікавленими партнерами: фермерами, виробниками і постачальниками агрохімікатів, розробниками і виробниками обладнання, трейдерами. Вони повинні мати можли-

вість доступу до рішень, які генерують технічні платформи на основі обробки великих обсягів даних, та спільної роботи в безпечному віртуальному середовищі.

Як усе це працює? Уявіть собі систему, в якій датчики постійно вимірюють якість ґрунту; реєструються дані про воду, поживні речовини і пестициди, вимірюються їх співвідношення; аналітика прогнозує погоду та її вплив на врожай, коригує норми внесення хімікатів. Урожайність і якість відстежуються й аналізуються, щоб можна було знайти оптимальне співвідношення. Застосування моделей ціноутворення і витрат дає можливість рекомендувати культури з максимально можливим прибутком. Як наслідок, фермерство є більш прибутковим, постачальники поліпшують майбутні версії обладнання, насіння і хімікатів, зменшується негативний вплив на довкілля [10].

Важливими ознаками Chemicals 4.0 також є процеси індивідуалізації продуктів і послуг, кастомізації виробництва. Це дозволяє застосовувати стратегії "з довгим хвостом" (long tail strategies), уникати цінової конкуренції та генерувати додаткову вартість.

Клієнти стають центром змін у цільових ланцюгах, продуктах та послугах. У міру поглиблення взаємодії споживачів із цифровим середовищем (зокрема завдяки цифровим платформам) зростають і можливості аналізу індивідуальних уподобань, впливу на попит та індивідуалізованого налаштування пропозицій.

Так, на смарт-заводі Німецького дослідницького центру штучного інтелекту в Кайзерслаутерні світовий лідер хімічного бізнесу – компанія BASF виробляє спеціально налаштовані шампуні та рідкі мила [1]. Коли тестове замовлення розміщується в режимі онлайн, порожня мильна пляшка, до якої доданий пристрій радіочастотної ідентифікації, повідомляє виробничі машини, які сорт мила, аромат, колір ковпачка і маркування потрібні. Кожна пляшка може повністю відрізнятись від тієї, що розташована поруч із нею на конвеєрній стрічці. Експеримент спирається на бездротову мережу, через яку спілкуються машини та продукти, при цьому роль людини зводиться до введення даних про замовлення.

Індустрія 4.0 допомагає підприємствам хімічної галузі у плануванні їх ланцюгів поставок завдяки поліпшенню видимості процесів усередині ланцюгів (з урахуванням потреб кінцевих споживачів). Крім того, прогнозування моделей попиту на основі Big Data

дозволяє долати надмірну складність, притаманну ринкам хімічної продукції, скорочувати ризики й оперативно перебудовувати виробничі системи та ланцюги поставок. Наприклад, модель прогнозування компанії BASF включає як внутрішню релевантну інформацію, зокрема стратегічну, так і дані про рух зовнішніх чинників (сезонні ефекти, зрушення в суміжних галузях, нормативні зміни) [35, с. 7].

У середовищі Chemicals 4.0 зміщуються межі окремих підприємств, виробничо-економічні системи стають більш відкритими та прозорими. Нові технології сприяють розвитку різних форм інтеграції, мережовості та активізації процесів аутсорсингу.

На відміну від традиційних підходів, які передбачають комплексне управління вертикальною та горизонтальною синергією, у Chemicals 4.0 додається більш самоорганізована координація через Інтернет речей, яка набирає обертів і сприяє гнучкості та новому типу синергії. Стратегічні акценти зміщуються до мереж виробничо-збутових ланцюгів та віртуальних партнерських відносин.

Важливою складовою сучасних перетворень є промислова дигіталізація. Глибокі цифрові трансформації відбуваються і в хімічному секторі: компанії здійснюють оцифрування основних функцій як у внутрішніх операційних процесах, так і з партнерами вздовж ланцюгів створення вартості. Крім того, вони розширюють свої портфелі продуктів із цифровими функціями та впроваджують засновані на даних інноваційні послуги.

Цифровізація хімічних підприємств передбачає послідовну реалізацію трьох підходів: цифрова трансформація існуючих процесів (згідно з досвідом інших галузей очікуване зростання рентабельності становить 5-10%); операційна модель, що базується на даних (10-20%); цифрова бізнес-модель (20-30%) [37, с. 7].

Сьогодні більшість зарубіжних компаній, захоплених можливостями дигіталізації бізнесу, не виходять за рамки першого підходу, де до існуючих основних процесів додають популярні інструменти на кшталт пошукових платформ, наскрізної аналітики (omni-channels) тощо. Такий підхід є прийнятним у короткостроковому періоді.

У середньостроковій перспективі доцільно орієнтуватися на другий підхід із застосуванням інформації та каналів для поліпшення обслуговування клієнтів. Але тільки цілісний підхід, який

охоплює процеси, ресурси, стратегії, системи управління та IT-інфраструктуру, дозволить реалізувати великий потенціал Chemicals 4.0 і є довгостроковим орієнтиром цифровізації бізнесу.

Таким чином, хімічні компанії можуть використовувати смарт-технології для поліпшення бізнес-операцій через дигіталізацію, оптимізацію виробничих процесів і матеріально-енергетичних потоків, управління безпекою, зміцнювати ринкові позиції шляхом розробки і виготовлення смарт-продукції, застосовувати колективні компетенції та великі обсяги інформації завдяки співпраці у ланцюгах створення вартості, а також шукати шляхи розвитку свого бізнесу за допомогою новітніх матеріалів, інтелектуальних хімічних речовин і нових сервісних пропозицій.

Важливим чинником успішних рішень щодо імплементації Індустрії 4.0 є здатність і відкритість до синергетичної взаємодії з іншими учасниками системи. Джерелами синергетичних ефектів, що виникають унаслідок такої взаємодії та забезпечують конкурентні переваги, є як традиційні вигоди горизонтальної та вертикальної інтеграції (трансфер технологій, компетенцій і баз даних; стандартизація, уніфікація та оптимізація бізнес-процесів; скорочення транзакційних витрат; економія часу), так і нові сучасні чинники – створення нових цінностей у вигляді високотехнологічних індивідуалізованих продуктів і послуг із високою цифровою складовою, значне скорочення витрат через перенесення багатьох операцій (дослідження і розробки, закупівлі, продажі) в онлайн, а також доступ до нових моделей і джерел фінансування.

У результаті аналізу передумов і галузевих особливостей становлення Індустрії 4.0 у хімічній промисловості визначено ключові проблеми розвитку вітчизняного хімічного виробництва на смарт-засадах.

1. Структура наявного виробничого потенціалу хімічної промисловості України не відповідає завданням смарт-модернізації.

У глобальному ланцюгу доданої вартості хімічної промисловості "нафта і газ → нафтохімія → базові хімікати → полімери → спеціальна хімія → активні інгредієнти" [15] для процесів смарт-модернізації найбільш значущими є малотоннажні інноваційні хімічні виробництва, де виготовляються новітні матеріали і напівпродукти для нової смарт-промисловості, а також задовольняється споживчий попит на традиційні хімічні товари з високою "розумною"

складовою, наприклад, на інтелектуальну лакофарбову продукцію (завершальні стадії вартісних ланцюгів).

У той же час у структурі української хімічної промисловості традиційно переважають великотоннажні, ресурсоємні, небезпечні та шкідливі виробництва, які виготовляють базову хімічну продукцію, добрива й азотні сполуки (ранні стадії ланцюгів). Раніше було так, що 12-15 структуроутворюючих хімічних підприємств (із понад 4 тис.) забезпечували більше двох третин сукупного доходу галузі та робили основний внесок у її експортні надходження. Відтак, головна увага у сфері економіки й управління хімічною промисловістю зосереджувалася на питаннях забезпечення їх стабільної роботи. Завдання диверсифікації та розвитку інноваційних виробництв розглядалися як другорядні.

Не приділялося належної уваги розвитку інших сегментів і видів діяльності, пов'язаних із виготовленням диференційованої хімічної продукції для споживчих ринків. Це виробництва складної агрохімічної продукції, лакофарбових матеріалів, антипіренів, товарів побутової хімії, косметичних засобів, реагентів для очищення води, матеріалів для сучасних методів діагностики, фармацевтичної продукції тощо. Названі сегменти відрізняються значною участю іноземного капіталу, залученням провідних іноземних технологій, високим потенціалом "розумного" розвитку і можуть стати "точками" смарт-зростання вітчизняного хімічного виробництва.

Наразі частка цих виробництв у структурі реалізованої продукції галузі зростає, але це відбувається здебільшого за рахунок випереджального падіння в секторі базової хімії, де великі підприємства через різні причини суттєво скоротили обсяг випуску продукції та мають комплекс ресурсних, фінансових, соціальних й екологічних проблем (рис. 2.1).

Однак потенціал базових хімічних виробництв, який залишився (але швидко руйнується), – виробнича інфраструктура, технологічний досвід і знання, кваліфікований персонал, зокрема з автоматизації виробництва, партнерські мережі – також можна використати для становлення нових "розумних" хімічних виробництв.

2. Неспроможність великих підприємств виступити локомотивом смарт-трансформацій у галузі.

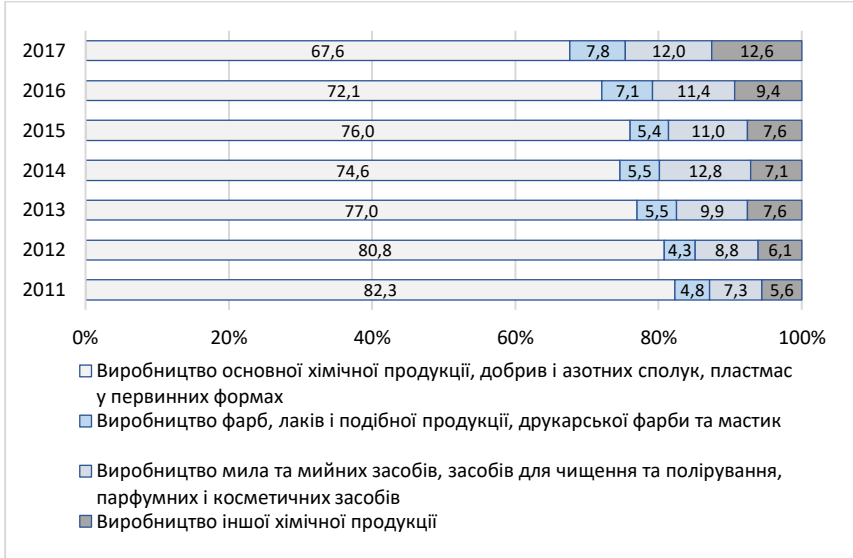


Рис. 2.1. Динаміка структури реалізованої промислової продукції у виробництві хімічних речовин і хімічної продукції у 2011-2017 рр., %

Певні зміни відбуваються і в інституційній структурі галузі. Питома вага великих підприємств має тенденцію до скорочення, і зараз за всіма основними показниками (табл. 2.1) вони поступаються кластеру середніх підприємств. До того ж уже який рік поспіль великі підприємства (передусім ті, що входять до складу холдингу OstChem) є головними генераторами збитків хімічної промисловості. І хоча за підсумками 2017 р. їх від'ємний сукупний фінансовий результат скоротився до 4 млрд грн (проти 32-33 млрд грн у 2014-2015 рр.), очевидно, що сьогодні вони не мають потенціалу інноваційного розвитку.

Згідно з концептуальними засадами німецької Industrie 4.0, що є зараз найпопулярнішим у Європі варіантом неоіндустріалізації, локомотивом нових "розумних" перетворень мають бути великі корпорації. Але існують й інші точки зору на інституційні особливості розвитку процесів четвертої промислової революції.

Таблиця 2.1.

Показники діяльності підприємств з виробництва хімічних речовин і хімічної продукції за їх розмірами

Підприємства	2011 р.		2017 р.	
	абсолютне значення	% до загального показника	абсолютне значення	% до загального показника
Кількість підприємств, од.				
Великі	18	1,3	8	0,4
Середні	193	13,7	161	7,2
Малі	1194	85,0	2075	92,4
Кількість зайнятих працівників, тис. осіб				
Великі	45,3	47,5	25,5	39,0
Середні	40,5	42,5	30,6	46,8
Малі	9,4	10,0	9,3	14,2
Обсяг реалізованої продукції, млн грн				
Великі	39638,7	72,9	27075,7	40,7
Середні	11932,8	22,0	30361,8	45,6
Малі	2795,9	5,1	9078,8	13,7
Фінансові результати до оподаткування, млн грн				
Великі	-989,3	x	-4098,7	x
Середні	101,4	x	-176,3	x
Малі	-173,5	x	-1718,5	x
Рівень рентабельності (збитковості) операційної діяльності, %				
Великі	-0,6	x	-8,3	x
Середні	3,6	x	3,6	x
Малі	-0,3	x	5,0	x

Так, окремі національні ініціативи Industry 4.0, зокрема в Бельгії, Португалії, Іспанії, приділяють велику увагу залученню суб'єктів малого та середнього бізнесу (МСБ). У Чехії, Італії та Швеції пріоритетну роль у розвитку смарт-технологій відіграють університети та дослідницькі центри.

Вивчення сучасних особливостей і результатів діяльності провідних гравців світового хімічного бізнесу [4; 27; 65] свідчить, що технології Індустрії 4.0 стають невід'ємною складовою їх інноваційно-інвестиційних стратегій. Наприклад, компанія BASF вже має широкий портфель інноваційних матеріалів, системних рішень, компонентів і послуг для 3D-друку. У 2017 р. для цілеспрямованого

розширення цього бізнесу було засновано дочірню компанію BASF 3D Printing Solutions GmbH. Крім того, було придбано голландського виробника ниток Innofil3D B.V., що дозволило організувати виробництво довгих тонких пластикових волокон для 3D-друку.

Компанія Yara International, один із лідерів глобального ринку мінеральних добрив, у 2017 р. продовжила розвивати свою платформу для Циркулярної економіки та Інноваційну лабораторію SINTEF. За допомогою SINTEF Yara прагне досліджувати способи революціонізувати виробництво добрив та розробляти технології, що забезпечать більш екологічно чисті, дешеві та розумніші процеси, а також розробку сенсорних технологій.

У середньому диверсифіковані хімічні компанії з Global Top 50 Chemical Companies витрачають на дослідження та розробки 2-4% від обсягів продажу, а лідер інноваційного інвестування – німецька Bayer – більше 10%. Але є сумніви, що вітчизняні хімічні гіганти здатні виконати цю відповідальну місію і модернізувати свої виробництва на засадах Chemicals 4.0. І справа не тільки в ситуаційних чинниках і наслідках фінансово-економічної кризи.

Звичайна бізнес-модель головних суб'єктів хімічної галузі ґрунтується на експлуатації ресурсоемних виробництв низьких технологічних переділів і має на меті "витиснути" з них максимальний результат за рахунок набуття певних позаекономічних переваг. Їх інноваційно-інвестиційна діяльність має (за рідкісним винятком) вимушений адаптаційний характер і спрямована на підтримку працездатності й ефективності наявної техніко-технологічної бази. Ними не накопичено досвід інноваційного стратегування, необхідний для формування і реалізації стратегій смарт-трансформацій.

У розвинутих країнах наразі формується стратегічний підхід до неоіндустріалізації, пов'язаний із пошуком національних продуктово-технологічних ніш у глобальних ланцюгах доданої вартості, зокрема на їх завершальних стадіях, шляхом створення наукомістких малотоннажних та екологічно чистих хімічних виробництв [46]. У вітчизняних умовах провідну роль у цих процесах мають відігравати виробничі й інноваційні структури МСБ.

Частка малих підприємств сектору за основними показниками діяльності відчутно зросла, і зараз вони демонструють досить прийнятний рівень операційної діяльності. Кількість середніх підприємств дещо знизилася, але за іншими показниками цей кластер

зайняв у галузі лідируючі позиції. За окремими технологічними напрямками він має конкурентоспроможний портфель інноваційних розробок, створює нові виробничі потужності та шукає можливості інтеграції у глобальні ланцюги доданої вартості. Тому саме ці суб'єкти (а не великі підприємства) мають потенціал стати основою смарт-модернізації хімічної промисловості України. Це дозволить не повторювати всі складні траєкторії та наздоганяти позавчорашній рівень світового хімічного виробництва, а сформуванати випереджальну стратегію розвитку з орієнтацією на високотехнологічні стадії виробничих ланцюгів.

Системні та ситуативні чинники сприяють реалізації саме такого варіанта смарт-модернізації українського хімічного виробництва.

3. Складність визначення смарт-спеціалізації української хімічної промисловості.

Специфіка хімічного виробництва, пов'язана з різноманітністю його сировини, продуктів, технологій і неможливістю їх повного охоплення в межах галузевої інноваційної системи, ускладнює проблему визначення "точок зростання" і смарт-спеціалізації галузі. Безумовно, ринкові механізми селекції є важливими в процесах визначення смарт-спеціалізації, але складність та масштабність потрібних технологічних змін актуалізують завдання кардинального оновлення системи стратегічного управління галузевим розвитком.

Селективна політика є відомою формою активного регулювання промислового й інноваційного розвитку, яка полягає у підтримці та стимулюванні окремих секторів, видів діяльності та виробництв, визначених як пріоритетні. Разом з тим такий підхід має загальновідомі недоліки. По-перше, значний (у вітчизняних умовах) ступінь суб'єктивності при визначенні пріоритетів, до якого додається чинник лобіювання інтересів окремих груп. По-друге, висока ціна стратегічної помилки при визначенні траєкторій інноваційного і промислового розвитку на тривалу перспективу. До того ж сучасні науково-технологічні зміни, що прискорюються, потребують вчасного коригування раніше визначених пріоритетів.

Означена проблема набуває нової актуальності в контексті викликів, що супроводжують розвиток Індустрії 4.0. У даному випадку акцент треба робити не на визначенні конкретних напрямів смарт-спеціалізації вітчизняних виробництв, а на організації умов

для синергетичної взаємодії зацікавлених груп і досягнення консенсусу в частині їх (напрямів) обґрунтування, фінансування та реалізації.

Зрозуміло, що в умовах обмеженості ресурсів для здійснення масштабної структурної перебудови хімічної промисловості на смарт-засадах недоцільно говорити про її комплексну смарт-модернізацію. Проте її окремі сектори мають певний потенціал для організації смарт-виробництва (у тому числі у глобальних мережах створення вартості) й опанування ніш на величезних за потенціалом ринках смарт-продукції, що формуються. Такий "точковий" підхід дозволяє концентрувати ресурси і важелі для забезпечення прискореного розвитку пріоритетних виробництв, які мають служити драйверами для інших секторів і ринків.

4. Обмеженість джерел фінансування процесів модернізації.

Значне падіння виробництва у ключових сегментах, звуження і перерозподіл експортних потоків через геополітичні чинники, зупинка підприємств у зоні ООС, а також застосування схем штучної збитковості спричинили суттєве погіршення показників фінансової результативності хімічного виробництва (рис. 2.2).

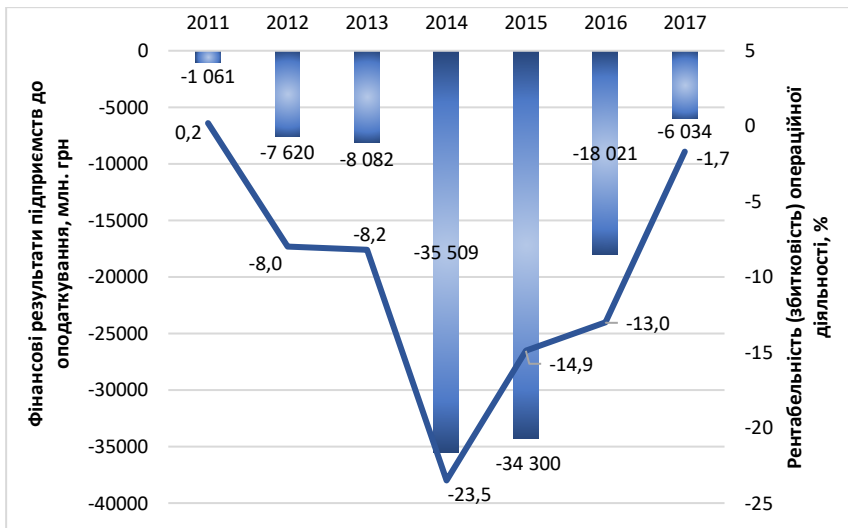


Рис. 2.2. Динаміка фінансової результативності хімічного виробництва України

До того ж велика частка інвестицій направлялася на відновлення зношеного обладнання, тож такий рівень інвестування був недостатнім для вирішення завдань інноваційної модернізації галузі. Логічним наслідком цих процесів стало падіння інвестиційної активності суб'єктів галузі впродовж 2013-2016 рр. (рис. 2.3).

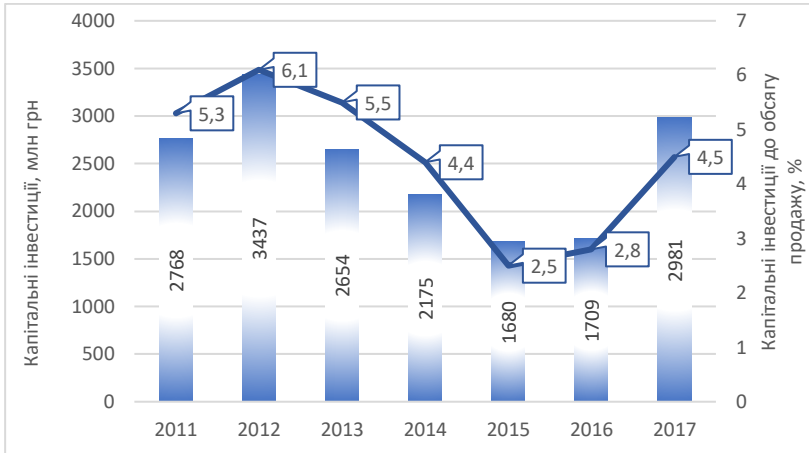


Рис. 2.3. Динаміка капітальних інвестицій у хімічне виробництво України

Дані рис. 2.3 свідчать, що з 2017 р. відбувається поступове відновлення капітальних інвестицій в українське хімічне виробництво, але їх частка в обсягах продажу (4,5%) ще не вийшла на докризовий рівень (6,1%) і перебуває у нижньому діапазоні відповідного показника по групі світових лідерів галузі.

Помітно гіршим є рівень питомих інноваційних витрат у хімічній промисловості України: у 2016 р. він знизився до 0,14%, і за підсумками 2017 р. зріс тільки до 0,4%. Досяжним орієнтиром для відновлення тут має бути рівень 2012 р. – 1,7%.

Скорочення питомих інноваційних витрат у 2016 р. відбулося через суттєве (в 11 разів порівняно з 2012 р.) падіння галузевих інвестицій в інновації (рис. 2.4). Далі за ними різко знизилися галузеві індикатори інноваційної активності та результативності.

У 2017 р. інноваційне інвестування у хімічне виробництво позвалося, але це не спричинило позитивних зрушень в інди-

торах результативності. Разом з тим слід відзначити значне зростання витрат на внутрішні R&D, що може вказувати на поширення в галузі інноваційного мислення та формування відповідних бізнес-моделей.

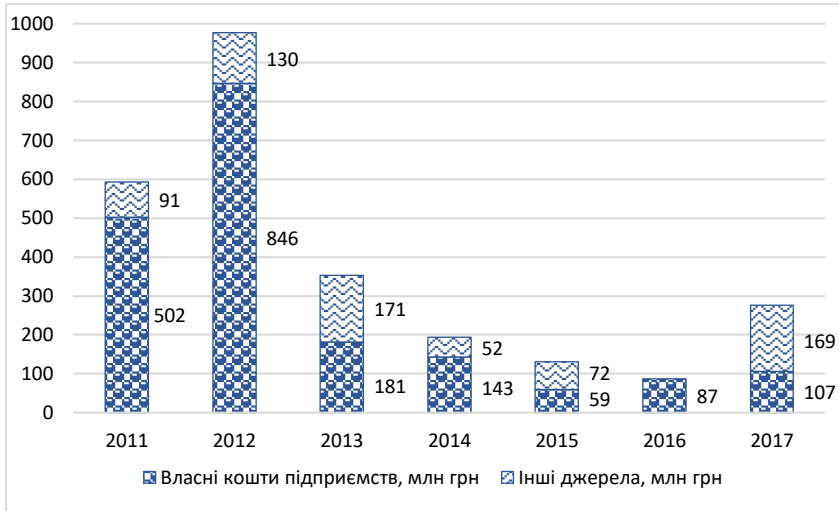


Рис. 2.4. Динаміка фінансування інноваційної діяльності у хімічному виробництві України

Згідно з даними рис. 2.4 зовнішні джерела інвестицій не мають системного характеру, але їх помітний внесок у фінансування інновацій 2017 р. свідчить про інвестиційні перспективи сектору.

Іноземне інвестування може стати потужним драйвером розвитку галузі на інноваційних засадах. Утім динаміка іноземних інвестицій великою мірою залежить від макроекономічних, інституційних та позаекономічних чинників.

У результаті аналізу динаміки іноземних інвестицій у хімічне виробництво встановлено, що їх повільне зростання до 2013 р. змінилося активним відпливом у наступні роки. Якщо у 2013 р. іноземні інвестиції в хімічну галузь становили 2,2% від загального обсягу іноземних інвестицій в економіку України, то у 2017 р. ця частка скоротилася до 1,7%.

Слід зауважити, що підприємства базової хімії мали гарні інвестиційні можливості для кардинальної технологічної модернізації в середині 2000-х років. Їх інвестиційні програми містили чимало заходів щодо технічного переозброєння, оптимізації виробничих потужностей, енергозбереження, диверсифікації виробництва, освоєння нових видів продукції. Однак реалізовані проекти мали поліпшуючий характер у рамках існуючого техніко-технологічного рівня виробництва, що забезпечило лише тимчасову підтримку його конкурентоспроможності.

Сьогодні у секторі переважають "короткі", точкові інвестиції, зорієнтовані на виробництво ліквідної продукції традиційного попиту [57]. Інвестори не зацікавлені у модернізації застарілих українських базових хімічних виробництв через комплекс різнопланових ризиків та наявні кращі альтернативи.

5. Відсутність інститутів взаємодії галузі з ІТ-сектором.

Важливою передумовою успішного становлення та розвитку смарт-виробництв в Україні є високий потенціал її ІТ-сектору. Проте загальні цифрові інструменти та смарт-рішення, які пропонує сектор автоматизації промислового виробництва та ІКТ, мають бути адаптовані в умовах конкретної промислової галузі. З іншого боку, запит на відносно недорогі бізнес-рішення у сфері розвитку смарт-технологій може бути задоволений лише за наявності достатнього обсягу попиту з боку суб'єктів галузі та здешевлення питомих витрат на окремі проекти.

Поки що в Україні найбільшу активність у формуванні відповідного попиту проявляють державні структури, фінансовий, енергетичний і транспортний сектори. У промисловій сфері організація смарт-виробництв – це, скоріше, дотримання модного тренду, ніж відповідь на усвідомлену нагальну потребу у зміні стратегічних підходів та здійсненні модернізації на основі смарт-технологій. Вагомим стримуючим чинником є розуміння надзвичайної складності, масштабності та невизначеності процесів смарт-індустріалізації. Інвестори змушені приймати інвестиційні рішення в умовах високої асиметрії інформації та значних інноваційних ризиків подібних проектів і потребують певних сигналів для їх зменшення.

У вітчизняних реаліях ці проблеми накладаються на загальну низьку інноваційну активність підприємств, незавершеність формування інфраструктури інноваційного розвитку та певні інституційні

питання. У широкому розумінні це означає неготовність (стратегічну, фінансову, технологічну, кадрову, організаційну та ін.) більшості підприємств до кардинальних інновацій та брак необхідних передумов для формування системного попиту на смарт-рішення з боку промислових підприємств.

Отже, розв'язання проблем ринкової взаємодії промислового й ІТ-секторів, доступності смарт-технологій шляхом, зокрема, формування системного попиту на них, а також запровадження інструментів скорочення інноваційних ризиків потребує сучасних інституційних рішень з урахуванням галузевої специфіки.

Виходячи із секторальних особливостей та проблем становлення "розумних" хімічних виробництв, пропонуються такі напрями смарт-модернізації хімічної промисловості України.

1. Розвиток наукоємних екологічно безпечних автоматизованих малотоннажних виробництв із високою доданою вартістю у високотехнологічних сегментах вартісних ланцюгів. З урахуванням наявної інституційної структури хімічної промисловості України в розвитку секторальних процесів Індустрії 4.0 ставку треба робити на інноваційно активні суб'єкти МСБ. Але оскільки технологічна підготовленість й інвестиційне забезпечення таких структур є недостатніми, необхідна їх спеціалізована підтримка та програмне фінансування.

У рамках реалізації даного напрямку великим підприємствам базової хімії доцільно застосовувати стратегії "з довгим хвостом" для подовження життєвого циклу та підвищення рентабельності наявних виробництв. При виборі напрямів подовження вартісних ланцюгів слід урахувувати потенціал їх цифровізації, виходити за межі власне хімічного виробництва, звертати увагу на суміжні галузі та концентруватися на уточненні й задоволенні потреб кінцевих споживачів. Прикладом реалізації такого підходу є організація випуску карбамідно-аміачної суміші – високоякісного мінерального добрива – у Черкаському ПАТ "Азот" та ПАТ "ДніпроАзот" [67].

В інвестиційному плані така трансформація стратегічних орієнтирів у розвитку хімічного виробництва означає можливість паралельно-послідовного способу інвестування, коли створення виробництв із високою доданою вартістю фінансується за рахунок

коштів, що генеруються попередніми стадіями. Саме така можливість наразі існує у вітчизняному секторі базової хімії, який відновлювався впродовж 2017-2018 рр. із щорічними темпами 117-118%. Цей шанс необхідно використати для збереження і подовження продуктових ланцюгів, які є традиційними для української хімічної промисловості, та закладення основ нового технологічного рівня виробництва, що базується на смарт-інноваціях.

Для подолання обмеженості власних інноваційно-інвестиційних ресурсів і зниження ризиків доцільно застосовувати сучасні форми підтримки та стимулювання інноваційних ініціатив. Наприклад, сприяння організації тестових майданчиків для реалізації пілотних і демонстраційних інноваційних проєктів на базі діючих або законсервованих промислових об'єктів. За сприятливих умов українські промислові зони можуть викликати інтерес з боку лідерів-інноваторів світового хімічного бізнесу завдяки готовим інфраструктурним і логістичним рішенням, кваліфікованому персоналу та низьким накладним витратам. У більш широкому розумінні слід розглядати використання потенціалу кластерів та індустріальних парків для смарт-модернізації хімічного виробництва [56; 66].

2. Залучення зовнішніх інвестицій галузей-споживачів у цифровізацію та смарт-модернізацію хімічних виробництв. Цей напрям ґрунтується на особливій ролі хімічного виробництва як ключового постачальника "розумних" матеріалів для сучасних технологій і виробництв Індустрії 4.0, що перетворює його на необхідну складову будь-якої інноваційної екосистеми у смарт-економіці, яка формується.

Розуміння важливості новітніх матеріалів у сучасному інноваційному розвитку відображено в основних нормативно-правових актах України з регулювання інноваційної діяльності та розвитку високотехнологічних виробництв, де створення нових матеріалів віднесено до пріоритетних напрямів. Прикладом реалізації даного підходу в дослідницькій сфері є Цільова програма наукових досліджень НАН України "Нові функціональні речовини і матеріали хімічного виробництва".

У практичній площині стратегічне завдання полягає в активізації співпраці із суміжними галузями, пошуку своїх ніш у міжгалузевих смарт-мережах, організації та отриманні відповідних синер-

гетичних ефектів. Так, вищенаведена концепція "точного землеробства" дозволяє розглядати сільське господарство як перспективного партнера хімічного виробництва у застосуванні смарт-рішень.

Аграрна галузь є одним із локомотивів української економіки. Вона генерує значну частину ВВП та експортних надходжень. Упровадження нових технічних рішень, зокрема цифрових, є актуальним напрямом збільшення ефективності аграрного виробництва. Отже, вітчизняний аграрний сектор має потребу й інвестиційні можливості для розвитку різних міжгалузевих інноваційних екосистем, у тому числі співпраці з хімічним виробництвом для реалізації концепції "точного землеробства".

3. Організація платформної моделі галузевої інноваційної екосистеми для становлення смарт-виробництва в хімічній галузі.

Здійснення смарт-модернізації галузі потребує всебічного опрацювання та виконання комплексу актуальних завдань. До складу основних можна віднести інвентаризацію науково-технологічного та інноваційного потенціалу галузі, визначення їх конкурентоспроможних і перспективних сегментів; вибір й обґрунтування напрямів смарт-спеціалізації галузі відповідно до конкурентних переваг наявного потенціалу та векторів технологічного розвитку; аналіз секторальних особливостей застосування технологій Індустрії 4.0 та кращих практик створення і функціонування галузевих кіберфізичних систем; формування сучасних механізмів координації зусиль у галузі досліджень і розробок та промислової цифровізації, підтримки галузевих освітніх програм, активізації міжнародної освітньої та науково-технологічної співпраці, мобілізації інвестиційних ресурсів, розподілу проектних ризиків, галузевої та міжгалузевої дифузії смарт-рішень; запровадження інструментів підтримки інноваційного МСБ.

Зарубіжний досвід свідчить, що для системного вирішення цих та суміжних завдань доцільно використовувати потенціал технологічних платформ (ТП).

ТП є однією з форм державно-приватного партнерства в інноваційній сфері та загальноновизнаним у світі інструментом організації синергетичної взаємодії бізнесу, науки, освіти, держави та громадянського суспільства при провідній ролі промислового сектору. Концепція ТП була запропонована Європейською Комісією на початку 2000-х років як інструмент для визначення науково-технічних

і технологічних пріоритетів розвитку ЄС. Європейські ТП є складовими Рамкових програм ЄС з наукових досліджень і технологічного розвитку (VIII Рамкова програма, або програма "Горизонт 2020").

Сьогодні у Європі функціонують 38 ТП, серед яких провідна в хімічній індустрії Європейська технологічна платформа зі сталої хімії (European Technology Platform for Sustainable Chemistry – SusChem) [34], у рамках якої розроблені та впроваджуються довгострокові стратегії розвитку смарт-напрямів хімічного виробництва. Як своє бачення SusChem декларує конкурентоспроможну та новаторську Європу, де стала хімія та біотехнологія разом забезпечують рішення для майбутніх поколінь.

Важливою складовою діяльності SusChem є сприяння формуванню та розвитку мережі національних технологічних платформ (SusChem National Technology Platforms). Останні допомагають підключити мислення SusChem до національних і регіональних програм, а також сприяють транснаціональному співробітництву.

Створення в Україні саме такої, "дзеркальної" щодо європейської платформи SusChem, національної ТП дозволить залучити провідний європейський досвід організації та стимулювання інноваційних екосистем, становлення галузевих смарт-виробництв і сприятиме подальшій інтеграції українського хімічного сектору в європейський економічний простір.

В Україні існує певний досвід розробки і реалізації концепції ТП, але формат і змістовне наповнення кожної ТП має бути результатом самоорганізації та консенсусним рішенням кожної галузевої спільноти. Роль держави при цьому має зміщуватися вбік підтримки колективної ініціативи, правового регулювання та сприяння інституційному самовизначенню і самоорганізації таких утворень.

Висновки до розділу 2

1. Українська промисловість як невід’ємна складова світової промислової системи має активно приєднатися до загального процесу імплементації технологічних досягнень четвертої промислової революції, керуючись стратегічним баченням їх наслідків для країни у глобальному та національному вимірах. Становлення смарт-

промисловості в Україні слід розглядати як ключовий вектор її розвитку на засадах інноваційної моделі неоіндустріалізації. Тому надзвичайно важливо розробити науково обґрунтовану стратегію національного промислового розвитку, яка, по-перше, була б адекватною викликам та можливостям світової економіки, що глобалізується та інтегрується; по-друге, враховувала б специфіку економічних та інституційних умов України.

2. При формуванні концепції становлення смарт-промисловості в Україні актуальним завданням є визначення пріоритетних напрямів, на яких необхідно сконцентрувати зусилля всіх зацікавлених економічних суб'єктів та обмежені наявні ресурси.

Систематизацію напрямів промислової "смартизації" доцільно здійснювати за трьома основними ознаками: технологічною, цільовою та факторною. До пріоритетних технологічних напрямів становлення смарт-виробництва слід віднести: впровадження адитивних та інших авангардних обробних технологій на базі систем із програмним забезпеченням; розвиток роботизації та антропоморфних систем, що мають штучний інтелект; розвиток мереж промислового інтернету речей; створення організаційно-управлінських систем на основі ІКТ обробки великих даних; розвиток промислових цифрових платформ для е-комерції.

3. У контексті реалізації стратегічних пріоритетів внутрішнього соціально-економічного розвитку України (національна безпека, економічний динамізм та ефективність, рівень та якість життя) провідними цільовими напрямами становлення смарт-промисловості доцільно визначити державно-безпековий, економічно-екологічний, соціально-трудоий. У глобальному вимірі стратегічних завдань пріоритетними цільовими напрямами "смартизації" мають вважатися статусно-безпековий (забезпечення необхідного рівня геополітичної та гео економічної суб'єктності та безпеки), конкурентно-ринковий (досягнення високих позицій у міжнародній економічній системі), інтеграційний (ефективна інтеграція у міжнародні економічні процеси і структури).

4. Вибір напрямів розвитку смарт-промисловості має ґрунтуватися на комплексному аналізі її потенційних наслідків (як позитивних, так і негативних) та ймовірних ризиків для всіх рівнів, основних суб'єктів, функціонально-виробничих сфер і чинників виробництва тощо. Потенційно можливими виробничо-економічними

наслідками для промислового виробництва є запровадження нових методів обробки (нові технології та робочі місця), розвиток гнучкого виробництва, поглиблення індивідуалізації продукції, становлення інноваційних бізнес-моделей.

5. На сучасному етапі розвитку України потенційні ризики для становлення смарт-промисловості пов'язані з геополітичною, макроекономічною, кон'юнктурною нестабільністю, негативними тенденціями у сфері R&D та на внутрішньому ринку праці, бюджетними і комерційними фінансово-інвестиційними обмеженнями, олігархічно-монополістичною структурою національної економіки та ін. Суттєво можуть вплинути на перебіг промислових смарт-трансформацій чинники структурно-галузевої деформованості та платоспроможної обмеженості внутрішнього ринку.

6. Аналіз готовності промисловості до здійснення стратегії смарт-розвитку доцільно виконувати в декількох аспектах, серед яких: мотиваційна зрілість ключових суб'єктів (за стратегічною цілеспрямованістю); ресурсне забезпечення (за основними видами ресурсів); науково-технологічне забезпечення (розвиток R&D, доступність зовнішніх ринків техніко-технологічних інновацій); можливості використання чинників-драйверів і нейтралізації / подолання обмежень (ризиків); інституційні умови (особливості державної промислової та суміжних політик, розвиток специфічних для реалізації напрямку інститутів, законодавчо-нормативна база).

7. У результаті аналізу особливостей становлення смарт-виробництв за окремими видами промислової діяльності обґрунтовано декілька важливих аналітичних та концептуальних положень.

7.1. Металургійна промисловість, яка залишається одним із лідерів української економіки, має певний потенціал щодо розвитку на основі смарт-технологій. Цьому сприяє переорієнтація провідних галузей-металоспоживачів (машинобудування та будівництво) у русло смарт-розвитку, широкі можливості застосування "розумних" технологій у самій металургії та посилення соціогуманітарної відповідальності галузі перед суспільством. Суттєве значення має експортоорієнтованість галузі – українські підприємства не можуть залишатися осторонь пришвидшеної дигіталізації фінансово-логістичних операцій, притаманної зарубіжним контрагентам. Основний продукт галузі – сталь – відіграє важливу роль у ланцюжках доданої

вартості та може бути досить ефективним ресурсом у циркулярній економіці, яка формується.

Головною метою розвитку смарт-виробництва у металургійній галузі є підвищення її адаптивності до динамічних змін виробничих та ринкових умов. Специфічною ознакою галузевої стратегії "смартизації" є орієнтація на зниження витрат та підвищення ефективності (як чинника виживання та присутності на зовнішніх ринках) на відміну від світових виробників, орієнтованих на принципово нові вимоги клієнтів-металоспоживачів.

Як перспективні для вітчизняної металургії напрями впровадження смарт-рішень оцінюються: промисловий інтернет речей (ІоТ) – для дистанційного управління та регулювання виробничого процесу в режимі реального часу на великій території; системи на основі смарт-пристроїв (датчиків, актуаторів, лічильників) – для контролю та оптимізації роботи обладнання і технологічних процесів; інтелектуальне моделювання та візуалізація "закритих" і небезпечних технологічних процесів; роботизація і технології безпілотних летальних апаратів – для поліпшення умов праці та вирішення геодезичних завдань; технології, засновані на порошковій металургії (в основному 3D-друк, у перспективі технології 4D та Metal Injection Molding) – для задоволення попиту високотехнологічних галузей-споживачів (аерокосмічної, оборонної, суднобудівної та ін.).

Проте наразі вітчизняна металургія досить повільно просувається за цими напрямами. Основними стримуючими чинниками виступають проблеми організації надійного інтернет-зв'язку, низька вартість робочої сили (порівняно з роботами), необхідність значних капіталовкладень, присутність на зовнішніх ринках із продукцією первинних переділів, нерозвиненість внутрішнього попиту на високоточні металовироби (за технологією 3D-друку) та ін.

Найбільш активно смарт-рішення запроваджуються в організаційно-економічній діяльності металургійних підприємств та процесах технологічного контролю (виробнича сфера). Цифровізація продукції, послуг та всієї бізнес-моделі уможливило технологічну й управлінську інтеграцію всіх підрозділів підприємства або корпорації, суттєво поліпшує взаємодію з постачальниками та споживачами. Позитивні соціальні наслідки від смарт-інновацій наразі є

майже невідчутними, що потребує підвищення уваги до проблем зайнятості, умов праці, перепідготовки персоналу.

7.2. Хімічна промисловість є важливим сектором сучасної світової економіки, який успішно імплементує ідеї смарт-виробництва, реалізуючи галузеву концепцію Chemicals 4.0 (Хімічна індустрія 4.0). Перетворення на засадах Chemicals 4.0 пов'язані з інноваційним оновленням і модернізацією хімічного виробництва вздовж усього ланцюга вартості, включаючи моделювання, проектування, експлуатацію, логістику, управління та контроль хімічного виробництва. Хімічні компанії можуть використовувати технології Індустрії 4.0 для поліпшення бізнес-операцій через дигіталізацію, оптимізацію виробничих процесів і матеріально-енергетичних потоків, управління безпекою, зміцнювати ринкові позиції шляхом розробки і виготовлення смарт-продукції, застосовувати колективні компетенції та великі обсяги інформації завдяки співпраці у ланцюгах створення вартості, а також шукати шляхи розвитку свого бізнесу за допомогою новітніх матеріалів, інтелектуальних хімічних речовин та нових сервісних пропозицій.

Серед стартових проблем розвитку вітчизняного хімічного виробництва на засадах "смарт" найбільш важливими є: недостатня розвиненість сегменту малотоннажних інноваційних хімічних виробництв, де виготовляються новітні матеріали і напівпродукти для нової смарт-промисловості, а також задовольняється споживчий попит на традиційні хімічні товари з високою "розумною" складовою; інвестиційно-інноваційна неспроможність великих підприємств виступити локомотивом смарт-трансформацій; складність визначення стратегічної комплексної смарт-спеціалізації вітчизняної галузі; недоліки і проблеми інституційного характеру.

Виходячи із секторальних особливостей та проблем хімічного виробництва в Україні, перспективним напрямом його смарт-модернізації має стати розвиток наукоємних екологічно безпечних автоматизованих малотоннажних виробництв із високою доданою вартістю у високотехнологічних сегментах вартісних ланцюгів. Активне просування шляхом смарт-рішень має базуватися на активній співпраці із суміжними галузями (насамперед, споживачами), пошуку ніш у міжгалузевих смарт-мережах, розвитку міжгалузевих інноваційних екосистем, організації платформної моделі галузевої інноваційної екосистеми.

Література до розділу 2

1. Alessi C. (2014). Germany develops "smart factories" to keep an edge. MarketWatch. Oct. 27. URL: <http://www.marketwatch.com/story/germany-develops-smart-factories-to-keep-an-edge-2014-10-27>.
2. Budde F., Ezekoye O., Hundertmark T., Prieto M., Simons T. (2017). Chemicals 2025: Will the industry be dancing to a very different tune? McKinsey&Company.
3. Chalabyan A., Jänsch E., Niemann T., Otto T., Zeumer B., Zhuravleva K. How 3-D printing will transform the metals industry. McKinsey&Company. August 2017. Available at: <https://www.mckinsey.com/industries/metals-and-mining/our-insights/how-3d-printing-will-transform-the-metals-industry> [Accessed 26 March 2019].
4. Das S., Icart I. Innovation policy of European chemical companies with special focus on large companies. Revista Internacional de Organizaciones. No. 14. Pp. 123-157. doi: <https://doi.org/10.17345/rio14.123-157>.
5. Digital Transformation Initiative. Mining and Metals Industry. World Economic Forum. In collaboration with Accenture. White Paper. January 2017. 36 p. Available at: <http://reports.weforum.org/digital-transformation/wp-content/blogs.dir/94/mp/files/pages/files/wef-dti-mining-and-metals-white-paper.pdf> [Accessed 26 March 2019].
6. Fact Sheet. Addressing climate change through technology transfer and research products. World Steel Association. 4 p. Available at: http://www.steelforpackaging.org/uploads/ModuleXtender/Themesslides/10/fact_technology_transfer_2014.pdf [Accessed 18 March 2019].
7. Ferneyhough G. Steel rises to the challenges of Industry 4.0. World Steel Association. February, 2018. Available at: <https://stories.worldsteel.org/innovation/steel-rises-challenges-industry-4-0/> [Accessed 27 March 2019].
8. G20 Global Forum on Steel Excess Capacity. Ministerial Meeting Remarks on Trade by Angel Gurría. OECD. Berlin, 30 Nov. 2017. Available at: <http://www.oecd.org/economy/g20-global->

- forum-on-steel-excess-capacity-germany-2017.htm [Accessed 18 March 2019].
9. Gentner S. (2016). Industry 4.0: reality, future or just science fiction? How to convince today's management to invest in tomorrow's future! Successful strategies for industry 4.0 and manufacturing IT. CHIMIA. Vol. 70 (9). Pp. 628-633. doi: <https://doi.org/10.2533/chimia.2016.628>.
 10. Guertzgen S. (2016). Chemical industry: 4 opportunities provided by Internet of Things. Digitalist. May 12. URL: <http://www.digitalistmag.com/iot/2016/05/12/chemical-industry-4-opportunities-provided-by-internet-of-things-04196654> [Accessed 18 May 2019].
 11. IFR. World Robotics – Industrial Robot Report 2018. Available at: <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/global-industrial-robot-sales-doubled-over-the-past-five-years> [Accessed 18 May 2019].
 12. Impact of the Fourth Industrial Revolution on Supply Chains. 2017. World Economic Forum. Available at: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Impact_of_the_Fourth_Industrial_Revolution_on_Supply_Chains_.pdf [Accessed 18 May 2019].
 13. Jamrisko, M., Miller, L.J., Lu, W. These Are the World's Most Innovative Countries. Bloomberg. 22 Jan. 2019. Available at: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-01-22/germany-nearly-catches-korea-as-innovation-champ-u-s-rebounds> [Accessed 18 March 2019].
 14. Janjua R. Steel digital strategy guided by standardization. World Steel Association. 15 June, 2018. Available at: <https://www.worldsteel.org/media-centre/blog/2018/Steel-digital-strategy-guided-by-standardisation.html> [Accessed 28 March 2019].
 15. Kannegiesser M. (2008). Value chain management in the chemical industry: global value chain planning of commodities. Heidelberg: Physica-Verlag Heidelberg. 270 pp.
 16. Klaus Schwab. The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond. Available at: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/> [Accessed 18 May 2019].

17. Kniaziev S. I. Development of smart industry as an efficient way to implement the policy of neoindustrialization in the world. *Econ. promisl.* 2017. №4 (80). Pp. 5-18. doi: <http://doi.org/10.15407/econindustry2017.04.005>
18. Leeuw, V. (2018). Industrie 4.0: What does it mean for chemical companies? *SmartIndustry*. February. Available at: <https://www.smartindustry.com/articles/2018/industrie-4-0-what-does-it-mean-for-chemical-companies/?show=all> [Accessed 18 May 2019].
19. Meincke H., Nickel J.-P., Westerheide P. (2018). Chemistry 4.0 – Growth through innovation in a transforming world. *Journal of Business Chemistry*. Vol. 15 (1). Pp. 42-53.
20. Mori L., Saleh T., Sellschop R., Van Hoey, M. Unlocking the digital opportunity in metals. *McKinsey&Company. Metals & Mining Practice*. January 2018. 16 p. Available at: https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Metals%20and%20Mining/Our%20Insights/Unlocking%20the%20digital%20opportunity%20in%20metals/Unlocking-the-digital-opportunity-in-metals_Jan-2018.ashx [Accessed 29 March 2019].
21. OECD. OECD Steelmaking Capacity Database. 2000-2017 Steelmaking capacity. [online] OECD Steelmaking Capacity Database. 2019. Available at: https://stats.oecd.org/Index.aspx?datasetcode=STI_STEEL_MAKINGCAPACITY [Accessed 15 March 2019].
22. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), "Enabling the Next Production Revolution: The Future of Manufacturing and Services – Interim Report" (Paris: OECD, June 2, 2016). Available at: <https://www.oecd.org/mcm/documents/Enabling-the-next-production-revolution-the-future-of-manufacturing-and-services-interim-report.pdf> [Accessed 18 May 2019].
23. Otsuka H. Capacity Developments in the World Steel Industry DSTI/SC(2017)2/FINAL. OECD. Directorate for Science, Technology and Innovation Steel Committee. Paris, 07-Aug-2017. 24 p. Available at: http://www.oecd.org/industry/ind/CapacityDevelopmentsWorldSteelIndustry_FINAL.pdf [Accessed 22 Feb. 2019].

24. PwC. "Промышленность 4.0": создание цифрового предприятия. Основные результаты исследования по металлургической отрасли. PwC, 2016. 12 pp.
25. Readiness for the Future of Production Report 2018. World Economic Forum. In collaboration with A.T. Kearney. Insight Report. 2018. 254 p. Available at: http://www3.weforum.org/docs/FOP_Readiness_Report_2018.pdf [Accessed 30 March 2019].
26. Reynolds E. How steel 'nano' needles are helping alter brain surgery. World Steel Association. September 2018. Available at: <https://stories.worldsteel.org/innovation/nano-needle-brain-surgery/> [Accessed 28 March 2019].
27. Shevtsova H., Maslosh O. (2019). Chemical production modernization in the formative phase of Industry 4.0: study of trends and problems of investment support. Technology audit and production reserves. Vol. 1. No. 4 (45). Pp. 30-37. doi: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2019.157152>.
28. Smart Manufacturing. World Steel Association. 2018. Available at: <https://www.worldsteel.org/about-steel/Smart-manufacturing.html> [Accessed 27 March 2019].
29. Spelman M., Gomez F., Weinelt B., et al. (2017). Digital Transformation Initiative. Chemistry and Advanced Materials industry. World Economic Forum, Assenture. 40 pp.
30. Steel – the Permanent Material in the Circular Economy. World Steel Association. 2016. 24 pp. Available at: <https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:7e0dc90a-3efe-41bc-9fb4-85f9e873dfc7/Steel+The+Permanent+Material+in+the+Circular+Economy.pdf> [Accessed 18 March 2019].
31. Steel in the circular economy. A life cycle perspective. World Steel Association. 2015. 32 p. Available at: <https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:00892d89-551e-42d9-ae68-abdbd3b507a1/Steel+in+the+circular+economy++A+life+cycle+perspective.pdf> [Accessed 18 March 2019].
32. Steel statistical yearbook 2007. World Steel Association. 2007. 104 p. Available at: <https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:5a3cd3bc-79f9-44e5-ac54-ed231832cb21/Steel+statistical+yearbook+2007.pdf> [Accessed 18 March 2019].

33. Steel statistical yearbook 2018. World Steel Association. 2018. 122 p. Available at: https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:e5a8eda5-4b46-4892-856b-00908b5ab492/SSY_2018.pdf [Accessed 18 March 2019].
34. SusChem. (2017). Strategic Innovation and Research Agenda. The European Technology Platform for Sustainable Chemistry. 47 p.
35. Thienen S., Clinton A., Mahto M., Shiderman B. (2016). Industry 4.0 and the chemicals industry. Catalyzing transformation through operations improvement and business growth. Deloitte University Press. 20 p.
36. United Nations Industrial Development Organization (2017). Industrial Development Report 2018. Demand for Manufacturing: Driving Inclusive and Sustainable Industrial Development. Vienna. 274p. Available at: https://www.unido.org/sites/default/files/files/2017-11/IDR2018_FULL%20REPORT.pdf [Accessed 18 May 2019].
37. Wehberg G. (2017). Chemicals 4.0. Industry digitization from a business-strategic angle. Deloitte. 43 p.
38. Westerman A., Morawietz M., Geissbauer R., et al. (2016). Industry 4.0: Building the digital enterprise. Chemicals key findings. PricewaterhouseCoopers. 12 p.
39. Wheatley M. Amazon partners with satellite communications firm Iridium to deliver IoT services from space. SiliconANGLE. 27 September, 2018. Available at: <https://siliconangle.com/2018/09/27/amazon-partners-satellite-communications-firm-iridium-deliver-iot-services-space/> [Accessed 27 March 2019].
40. World Economic Forum (2018). The Global Competitiveness Report 2017-2018. Available at: <https://www.weforum.org/reports/the-global-competitiveness-report-2017-2018>. [Accessed 18 May 2019].
41. World Steel in Figures 2018. World Steel Association. 2017. 32 p. Available at: <https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:0474d208-9108-4927-ace8-4ac5445c5df8/World+Steel+in+Figures+2017.pdf> [Accessed 18 March 2019].
42. Арнаутов А., Хазанов Л. Металлургия: завтра уже наступило. Алгоритм успеха. 2017. № 1. С. 19-25.

43. Будущее рынка труда. Противоборство тенденций, которые будут формировать рабочую среду в 2030 году. URL: <https://www.pwc.ru/publications/workforce-of-the-future-rus.pdf> (дата обращения: 12.03.2019).
44. Кабінет Міністрів України. Про схвалення Стратегії розвитку сфери інноваційної діяльності на період до 2030 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 10 липня 2019 р. № 526-р. Офіційний вісник України. 2019. № 57. Ст. 1983.
45. Вишне夫斯基 В.П., Князев С.И. Смарт-промышленность: перспективы и проблемы. Экономика Украины. 2017. №7(660). С. 22-37.
46. Вишневський В.П., Збаразська Л.О., Заніздра М.Ю. та ін. Національна модель неоіндустріального розвитку України: монографія; В.П. Вишневський (ред.). К.: Ін-т економіки промстї НАН України, 2016. 518 с.
47. Гаркушенко О.Н. Информационно-коммуникационные технологии в эпоху становления смарт-промышленности: проблемы определения и условия развития. Экономика промисловості. 2018. № 2(82). С. 50-75. doi: <http://doi.org/10.15407/econindustry2018.02.050>
48. Державна служба статистики України (2017). Використання інформаційно-комунікаційних технологій на підприємствах України. Available at: URL: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/zv.htm (дата звернення: 31.03.2019).
49. Державна служба статистики України (2018). Інноваційна діяльність промислових підприємств України у 2017 році. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/publnauka_u.htm (дата звернення: 31.03.2019).
50. Державна служба статистики України (2018). Капітальні інвестиції. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/ibd/kin/arh_kin_u.htm (дата звернення: 31.03.2019).
51. Диджиталізуєш це: зачєм Мєтінвєстє свєя ІТ-компанія. METINVEST. 12 нєвбєрє 2018. URL: <https://metinvestholding.com/media/news/207297> (дата обращения: 31.03.2019).

52. Запольскис А. Постиндустриальный мир на пути к технологическому феодализму (2019). URL: <https://regnum.ru/news/2637228.html> (дата обращения: 11.06.2019).
53. Ильющенко А.Ф., Савич В.В. История и современное состояние аддитивных технологий в Беларуси, порошки металлов и сплавов для них. *Космічна наука і технологія*. 2017. Т. 23. № 4. С. 33-45. doi: <https://doi.org/10.15407/knit2017.04.033>.
54. Интерпайп – проекты цифровой трансформации производства. IT-Enterprise. URL: <https://www.it.ua/ru/cases/article/interpipes-digital-transformation-of-manufacturing> (дата обращения: 03.04.2019).
55. Розпорядження "Про схвалення Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018-2020 роки та затвердження плану заходів щодо її реалізації" від 17 січня 2018 р. № 67-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/67-2018-%D1%80> (дата звернення: 29.03.2019).
56. Канюка І.В. Індустріальні парки в Україні: без ілюзій. *Хімічна промисловість України*. 2017. № 1. С. 3-11.
57. Ковеня Т.В., Канюка І.В. Промислове інвестування хімічної промисловості України: плюси і мінуси. *Хімічна промисловість України*. 2017. № 1. С. 57-60.
58. Метінвест Діджитал. Система YouControl – онлайн-сервис проверки компаний. URL: https://youcontrol.com.ua/ru/catalog/company_details/42485293/ (дата звернення: 31.03.2019).
59. Міністерство економічного розвитку і торгівлі України (2017). Цілі Сталого Розвитку: Україна. Національна доповідь. URL: http://un.org.ua/images/SDGs_NationalReportUA_Web_1.pdf (дата звернення: 31.03.2019).
60. Наукова та інноваційна діяльність України, 2017 рік: стат. зб. О.О. Кармазіна (відп. за випуск). Київ: Державна служба статистики України, 2018. 178 с.
61. Состояние и перспективы развития рынка робототехники в мире и в России. URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=20507 (дата обращения: 28.04.2019).
62. Тимирчинская О. Игры разума: зачем нужен искусственный интеллект? URL: https://www.gazeta.ru/tech/2019/02/13_a_12180583.shtml (дата обращения 15.05.2019).

63. Технологические прорывы, которые мы совершим до 2030 года. Капитал. URL: <http://www.capital.ua/ru/publication/80609-tekhnologicheskie-proryvy-kotorye-my-sovershim-do-2030-goda#ixzz4п6A2yHRV> (дата обращения: 03.04.2019).
64. Шевцова Г.З. Хімічна індустрія 4.0 як галузева концепція реалізації основ четвертої промислової революції. Економічний вісник Донбасу. 2017. № 2 (48). С. 35-41.
65. Шевцова Г.З., Швець Н.В. Дослідження сучасних чинників розвитку хімічного виробництва в контексті неоіндустріалізації. Економіка промисловості. 2017. № 3 (79). С. 39-57. doi: <https://doi.org/10.15407/econindustry20>.
66. Шевцова Г.З., Швець Н.В. Кластеризація хімічної промисловості: європейський досвід та уроки для України. Вісник економічної науки України. 2017. № 2 (33). С. 103-109.
67. Шевцова Г.З., Швець Н.В. Економіка структуроутворювальних підприємств базової хімії: сучасні тенденції та проблеми. Економіка та право. 2018. № 3 (51). С. 91-100. doi: <https://doi.org/10.15407/econlaw.2018.03.091>.
68. Шилов А. Нанотехнологии: будущее уже наступило. OffshoreView. URL: <https://offshoreview.eu/2018/08/05/nanotehnologii-budushhee-uzhe-nastupilo/> (дата обращения: 28.03.2019).
69. Юрчак А. Глобализация – Клиентоцентричность – Горизонтальная интеграция, или как ИНТЕРПАЙП проходит цифровую трансформацию. Интервью с Денисом Морозовым, директором по финансам и экономике ИНТЕРПАЙП. Индустрия 4.0 в Украине. 23 июня 2018. URL: <https://industry4-0-ukraine.com.ua/2018/06/23/globalizatio-customer-centricity-horizontal-integration/#more-8274> (дата обращения: 29.03.2019).
70. Юрчак О. Вызовы инноваторов Индустрии 4.0 в Украине. (2018). URL: <https://investgazeta.ua/blogs/vyzovy-innovatorov-industrii-4-0-v-ukraine> (дата обращения: 10.06.2019).

3. ДЕРЖАВНЕ РЕГУЛЮВАННЯ СТАНОВЛЕННЯ СМАРТ-ПРОМИСЛОВОСТІ В УКРАЇНІ

3.1. Податково-бюджетне регулювання становлення смарт-промисловості

3.1.1. Концептуальні положення податково-бюджетного регулювання розвитку смарт-промисловості

Штучний інтелект, зростаючий рівень автоматизації, нова концепція роботи онлайн поступово трансформують традиційну промисловість. Вартість формується з використанням нових технологій смарт-промисловості, які збільшують продуктивність і маневреність ланцюгів постачання, створюють нову продукцію та пропонують нові способи взаємовідносин між людиною, економічними суб'єктами і державою. При цьому, на тлі швидкого зростання кількості досліджень у сферах економіки дигіталізації, роботизації та розвитку кіберфізичних систем, усе частіше порушуються питання про те, як нова промислова революція може вплинути на рівень податкових надходжень до бюджету і податково-бюджетну систему загалом.

Даній проблематиці присвячено вже багато публікацій, і не тільки окремих дослідників (М. Бакач-Боваллет і Ф. Блох [8], С. Гупта, М. Кін, А. Шах та Г. Вердье [95], Дж. Кремер [40], Х. Оберсон [133], Р. Шиллер [163] та ін.), але і впливових міжнародних організацій та компаній. Наприклад, у роботах Pricewaterhouse Coopers (PWC) висвітлено питання податкового стимулювання Industry 4.0 [113; 147; 148]. У дослідженнях McKinsey Global Institute і міжнародної мережі аудиторських компаній Deloitte аналізується взаємозв'язок податків і нових виробничих технологій [44; 118; 143]. У роботах фахівців Ernst & Young викладено особливості оподаткування в цифровій економіці, а також застосування можливостей технологій блокчейн [69; 70]. У публікаціях робочих органів OECD багато уваги приділяється питанням ухилення від сплати податків у цифровій економіці та податкового адміністрування, у тому числі з використанням можливостей великих даних [137; 139; 140].

Зростаюча увага до податкової проблематики в умовах промислової революції обумовлена тим, що податки і виробничі технології перебувають у діалектичному взаємозв'язку і взаємозалежності.

З одного боку, специфіка податків, що стягуються в даному місці та в даний період часу, визначається рівнем розвитку техніки, технологій і тих економічних інститутів, які формуються на їх базі, адже для того, щоб стягувати податок, має бути об'єкт, який можна однозначно ідентифікувати і кількісно виміряти з невисокими витратами. В епоху ІКТ, продуктивність яких зростає за експонентою, виникає і швидко поширюється по всьому світу дигіталізоване кіберфізичне виробництво, яке формує нові активи та об'єкти (цифрові), трансформує вже наявні, що в подальшому неминуче призведе до суттєвих змін податкової системи.

Як відзначають фахівці МВФ, "Шляхом трансформації того, як країни збирають, обробляють і впливають на інформацію, цифрові технології можуть змінити спосіб розробки і здійснення урядами своїх податкових, видаткових та макроекономічних політик" [94, с. vii].

З іншого боку, самі податки і суспільні витрати, що фінансуються за їх рахунок, створюють передумови для прискореного розвитку виробничих технологій і економічних інститутів. Податки мають істотний вплив на поведінку людей і діяльність створених ними підприємств, за їх допомогою коригуються негативні екстерналиї та накопичуються ресурси, які направляються на фінансування громадських і квазі-громадських благ, розвиток науки, людського і фізичного капіталу, інфраструктури, у тому числі цифрової тощо. Так, наприклад, витрати на НДДКР, значна частина яких фінансується за рахунок податків, збільшилися у світі з 1,0 трлн дол. у 2000 р. до 17 трлн дол. у 2015 р.

Аналіз результатів досліджень щодо трансформації податків в умовах нової промислової революції, а також основних техніко-технологічних особливостей кіберфізичних систем [33] дозволив визначити основні напрями очікуваних змін в економіці та податковій сфері. Слід відзначити, що наведені дані є неповними апріорі схильними до змін вже найближчим часом, оскільки буквально щодня у світі з'являються нові технології.

Цифровізація. Цифрові трансформації у світовій економіці, перш за все, пов'язані з переведенням інформації у цифрову форму. Це стосується як цифрових технологій, так і продукції, що випускається. Такою продукцією можуть бути як цифрові товари та послуги (digital goods and services), які існують у нефізичній (intangible) формі, так і фізичні товари з цифровим маркуванням. Також ключовою характеристикою цифрової економіки є підвищена транскордонна ділова активність.

З позицій оподаткування такі цифрові трансформації можна оцінювати позитивно, оскільки збільшення доходів бізнесу може привести до зростання обсягів податкових надходжень. Однак цифрові товари можуть також зменшувати базу оподаткування, тому що, по-перше, вартість цифрових товарів зазвичай нижче, ніж їх фізичних оригіналів; по-друге, розрахунок за цифрові товари та послуги може бути не грошовим, а у формі бартеру; по-третє, у зв'язку із зростанням обсягів транскордонної торгівлі через інтернет частина доходів економічних суб'єктів виходить з-під дії національного податкового законодавства.

Наслідками зростаючих обсягів транскордонних онлайн-транзакцій можуть стати зменшення потреби у місцевому персоналі для виконання певних завдань, а також більша гнучкість у частині вибору місця розташування серверів та інших цифрових пристроїв, виробничих майданчиків; використання трансфертних цін, що знижують податкові зобов'язання; вибір юрисдикції з більш лояльними вимогами у сфері оподаткування тощо.

Автоматизація та роботизація виробництва. Четверта промислова революція привела до прискорення процесів автоматизації та роботизації, особливо в таких сферах, як роботизоване розширення можливостей людини (robotic human augmentation) і застосування промислових роботів (industrial robots) [107, с. 73], які беруть на себе безліч виробничих завдань, передусім тих, які є важкими, небезпечними або непрактичними для людини.

Такі технічні та технологічні нововведення можуть призвести до глибоких трансформацій на ринку праці – скорочення робочих місць та потреби у підвищенні кваліфікаційних навичок для роботи в кооперації з роботами. У таких умовах може істотно звужитися база податків на працю і виникнути "парадокс достатку", коли сус-

пільство загалом стає багатшим, але водночас зростає і майнове розшарування.

Розвиток людського капіталу. Одним із напрямів розвитку людського капіталу для смарт-промисловості є формування STEM-персоналу, висококваліфікованих фахівців, які мають цифрові навички у сфері високих технологій. Поняття "цифрові навички" включає технічні та ІТ-навички, а також поєребує прийняття самостійних рішень, комунікації, управління даними і здійснення контролю у процесі виробництва [142, с. 49].

Для створення ефективної системи безперервного навчання велике значення має стимулювання інвестицій в освіту, підвищення кваліфікації та перекваліфікацію персоналу, у тому числі з використанням податкових інструментів.

Екологізація смарт-промисловості. Концепція екологізації ("озеленення") промисловості полягає у максимально можливому зниженні рівня техногенного навантаження (екологічного сліду), створеного економічною (виробничою) діяльністю, при збереженні оптимальних темпів економічного зростання, тобто за фактом – досягнення сталого розвитку [8].

Податково-бюджетне регулювання розвитку "зеленої" смарт-промисловості спрямоване на зміну національної економічної моделі в частині підходів до ресурсоспоживання, способу виробництва благ і структури експорту, що пред'являються до властивостей кінцевого продукту; поєднує стимулюючі й обмежувальні регулятори, що сприяють зрушенню фіскального тягаря на екологічні податки та митні збори; передбачає цільові пільгові умови та прямі державні замовлення для екологічно лояльних ініціатив.

Податки на прибутки від реалізації цифрових товарів і послуг. Поява нових бізнес-процесів та бізнес-моделей, значні масштаби ринку цифрових товарів та послуг, а також динаміка його зростання [152; 153; 175] зумовлюють необхідність пошуку нових підходів до оподаткування прибутку від реалізації цифрових товарів і послуг. Наразі у світовій спільноті активно обговорюється питання про те, якою має бути система оподаткування прибутку від реалізації цифрових товарів та послуг.

1. Оподаткування прибутку від реалізації цифрових товарів та послуг передбачає чітке визначення того, що являють собою циф-

рові товари та послуги; де межа між цифровими та нецифровими товарами та послугами; які бізнес-процеси, бізнес-моделі та компанії є цифровими, частково цифровими або нецифровими.

2. Наразі цифрові бізнес-моделі є нетрадиційними, тому наповнення бюджету за рахунок оподаткування прибутку від реалізації цифрових товарів та послуг розглядається як додаткові надходження. Проте згодом те, що вважається нетрадиційними бізнес-моделями, стане традиційним. Отже, до того часу важливо створити та накопичити досвід оподаткування прибутку від реалізації цифрових товарів та послуг, навіть за умови значних витрат на формування та відпрацювання нових механізмів визначення вартості, проведення НДДКР у сфері блокчейн-технологій тощо.

3. Оскільки цифрові товари та послуги реалізуються через інтернет, а часто і з використанням посередника у вигляді цифрової платформи, ймовірним є виникнення "доходів без громадянства". У цьому контексті важливим є розуміння того, що проблему оподаткування прибутку від реалізації цифрових товарів та послуг доцільно вирішувати на наднаціональному рівні. Національні рішення можуть мати місце лише як перехідний варіант до того часу, поки не буде сформоване глобальне вирішення проблеми.

4. Поява нових бізнес-процесів та бізнес-моделей зумовлює виникнення нових поглядів на формування вартості цифрових товарів та послуг, які мають ураховуватися при оподаткуванні прибутку від їх реалізації. Нова теорія цифрової праці доводить, що вартість цифрових послуг створюють користувачі, які беруть участь у формуванні великих даних [83], а отже, прибуток від реалізації цифрових товарів та послуг має оподатковуватися у країнах, мешканці яких брали участь у формуванні Big Data та взаємодіяли з цифровою рекламою (переглядали її) (додаток А).

5. В умовах глобалізації та цифровізації різниця між ціною цифрових товарів у межах країн може викривляти рішення компаній та споживачів, а різниця між ціною фізичних і цифрових товарів – впливати на потенційні податкові надходження до бюджету.

6. Передбачається, що наразі міжнародні правила оподаткування прибутку, які не оподатковують компанії у країнах їх цифрової присутності, призводять не лише до втрат податкових надходжень до бюджетів країн, але і до формування несправедливості в оподаткуванні традиційних та цифрових компаній, дестимулю-

ючи діяльність перших [67; 69]. Разом з тим дослідження М. Бауер демонструє, що реальна ефективна податкова ставка цифрових компаній є вищою за реальну ефективну податкову ставку традиційних компаній [11]. Отже, впровадження додаткових видів податків, якими обкладатимуться суто цифрові компанії, може призвести до зворотного ефекту – викривлення інвестиційних рішень та дестимулювання компаній, які працюють на основі цифрових бізнес-моделей.

7. Поява цифрових бізнес-моделей сприяє формуванню нових або трансформації старих підходів до розрахунків. Так, розрахунок за цифрові товари та послуги може бути не грошовим, а у формі бартеру, наприклад, рекламного бартеру. Наразі суми операцій з рекламного бартеру можуть сягати мільйонів доларів США [98], а отже, потребують додаткової уваги щодо їх контролю та оподаткування.

Урахування всіх зазначених чинників у фіскальних процесах є непростим завданням, яке намагається вирішити світова спільнота. Результатом має стати розроблений та впроваджений у дію механізм оподаткування цифрових компаній, які отримують прибуток у певній країні, не маючи там фізичної присутності.

Податки на продажі цифрових товарів і послуг. У широкому розумінні ¹ у світі використовується два основних типи податків на продажі:

безпосередньо податок на продажі (sales tax) – переважно у США на рівні штатів ²;

¹ Податок на продажі в більшості випадків застосовується *безпосередньо на етапі продажу* товарів кінцевим споживачам, а податок на додану вартість – *на всіх етапах* проходження товару (послуги) до кінцевого споживача та ним обкладається саме додана вартість продукту, що створюється на кожному з цих етапів. Проте якщо виходити з цієї позиції, що покупець (як кінцевий, так і проміжний) стає свідком виникнення ПДВ саме при здійсненні операцій з продажу, то податки на продажі й ПДВ можна об'єднати в групу податків на продажі, відмінну, наприклад, від податків на доходи. Такої самої позиції дотримуються і фахівці ОЕСР, які у своїй класифікації податків об'єднали ПДВ та податки на продажі в одну групу [77, Annex A.1]. Далі при дослідженні аспектів оподаткування податок на продажі та ПДВ аналізуються окремо.

² Окрім штатів Аляска та Орегон [50, с. 2].

податок на додану вартість товарів і послуг (Value added tax – VAT, ПДВ) та майже його повний аналог – податок на товари та послуги (Goods and services tax – GST).

Наразі більше 150 (70%) країн світу використовують ПДВ або GST [109; 216].

У доцифрову епоху податки на продажі, ПДВ та GST зарекомендували себе як зручні інструменти формування значних податкових надходжень при порівняно незначному опорі їм з боку платників податків та витратах на їх адміністрування. Так, у середньому по ОЕСР надходження ПДВ у період з 2000 до 2015 р. становили від 6,2 до 6,7% сумарного ВВП країн-членів цієї організації, або від 19,4 до 20,1% усіх їх податкових надходжень за аналогічний період [153]. В Україні надходження від ПДВ за приблизними оцінками щорічно становлять близько 10% ВВП країни. Податки на продажі та ПДВ були і залишаються важливими інструментами формування дохідної частини бюджетів.

Однак розвиток електронної комерції, яку ОЕСР трактує як "...продаж або придбання товарів чи послуг, які здійснюються через комп'ютерні мережі за допомогою методів, створених саме з метою отримання або розміщення замовлень" [113, с. 9] або, у ширшому розумінні, як "...використання комп'ютерних мереж для сприяння виробництву, розповсюдженню, продажу та доставці товарів і послуг" [119], робить вкрай складним визначення того, де придбано товар, де його спожито, де знаходиться покупець – тобто місця оподаткування, що призводить до неоподаткування операцій у сфері електронної комерції та втрат податкових надходжень бюджетами. А це значні суми, якщо проаналізувати обсяги операцій на даному ринку і динаміку його розвитку.

У ЄС у 2008 р. на частку електронної торгівлі припадало 12% загального обсягу торгівлі в цьому об'єднанні, а в 2016 р. цей показник зріс вже до 18% [61]. У світовому масштабі показники обсягів та динаміки електронної торгівлі є ще більш вражаючими: у 2014 р. обсяги лише роздрібною електронною торгівлю становили 1,34 трлн дол., у 2017 р. – 2,3, у 2021 р. вони мають скласти 4,88 трлн дол. [152]. За деякими оцінками обсяги електронної торгівлі у 2025 р. становитимуть до 50% загальної світової економіки [189].

З розвитком електронної комерції та цифрових технологій змінилася сама природа товарів: книжки та аудіо-, відеофайли в електронному форматі, а не на паперових носіях, дисках, касетах тощо, ліцензії на програмне обладнання, онлайн-трансляції тощо.

Динаміка зростання обсягів електронної торгівлі саме нематеріальними товарами та послугами вражає: у 2013 р. у світі було придбано таких товарів на суму 102 млрд дол., у той час як у 2012 р. цей показник становив 64 млрд дол. Сукупний дохід організацій, що здійснюють електронну торгівлю нематеріальними товарами і послугами у 2013 р. перевищив 26 млрд дол., тобто на 31% більше, ніж у 2012 р. Загальносвітовий обсяг рекламних послуг в Internet (також належить до нематеріальних товарів і послуг) у 2012 р. сягнув 100,2 млрд дол., що на 17% більше показників 2011 р. і становить 20% усього світового обсягу рекламних послуг [113, с. 12].

При цьому у глобальних масштабах більше 90% клієнтів компаній у сфері електронної торгівлі належать до юридичних осіб (тобто business-to-business (B2B), на відміну від торговельних угод між бізнесом та кінцевими споживачами – фізичними особами або тими, що не зареєстровані як платники податків, – business-to-consumer (B2C)) [113, с. 10].

Оскільки кількість підприємств у світі менше за чисельність населення та зазвичай підприємства зобов'язані надавати фінансову, статистичну і податкову звітність, їх витрати, у тому числі у сфері електронної комерції, відстежити дещо легше та в плані адміністративних витрат дешевше. Податкові системи країн, зокрема системи податків на продажі, не встигають адаптуватися до таких швидких змін, що призводить до втрат податкових надходжень у глобальних масштабах.

Податкове регулювання сектору ІКТ: міжнародний аспект. Становлення і розвиток цифрової економіки змінюють природу обміну, стираючи межі між товарами і послугами, трансформуючи товари в їх цифровий вигляд. Це, у свою чергу, приводить до необхідності адаптації існуючих і формування нових моделей ведення бізнесу. Основні характеристики таких нових бізнес-моделей включають здатність здійснювати діяльність віддалено, волатильність на ринку (наприклад, швидке зростання і втрата частки на ринку), тенденцію до монополізації або олігополізації, мережеві ефекти тощо.

У 2015 р. на сектор ІКТ припадало 5,4% загальної доданої вартості в країнах ОЕСР. При цьому відзначаються істотні відмінності даного показника для різних країн вибірки: від 10% у Південній Кореї до 2,8 і 2,7% у Мексиці й Туреччині відповідно.

У більшості країн ОЕСР додана вартість сектору ІКТ концентрується на інформаційних послугах – у середньому $\frac{3}{4}$ всієї доданої вартості даного сектору, відображаючи тенденцію до спеціалізації в послугах більшим чином, ніж у виробництві. У галузі інформаційних послуг основна частка припадає на ІТ-послуги, за винятком таких країн, як Греція, Люксембург і Мексика, де додана вартість сконцентрована в телекомунікаційній промисловості.

Рівень залучення в цифрову економіку залежить від моделі ведення бізнесу, масштабів діяльності компаній тощо. Найчастіше це призводить до того, що компанії здійснюють свою діяльність і встановлюють відносини зі споживачами в різних країнах, активно використовуючи переваги інфраструктури і законодавства, не будучи при цьому платниками податків та інших обов'язкових платежів, що негативно позначається на державних доходах. Крім того, промисловий розрив (*industrial disruption*) між цифровою та традиційною економікою, пов'язаний із зростанням впливу нових компаній (*disrupters*) у глобальному масштабі, а надто – з новими можливостями для опортуністичної поведінки з боку ТНК, також обумовлює необхідність коригування податкового регулювання діяльності економічних агентів.

Податково-бюджетне регулювання інновацій у смарт-промисловості. Промисловий сектор високорозвинутих індустріальних країн стає все більш зосередженим на компонентах виробничого ланцюжка, які мають найвищу додану вартість (на ранній та пізній стадіях виробництва), коли вміст послуг є високим, наприклад, у доданій вартості смарт-технологій, що дозволяє поліпшувати конкурентоспроможність на світовому ринку товарів і послуг. Такі технології базуються на впроваджених інноваціях у смарт-промисловості та передбачають співпрацю між учасниками виробничого процесу, які мають різні навички та досвід. До сучасних інноваційних технологій, що мають зростаюче значення для смарт-підприємств, належать мікрозаводи. Вони являють собою сучасні концепції інноваційного розвитку смарт-промисловості, які охоплю-

ють гібридні процеси, інтегровані з вимірюванням, обробкою матеріалів і складанням обладнання та створюються з метою виробництва малих і високоточних виробів повністю автоматизованим способом із заощадженнями на витратах та ресурсах [73, с. 20]. Мікрозаводи можуть використовуватися в будь-якій галузі виробництва, наприклад в автомобілебудуванні, робототехніці, електроніці та оптиці, енергетиці [14; 46; 112; 122; 131; 205], металургійній та хімічній промисловості. Взагалі вони можуть бути застосовані до багатьох видів продукції та виробничих процесів у межах скороченого робочого простору. Однак це не означає, що мініатюризація обов'язково буде реальною. Зазвичай існує великомасштабне обладнання для будь-якого даного процесу, замість якого передбачається використовувати мікрозаводи, якщо це сприяє зростанню ефективності виробництва або скорочує витрати. У табл. 3.1 наведено потенційні сфери використання інновацій у смарт-промисловості, що можуть базуватися на такого типу технологіях.

Регулювання інновацій у смарт-промисловості здійснюється з позицій підходів, згідно з якими використовуються інструменти прямого державного або податкового регулювання розвитку технологій. В умовах обмеженості бюджетних коштів прямі державні інструменти не справляються із завданням інноваційного розвитку економіки, тому розповсюдженим стає податкове регулювання через запровадження відповідних стимулів і встановлення пільгових режимів оподаткування прибутку підприємств. Комплексний аналіз особливостей державного регулювання інновацій у смарт-промисловості, їх можливостей та недоліків наведено в додатку Б. Він дозволяє визначити доцільність чіткості, логічності та передбачуваності у податково-бюджетному регулюванні інновацій для підприємств смарт-промисловості, на яких приймаються рішення щодо реалізації інноваційних розробок. Надмірно складні схеми адміністрування такого регулювання або механізми, що часто змінюються, є стримуючим чинником інвестицій у розвиток смарт-технологій.

Податково-бюджетне регулювання інвестицій у смарт-промисловість. Становлення та розвиток смарт-промисловості передбачає збільшення інвестицій у фізичний та цифровий капітал, який відповідатиме техніко-технологічним вимогам промислового інтернету.

Таблиця 3.1.

Особливості використання інновацій у смарт-промисловості¹

Показники	Види виробництва			
	Матеріальне виробництво	Виробництво деталей	Конв'єрне виробництво	Кінцева обробка
Продукти	Медицина; хімічна промисловість; малооб'ємна промислова продукція	Металеві (ювелірні вироби, годинники); скляні (мікрооптика); пластикові (слухові апарати); керамічні (стоматологічна сфера діяльності); біодеградаційні (імплантати); кремнієві (напівпровідники)	Портативні пристрої; точна механіка (годинники, мікромотори, шестерні); мікрооптика; ювелірні вироби; медицина; стоматологія; напівпровідники; датчики	Малооб'ємна промислова продукція або її компоненти (маркування, контроль, стерилізація медичних імплантатів)
Процеси	Хімічні реакції небезпечних матеріалів; мікроохолодження; виготовлення та інкапсуляція лікарських засобів	Лиття під тиском; механічна обробка; 3D-друк; літографія	Сортування та розміщення; загвинчування; дозування лазерних процесів; ультразвукове зварювання; термічна обробка	Маркування (подряпини / лазер); покриття (фарба / 3D-друк); прання; чищення; пакування

¹ Складено за даними джерела [122, с. 571].

Проблема залучення інвестицій у фізичний та цифровий капітал є особливо важливою для країн, що розвиваються. Це пов'язано з тим, що, з одного боку, поточний рівень їх національних інвестицій у НДДКР є відносно низьким, а з іншого – їх суб'єкти господарювання зазвичай не мають широких можливостей для залучення інвестицій [96, с. 30]. Така ситуація обумовлює необхідність пошуку альтернативних інструментів стимулювання інвестицій у розвиток смарт-промисловості.

Існуючі на сьогоднішній день податкові інструменти стимулювання інвестицій можна розділити на дві основні групи: інструменти в рамках традиційної системи оподаткування прибутку кор-

порацій; альтернативні системи оподаткування прибутку корпорацій¹.

До першої групи належать різного роду пільги та преференції, такі як прискорені норми податкової амортизації, податковий інвестиційний кредит, податкові канікули, зниження ставки податку на прибуток корпорацій тощо. Наразі ці інструменти широко використовуються країнами світу не лише для залучення внутрішніх інвестицій, але і для досягнення податкових конкурентних переваг у боротьбі за зовнішні інвестиції.

Щодо другої групи, то останнім часом почали обговорюватися аргументи, які піддають сумніву ефективність традиційної системи оподаткування прибутку корпорацій та притаманних їй інструментів стимулювання інвестицій у розвиток смарт-промисловості. По-перше, наукова спільнота переміщує акценти з аргументів за підтримку традиційної системи оподаткування прибутку корпорацій на користь аргументів за доцільність її трансформації в умовах глобалізації та цифровізації [96]. По-друге, ситуація напруженої конкурентної боротьби в рамках традиційної системи оподаткування корпорацій викликає все більшу стурбованість у країнах, які прагнуть досягти рівноваги між конкурентоспроможністю податкової системи країни і збільшенням податкових надходжень до бюджету, необхідних для фінансування державних соціально-економічних програм та НДДКР [184]. По-третє, доцільність трансформації податку на прибуток корпорацій, як морально застарілого в умовах глобалізації та цифровізації світової економіки, підтримується і Європейською Комісією [141].

Нині актуальним є обговорення можливості застосування для інтенсифікації залучення внутрішніх та зовнішніх інвестицій у розвиток смарт-промисловості альтернативних систем оподаткування прибутку корпорацій, таких як податок на розподілений прибуток та податок на грошові потоки корпорацій, який стягується за принципом місця призначення [185].

¹ Тут не йдеться про інструменти стимулювання інвестицій, адже самі по собі альтернативні системи оподаткування прибутку корпорацій є інвестиційно спрямованими.

До альтернативних інструментів регулювання інвестицій у розвиток смарт-промисловості належить система публічних закупівель інновацій.

Коли йдеться про стимулювання інноваційної діяльності підприємств за рахунок оподаткування прибутку корпорацій, то держава може оперувати сумами, які зазвичай не перевищують 3% ВВП [182], а коли про стимулювання інноваційної діяльності підприємств за рахунок публічних закупівель – то в розпорядженні держави – суми, які сягають 13% ВВП [90].

З урахуванням значних сум, які уряди країн світу витрачають на публічні закупівлі, держави можуть стати ключовими гравцями на ринку товарів, робіт і послуг. В окремих випадках вони навіть можуть формувати потрібний ринок. Укладаючи угоди, спрямовані на замовлення конкретних груп товарів, співпраці з конкретними секторами економіки або групами населення, держава може просувати промислові програми або стратегії забезпечення сталого економічного розвитку [195, с. 10].

Податково-бюджетне регулювання розвитку людського капіталу для смарт-промисловості. Одним із напрямів розвитку людського капіталу для смарт-промисловості є формування STEM-персоналу¹, який, по-перше, повинен мати сучасні цифрові навички, а по-друге, регулярно їх оновлювати. Наразі система освіти відстає від змін у характері праці. Згідно з дослідженням McKinsey Global Institute, проведеним у 9 країнах світу, 40% роботодавців відзначають відсутність у персоналі базових цифрових навичок, а 60% – недостатню STEM-підготовку персоналу [117].

Відповідно до результатів досліджень [33, с. 16-21; 114, с. 5] для створення ефективної системи безперервного навчання для підготовки STEM-персоналу велике значення має співпраця персоналу, бізнесу та держави.

З боку персоналу – усвідомлення важливості освіти впродовж життя та інвестицій у власну освіту, підвищення кваліфікації та перекваліфікацію. Проблемою європейських підприємств є невелика кількість бажаючих безперервно навчатися. Серед працездатного населення вона складає лише 11% [33, с. 8].

¹ Скорочення від Science, Technology, Engineering, Mathematics.

З боку бізнесу – фінансування освіти, підвищення кваліфікації та перекваліфікації персоналу (європейські великі підприємства вже зараз 50% своїх витрат направляють на навчання персоналу [33, с. 8]). Крім того, важливе значення має участь бізнесу у програмах, націлених на побудову державно-приватного партнерства у сфері формування розвитку STEM-персоналу (кейси 1-3 додатка В).

З боку держави – різноманітні державні програми, спрямовані на популяризацію освіти впродовж життя, налагодження партнерських відносин із бізнесом у сфері формування розвитку STEM-персоналу, реформування системи освіти та методів професійної підготовки персоналу, а також державне регулювання інвестицій в освіту впродовж життя шляхом упровадження податкових пільг і преференцій.

Одним із можливих інструментів стимулювання інвестицій в освіту, підвищення кваліфікації та перекваліфікацію персоналу і, як наслідок, розвитку STEM-персоналу може виступати система оподаткування доходів фізичних осіб (ПДФО)¹, а саме комбінація бази, ставки, пільг та преференцій.

Щодо бази та ставки, то наразі виокремлюють три основні теоретичні концепції ПДФО (додаток Г). Незважаючи на те що кожна з цих концепцій має як свої переваги, так і недоліки (додаток Д), більшість країн світу за основу своїх систем ПДФО обрали все-осяжну та подвійну концепції. Лише останнім часом деякі з країн почали переходити на альтернативні системи оподаткування доходів фізичних осіб, в основу яких покладено плоску концепцію (Естонія, Грузія, Латвія). З урахуванням того, що така концепція є стимулюючою щодо інвестиційної діяльності фізичних осіб, а додаткові інвестиційні ресурси відіграватимуть важливу роль у розвитку країн в умовах цифровізації світової економіки, вона може виявитися більш прийнятною для становлення та розвитку смарт-промисловості.

Для формування STEM-персоналу на перше місце виходитимуть податкові пільги та преференції з ПДФО. Це можуть бути різного роду податкові вирахування, податкові кредити, звільнення від

¹ Відповідає прибутковому податку (personal income tax) у зарубіжній літературі.

оподаткування тощо. Усі вони можуть бути спрямовані на стимулювання інвестицій фізичних осіб в освіту, підвищення кваліфікації та перекваліфікацію. Для формування STEM-персоналу такі пільги мають бути цільовими та направлятися саме на набуття STEM-навичок. Особливо актуальним це може виявитися у країнах з економікою, що розвивається, та емерджентною економікою, адже вони постійно відчують дефіцит державних коштів на стимулювання розвитку освіти та науки.

Отже, в умовах цифровізації світової економіки для стимулювання становлення та розвитку смарт-промисловості більш прийнятною є комбінація плоскої концепції ПДФО, націленої на залучення додаткових інвестицій, та пільг і преференцій з ПДФО, спрямованих на формування STEM-персоналу. Аналогічний підхід уже використовується на практиці в Естонії та деяких інших країнах із плоскою системою прибуткового оподаткування.

Податково-бюджетне регулювання розвитку "зеленої" смарт-промисловості. Ознаки "зеленої" смарт-промисловості детально охарактеризовано у підрозділі 3.3. У цілому вона поєднує концепцію смарт-промисловості з концепцією екологізації промисловості. Це висуває до кінцевого продукту та бізнес-процесів не лише вимоги наукоємності, унікальності, кастомізації, цифровізації та дистанційного керування в режимі реального часу тощо, а також стандартизації екологічних властивостей життєвого циклу та інтерналізації екстерналій, маючи на меті принципи сталого розвитку та використання найкращих "екологічно чистих" провідних технологій.

Концептуальні положення податково-бюджетного регулювання розвитку "зеленої" смарт-промисловості спрямовані на зміну національної економічної моделі в частині підходів до ресурсоспоживання, способу виробництва благ і структури експорту, а також вимог, що пред'являються до властивостей кінцевого продукту. Вони мають ініціювати та стимулювати перехід від традиційної моделі "вуглецевої" фізично-аналогової економіки, що виробляє серійний екологічно брудний продукт масового споживання з низькою доданою вартістю та переважанням сировинного експорту до моделі цифрової рециркуляційної економіки, що створює максимально орієнтований на клієнта, екологічно чистий продукт із висо-

кою доданою вартістю і переважанням наукомісткого експорту (рис. 3.1).

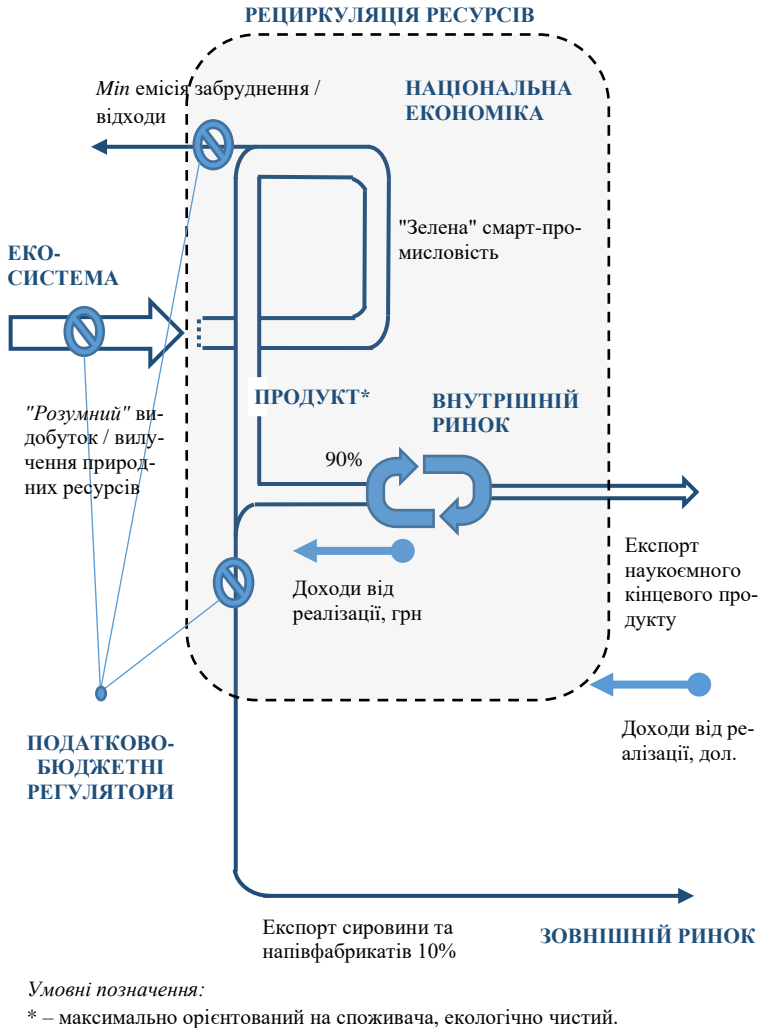


Рис. 3.1. Когнітивна модель цифрової рециркуляційної економіки з переважанням наукоємного експорту

У цілому перед державними установами у сфері податково-бюджетного регулювання розвитку "зеленої" смарт-промисловості постають декілька завдань:

по-перше, розробка ефективної системи економічно доцільних стимулюючих й обмежуючих регуляторів, які сприятимуть зрушенню фіскального тягаря на екологічні податки й екологічно орієнтовані митні збори, цільові пільги (податкові, кредитні; субсидії) для підтримки екологічно лояльних ініціатив тих виробників, які вживають конкретних планових заходів щодо розвитку "зеленої" смарт-промисловості та наукомісткого експорту кінцевої продукції;

по-друге, забезпечення легального, коректного впровадження та використання передбачених податково-бюджетних регуляторів (запобігання виникненню корупційних схем, властивих для інституціонального середовища, в якому домінують екстрактивні та неформальні соціально-економічні інститути).

Серед напрямів розвитку "зеленої" смарт-промисловості, які можуть бути підставою для надання пільгових умов оподаткування, доцільно відзначити:

доведення до екологічно безпечних величин емісії забруднюючих речовин у довкілля (скидів стічних вод, газових викидів в атмосферу, утворення твердих відходів) – безвідходність виробництва;

вторинна переробка реалізованої продукції після завершення строку її експлуатації (морального або фізичного зносу) – післяпродажна утилізація окремо відсортованих відходів (особливо електронних) у промислових масштабах;

"екологічно чиста" цифровізація та кіберфізична трансформація бізнес-процесів, основних виробничих фондів та логістичної інфраструктури, заснована на енергозбереженні, максимально ефективному використанні енергетичних ресурсів при наданні пріоритету альтернативним (відновлюваним) джерелам енергії.

Інструментарій податково-бюджетного регулювання розвитку "зеленої" смарт-промисловості здебільшого ґрунтується на традиційних регуляторах – екологічних ("зелених", "вуглецевих") податках, які стягуються за емісію забруднюючих речовин у довкілля, екологічних зборах за спеціальне використання природних ресурсів (у промислових масштабах з метою отримання прибутку), а

також економічних санкцій (штрафів) за порушення природоохоронного законодавства. При цьому особливий акцент зсувається на споживання енергетичних ресурсів й утворення електронного сміття, що зумовлено специфікою смарт-промисловості як енергоємної та технологічної сфери діяльності. Серед менш поширених податково-бюджетних регуляторів також використовуються:

цільове резервування бюджетних коштів (введення депозитно-заставної системи ¹) на утилізацію електричних відходів й упровадження зворотних механізмів їх роздільного збору (за аналогом механізму обов'язкового гарантійного ремонту) для вторинного перероблення або утилізації на потужностях виробника);

стягнення додаткових екологічно орієнтованих економічних санкцій із прибутку підприємств, які на періодичній підставі здійснюють емісію забруднюючих речовин понад затверджені гранично допустимі концентрації та обсяги (за аналогом редакції природоохоронного законодавства України до 2001 р., згідно з яким передбачалося, що екологічні збори за понадлімітні обсяги викидів, скидів забруднюючих речовин і розміщення відходів сплачувалися у п'ятикратному розмірі та стягувалися з прибутку після оподаткування);

введення додаткового екологічного вивізного мита для сировинного експорту з низькою доданою вартістю, надання митних пільг для наукоємної кінцевої продукції, яка має "зелений" смарт-сертифікат.

У світовій практиці відомі як позитивні, так і негативні приклади використання інструментів податково-бюджетного регулювання розвитку "зеленої" смарт-промисловості. До їх переваг належать:

формування стійких інституціональних правил екологічно лояльного смарт-виробництва;

інтерналізація екологічних екстерналій в умовах збереження вільної конкуренції на ринку;

¹ Виступає підставою для надання податкових пільг виробникам та фінансовим стимулом для споживачів. Апробовано у США, Нідерландах, Великобританії, Швеції, Литві та ін.

просторова¹ та часова² інтеграція економічних суб'єктів, мобілізація фінансових ресурсів для вирішення завдань, що потребують великої тривалості інвестиційного циклу.

Недоліки пов'язані з:

інституційною недосконалістю та неповнотою, що не дозволяє гарантувати цільове надання зазначених пільг;

складністю бюрократичних процедур;

високими ризиками, спричиненими поширенням корупційних схем і тіньової економіки;

високими транзакційними витратами на юридичне супроводження угод і контроль за цільовим використанням коштів, запобігання зловживанням;

ризиками поглиблення нерівності конкурентних умов між підприємствами та галузями через зростання собівартості "екологічно брудного" виробництва, що домінує на ринку;

ризиками потрапляння під зовнішні економічні санкції через здійснення протекціоністської політики.

3.1.2. Зарубіжний досвід податково-бюджетного регулювання розвитку смарт-промисловості

Податки на прибутки від реалізації цифрових товарів і послуг. Усі заходи, спрямовані на створення системи оподаткування прибутку від реалізації цифрових товарів і послуг, можна розділити на такі групи: дискусії ОЕСР; ініціативи Європейської Комісії; національні рішення.

1. Дискусії ОЕСР. У 2015 р. ОЕСР було прийнято план дій BEPS³, який включає 15 необхідних заходів для перегляду умов міжнародного оподаткування, у тому числі захід, спрямований на оподаткування цифрових компаній.

¹ Об'єднання зусиль економічних агентів різних галузей і форм власності.

² Досягнення чіткої послідовності руху до кінцевої мети.

³ Action Plan on Base Erosion and Profit Shifting (BEPS) – План дій з протидії розмиванню оподаткованої бази і виведенню прибутку з-під оподаткування.

На початку 2019 р. ОЕСР запропонувала документ, у якому надано пропозиції щодо оподаткування цифрових компаній (додаток Е). Під дію цих пропозицій потрапляють насамперед американські компанії, такі як Google, Facebook, Amazon, Apple. Наприклад, компанії Google та Facebook являють собою дуополію на ринку цифрової реклами – при 269,85 млрд дол. світових витрат на цифрову рекламу у 2018 р. ці дві компанії отримали доходи в розмірі 171,36 млрд дол. [173; 177; 178]. При цьому значна частка витрат на цифрову рекламу припадає на європейські країни [176].

2. Ініціативи Європейської Комісії. У 2018 р. Європейською Комісією було запропоновано нові законодавчі ініціативи, спрямовані на створення справедливого оподаткування доходів цифрових компаній та стимулювання підприємницької активності загалом [75]. Основне довгострокове завдання Європейської Комісії полягає у спільній реформі системи оподаткування прибутку корпорацій, яка передбачає реєстрацію та оподаткування прибутків компаній у країні, де вони максимально взаємодіють зі споживачами через цифрові канали. Це дозволить країнам-членам ЄС оподатковувати прибуток тих корпорацій, які не мають фізичної присутності на їх території, проте генерують там свої доходи.

Цифрова компанія вважатиметься платником податку та матиме цифрову присутність у країні-члені ЄС, якщо дотримується хоча б одна з умов [75]:

сума щорічних доходів компанії у країні-члені ЄС перевищує 7 млн євро;

у поточному податковому році компанія має понад 100 тис. споживачів у зазначеній країні;

протягом поточного податкового року компанія має понад 3 тис. бізнес-контрактів на реалізацію цифрових товарів та послуг.

Спільне реформування системи оподаткування прибутків корпорацій також вплине на критерії розподілу прибутків між країнами-членами ЄС. Так, у пріоритеті будуть інтереси тих країн, на території яких компанія отримала максимальні прибутки від реалізації цифрових товарів та послуг.

Також Європейська комісія запропонувала введення тимчасового непрямого податку (Digital Services Tax – DST) на доходи, отримані в результаті надання певних цифрових послуг, зокрема на цифрову рекламу, цифрову посередницьку діяльність, яка дозволяє

користувачам взаємодіяти з іншими користувачами і може полегшити продаж товарів і послуг між ними, а також на продаж даних, згенерованих із наданої користувачами інформації. Ставка податку становитиме 3% від доходу компаній із загальним річним доходом не менше 750 млн євро і доходами на території ЄС не менше 50 млн євро. Передбачається, що податкові надходження збиратимуться країнами-членами ЄС, у яких знаходяться споживачі таких послуг.

Сьогодні ведуться дискусії щодо того, наскільки запропонований Європейською Комісією податок буде життєздатним. Можна визначити такі основні недоліки запропонованих Європейською Комісією ініціатив [11; 25; 125]: дублюють поточні дискусії ОЕСР; загрожують фіскальному суверенітету країн-членів ЄС; засновані на технічно складному та дорогому з точки зору реалізації механізмі визначення вартості, яку створюють користувачі; базуються на спірному твердженні про те, що компанії, побудовані на основі цифрових бізнес-моделей, стикаються з більш низькими ефективними податковими ставками, ніж компанії, побудовані на основі традиційних бізнес-моделей; передбачають оподаткування валового, а не чистого доходу, що, як наслідок, створює каскадні ефекти, які можуть призвести до подвійного або потрійного оподаткування операцій, посилює податковий тиск на цифрові компанії, які працюють із низькою нормою прибутку, дестимулює зростання цифрових компаній, стимулює ухилення від оподаткування шляхом створення податкових схем, заснованих на оптимізації розмірів компанії; не відповідають принципу податкової нейтральності, оскільки можуть призвести до дестимулювання окремих секторів економіки, компанії яких побудовані на основі традиційних бізнес-моделей, але розширюють свою цифрову присутність (наприклад автомобілебудування).

Для підтримання ініціатив Європейської Комісії потрібна одностайна згода всіх країн-членів ЄС. Проте позиції країн розділилися – поки одні виступають проти (Ірландія, Швеція, Данія), інші розробляють свої національні рішення.

3. Національні рішення. У додатку Ж наведено національні рішення окремих країн світу щодо оподаткування прибутку від реалізації цифрових товарів та послуг. Більшість розроблених країнами-членами ЄС рішень щодо оподаткування доходів від реалізації цифрових товарів і послуг є інтерпретаціями запропонованих

Європейською Комісією ініціатив та не позбавлені їх недоліків. Як відзначено вище, в умовах глобалізації та цифровізації проблему оподаткування цифрових компаній доцільно вирішувати на наднаціональному рівні, оскільки будь-які рішення на національному рівні можуть привести до створення схем ухилення від сплати податку (як прямо – з боку цифрової компанії, так і опосередковано – з боку споживачів), а також до ймовірності подвійного оподаткування.

Податки на продажі цифрових товарів і послуг. У США через те, що за Конституцією податок на продажі може стягуватися лише якщо і продавець, і покупець мають фізичну присутність в одному й тому самому штаті [13, с. 6] (чого часто не спостерігається у випадку онлайн-торгівлі), штати щорічно втрачають до 23 млрд дол. надходжень цього податку через операції у сфері електронної комерції [38, с. 2].

Для перешкодження цим втратам із 2012 р. усе більше штатів почали вимагати від компаній, які працюють у сфері електронної комерції, забезпечувати фізичну присутність у штатах (склади, сервісні центри, центри видачі товарів, абонентські центри тощо), реєструватися в них як продавці та відповідно сплачувати податки на продажі.

Такі податки отримали загальну назву Amazon-податки (Amazon tax), або онлайн-податки на продажі [13, с. 3]. Ставки цих податків є такими самими, що і звичайні податки на продажі в конкретному штаті.

У лютому 2015 р. компанія Amazon сплачувала онлайн-податок на продажі вже у 24 штатах, та їх кількість продовжує збільшуватися.

Якщо компанія з електронної комерції виступає електронним майданчиком (надає свої торговельні площі іншим продавцям), штати намагаються примусити такі компанії виступити посередником для здійснення контролю за нарахуванням податку на продажі, його отриманням та внесенням до бюджетів відповідних штатів. Проте поки ця ініціатива зіштовхується з опором електронних майданчиків.

Також у США невирішеною залишається проблема поводження з онлайн-покупками з-за кордону, які не оподатковуються

податком на продажі. Проте її вирішення є віддаленою перспективою через відсутність координації між штатами і федеральним урядом.

Щодо ПДВ та GST, то основні рекомендації з обкладання цими податками операцій у сфері електронної комерції були запропоновані ОЕСР у рамках Керівництва з міжнародного обкладання ПДВ/GST (International VAT/GST guidelines) [136] та Планом дій щодо запобігання розмиванню податкової бази та переміщенню прибутків (Base erosion and profit shifting (BEPS) project, final BEPS package) [134]. Цими документами встановлено, що ПДВ має бути нейтральним податком незалежно від виду комерції (електронна або традиційна – офлайн-торгівля), предмета торгівлі (матеріальні або нематеріальні блага) і того, кому здійснюється продаж товару (бізнес або кінцеві споживачі).

Для підтримки принципу нейтральності ПДВ і дотримання обкладання цим податком за принципом "країни призначення" країнам рекомендується запровадити обов'язкову реєстрацію продавців у країнах продажу товарів з одночасним запровадженням можливості перевірки ПДВ-номерів через їх електронні бази даних та здійснювати міжнародну координацію своїх дій щодо цього податку [201, с. 21-22]. Найбільшою мірою ці рекомендації реалізовано в ЄС. З 2018 р. підприємство, яке бажає здійснювати електронну комерцію, має зареєструватися в будь-якій країні-члені як платник ПДВ.

Операції між підприємствами (B2B) з матеріальними та нематеріальними товарами у межах ЄС оподатковуються шляхом використання зворотного механізму нарахування зобов'язань із ПДВ; так само оподатковуються операції типу B2B із нематеріальними товарами, що надходять із країн поза межами ЄС; операції типу B2B із матеріальними товарами, що надходять до ЄС, оподатковуються на кордоні або при отриманні товару на поштовому відділенні.

Операції з матеріальними товарами між підприємствами та кінцевими споживачами, що здійснюються в рамках електронної комерції поза межами ЄС, оподатковуються за ставками ПДВ країни розташування покупця, на кордоні або при отриманні товару на поштовому відділенні; у межах ЄС – за ставками країни, де розташований покупець, якщо сума купівлі перевищує певний поріг (різний у різних країнах-членах), або за ставками країни, де розташований

такий продавець, якщо такий поріг не перевищено. В обох випадках ПДВ нараховує в момент продажу продавець.

Обкладання операцій між підприємствами та кінцевими споживачами нематеріальних товарів у ЄС залишається проблемним питанням.

Для спрощення нарахування національних ПДВ і переведення відповідних податкових надходжень з однієї країни-члена до іншої в ЄС започатковано особливий механізм у рамках податкових адміністрацій кожної країни-члена – MOSS, робота якого регламентується положеннями Директиви 2006/112/ЄС [191] та Постановою Ради ЄС № 967/2012 [192].

Сутність MOSS полягає в тому, що підприємство-постачальник товарів (послуг) раз на квартал передає через електронні засоби зв'язку до MOSS звітність щодо операцій із клієнтами з країн-членів ЄС та накопичені суми податкових зобов'язань. Через MOSS далі здійснюється надсилання відповідної документації та належних сум податкових надходжень до країн-членів. Якщо підприємство-постачальник товарів (послуг) не приєдналося до MOSS, то всі операції з формування звітності, її передачі відповідним податковим органам країн-членів та перерахування до кожної країни-члена накопичених сум ПДВ таке підприємство має здійснювати самостійно.

Незважаючи на деякий прогрес зонайменше у провідних країнах світу в удосконаленні обкладання податками на продажі та ПДВ операцій, що здійснюються у сфері електронної комерції, ще залишається багато проблемних питань, які потребують найшвидшого вирішення.

Міжнародні аспекти оподаткування в секторі ІКТ. Найчастіше при податковому регулюванні діяльності цифрових компаній уряд застосовує податок на дохід корпорацій і податки на додану вартість. Також саме на коригуванні регулювання даних податків зосереджено основну увагу і в глобальному масштабі.

Пряме оподаткування. На сьогоднішній день ТНК, що здійснюють свою діяльність в цифровому секторі, використовують схеми податкової оптимізації, спрямовані на скорочення своїх податкових зобов'язань, перш за все, шляхом розміщення своїх філій в країнах з низьким рівнем оподаткування. Стратегія, яка використовує відмінність податкових режимів у різних юрисдикціях, відома

як розмивання податкової бази і виведення доходів/прибутку з-під оподаткування (base erosion and profit shifting – BEPS). Згідно з оцінками ОЕСР у глобальному масштабі від 4 до 10% надходжень від справляння податку на прибуток корпорацій втрачається за рахунок використання схем BEPS з боку ТНК, включаючи більшість провайдерів онлайн-послуг.

У 2013 р. з метою протидії такій практиці й усунення невідповідностей у нормах міжнародного оподаткування, що дозволяють компаніям штучно занижувати оподатковуваний дохід, країнами ОЕСР був розроблений План BEPS, заходи якого у сфері цифрової економіки можуть бути зведені до такого.

1. Актуалізація поняття постійного представництва (permanent establishment) з метою коригування угод щодо уникнення подвійного оподаткування та виявлення корпорацій, які здійснюють діяльність у країні, не маючи там оподаткованої присутності¹.

2. Посилення правил трансфертного ціноутворення за рахунок актуалізації принципу незацікавленості, "втягнутої руки"².

3. Усунення невідповідностей у національному законодавстві за рахунок включення типових правил і положень для боротьби з гібридними транскордонними схемами³ за рахунок посилення ефективності законодавства про контрольовані іноземні компанії (controlled foreign corporation – CFC)⁴ в країнах, де розташовані материнські компанії [3].

¹ Оподатковувана присутність (taxable presence) – поняття, яке встановлює зв'язок доходів нерезидента з джерел у даній юрисдикції з веденням діяльності на її території.

² Принцип "втягнутої руки" (arm's length principle) – ціни на угоди між взаємозалежними особами мають відображати умови, які б мали місце між двома незалежними підприємствами.

³ Гібридні транскордонні схеми (англ. hybrid mismatch arrangements) – схеми, при яких використовуються відмінності в оподаткуванні різних інструментів, осіб або угод між двома або більше країнами.

⁴ Контрольована іноземна компанія – юридична особа, яка здійснює свою діяльність в одній юрисдикції, але належить або контролюється податковими резидентами іншої юрисдикції.

На сьогоднішній день країни світу тією чи іншою мірою імплементували в національне законодавство заходи, пов'язані з виконанням плану BEPS стосовно цифрової економіки (табл. 3.2).

Таблиця 3.2.

Односторонні дії, спрямовані на реалізацію Плану BEPS у сфері цифрової економіки в різних країнах ¹

Дія	Країна	Статус
Нейтралізація наслідків "гібридних" схем (Action 2)	Країни ЄС	Введено в дію директивами ЄС – Anti-Tax Avoidance Directive – ATAD 1 і ATAD 2
	США	Введено в дію Tax Cuts and Jobs Act (TCJA)
	Японія, Ліхтенштейн, Південна Корея, Мексика, Норвегія, ПАР	Частково імплементовано в національне законодавство
	Австралія, Малайзія, Нова Зеландія	Перегляд існуючих правил і норм оподаткування з метою повної імплементатії в національне законодавство
Обмеження можливостей для надмірних виплат відсотків (Action 4)	Країни ЄС	ATAD 1 обмежує розмір внутрішнього чистого процентного доходу (intra-group net interest), який компанія має вирахувати з оподаткованого доходу на основі норми прибутку до вирахування відсотків, податків, зносу й амортизації (EBITDA)
	США	Обмеження можливості вирахування відсотків – не більше 30% скоригованого оподаткованого доходу (аналогічний EBITDA)
	Аргентина, Індія, Південна Корея, ПАР, В'єтнам	Вжито заходів щодо імплементатії в національне законодавство
	Норвегія, Японія, Малайзія, Туреччина	Приведення національного законодавства у відповідність до рекомендацій Action 4

¹ Складено за даними джерела [168].

Найбільш значимі заходи для цифрової економіки – це нейтралізація наслідків "гібридних" схем й обмеження можливостей для надмірних виплат відсотків. Прикладами наслідків "гібридних"

схем є застосування податкових відрахувань двічі, відрахування процентних витрат в одній країні з подальшим невключенням цих доходів у базу оподаткування в іншій країні тощо. Обмеження можливостей для надмірних виплат відсотків являє собою обмеження можливості розмивання податкової бази шляхом вирахування відсотків та інших фінансових платежів, які можуть виключатись з оподаткованої бази як витрати в країні, де ці доходи виплачені, й одночасно (як процентний дохід), підлягати зниженому або нульовому оподаткуванню в країні, де їх отримано (у тому числі у схемах податкової оптимізації в рамках ТНК).

Подібні тенденції привели до необхідності розробки заходів, спрямованих на протидію розмивання бази податку на прибуток корпорацій країн-членів ЄС у рамках стратегії BEPS.

На початку 2018 р. Європейська Комісія представила два проекти цифрового податку ЄС (EU Digital Tax).

Перший проект – "податок на цифровий прибуток" (Digital profits tax) стосується оподаткування частки доходів компанії, одержуваних від діяльності в цифровому секторі на території ЄС. Цей проект заснований на ідеї суттєвої присутності в інформаційному цифровому просторі, "цифрової присутності" (significant digital presence).

Компанія вважається присутньою, якщо вона задовольняє, як мінімум, одну з таких умов:

обсяг загальних доходів від продажу цифрових послуг користувачам, розташованим на території ЄС, перевищує 7 млн євро;
кількість користувачів, розташованих на території ЄС, перевищує 100 тис.;

кількість контрактів на постачання цифрових послуг, укладених у податковому періоді з користувачами, розташованими на території ЄС, перевищує 3 тис. [144].

Другий проект – податок на цифрові послуги (digital services tax – DST) стосується введення проміжного податку (interim tax) за ставкою 3% на певні види доходу (за типом податку на дохід корпорацій), одержувані від цифрової діяльності на території країн ЄС, і розглядається лише як тимчасовий захід. Проект передбачає оподаткування таких видів доходу: дохід від продажу рекламних майданчиків онлайн, дохід від посередницьких послуг онлайн, дохід від операцій, пов'язаних зі збором і передачею даних про користувачів.

При цьому компанія, дохід якої підлягає оподаткуванню, має задовольняти дві умови (за відповідний фінансовий рік):

1) сума доходу, отриманого в країнах світу, перевищує 750 млн євро;

2) сума оподатковуваного доходу, отриманого в країнах ЄС, перевищує 50 млн євро [145].

Згідно з оцінками запровадження такого податку забезпечить надходження 5 млрд євро доходів на рік [75].

Другий проєкт значно більше обговорюється, ніж перший. На сьогоднішній день серед країн ЄС основними прихильниками такого податку є Австрія, Німеччина і Франція, а найбільш активний опір ця ініціатива зустрічає з боку Ірландії, Кіпру та Люксембургу, які є податковими гаванями, а також Швеції та Данії. Основна його критика полягає в недостатньому економічному обґрунтуванні введення такого податку.

На початку 2019 р. країнами ОЕСР було сформульовано заходи протидії БЕПС у контексті цифровізації економіки. Зокрема, пропонується запровадження правил щодо:

включення доходу, що надаватиме можливість оподатковувати дохід зарубіжних філій чи контрольованих компаній, якщо такий дохід оподатковувався за низькою ефективною податковою ставкою в юрисдикції заснування чи резидентства;

неналежно оподатковуваних виплат, що заборонятиме вирахування при здійсненні виплат пов'язаній стороні, якщо вони не підпадатимуть під оподаткування за мінімальною ставкою;

обов'язкового оподаткування в договорах про уникнення подвійного оподаткування, що передбачатиме надання договірних переваг лише у тому випадку, якщо відповідний дохід підпадає під істотне оподаткування в державі-партнері [134].

Непряме оподаткування. Як відзначено вище, проблеми непрямого оподаткування електронної торгівлі, частково обумовлені відсутністю ефективної міжнародної координації, пов'язаної зі стягненням ПДВ в юрисдикції споживання. З точки зору державного бюджету є ризик втрати доходу і згортання торгівлі (trade distortion), а також ризик зростання витрат адміністрування, оскільки мова йде про значну кількість транзакцій з низькою вартістю.

Усе більше країн на сьогоднішній день розглядають можливість застосування принципу місця призначення для транскордон-

них поставок послуг типу B2B і B2C (оподаткування послуг, одержуваних приватними споживачами, в юрисдикції, резидентом якої є постачальник). Оскільки самооподаткування далеко не завжди є ефективним, експерти ОЕСР пропонують використання мінімальних порогових значень вартості угоди, нижче яких економічний агент може не реєструватися як платник ПДВ [38, с. 11].

У 2018 р. понад 50 юрисдикцій, у тому числі більшість країн ОЕСР і країни G20, на законодавчому рівні прийняли правила, пов'язані з режимом оподаткування ПДВ для B2C-угод, що передбачають постачання послуг і нематеріальних товарів іноземними постачальниками відповідно до правил ОЕСР [182, с. 103]. Результати застосування таких заходів мають не тільки фіскальний, але і регулятивний ефект, пов'язаний зі скороченням часу, що витрачається економічними агентами на сплату податку.

Сучасні тенденції податкового регулювання електронної торгівлі в країнах світу включають поширення непрямого оподаткування, що застосовується до компаній традиційного сектору економіки, на цифровий сектор (додаток Ж).

Досвід податково-бюджетного регулювання інновацій. Високорозвинуті індустріальні країни забезпечують інноваційний розвиток промислового смарт-виробництва, спираючись на використання провідних цифрових технологій із високим рівнем автоматизації [166, с. 24-25]. Останнім часом промисловий сектор таких країн стає все більш зосередженим на смарт-технологіях із метою поліпшення конкурентоспроможності вітчизняних підприємств на світовому ринку товарів та послуг.

Країни ОЕСР відрізняються правилами щодо податково-бюджетного регулювання інновацій у смарт-промисловості. У США здійснюється фінансування законодавчо закріплених напрямів фундаментальних досліджень щодо розробки смарт-технологій, але в умовах вільної конкуренції приймаються рішення про те, які технології слід розширювати в більших масштабах. У Китаї, де витрати на дослідження та розробки досягли рівня 2,1% від ВВП у 2017 р., значна частка інвестицій направляється у нові види економічної діяльності (наприклад, масштабне розміщення підприємств, що використовують екологічно чисту енергію або провідні грід-технології) порівняно з фінансуванням фундаментальних і при-

кладних науково-дослідних робіт. Однак при різних підходах до податково-бюджетного регулювання інновацій держави широко використовують відповідний інструментарій стимулювання інвестицій та інновацій у НДДКР. У Бразилії, Індії, Китаї та Південній Африці одним із напрямів державного стимулювання інновацій є використання податкових знижок, які базуються на кваліфікованих доходах (Китай) та кваліфікованих видатках (Бразилія, Індія та Південна Африка). Великобританія та Канада мають можливість надавати невеликим підприємствам податкові кредити у сфері інновацій. Німеччина та Естонія не використовують інструменти, спрямовані безпосередньо на податкове стимулювання смарт-технологій.

Для підприємств вимогами щодо надання права отримання податкових стимулів в інноваційній сфері можуть бути положення з позицій територіальності – інноваційні розробки мають здійснюватися в країні, яка забезпечує надання відповідних податкових стимулів; національного контенту – серед співробітників підприємства, зайнятих у сфері розвитку смарт-технологій (наприклад, наукових співробітників), має бути певна кількість громадян країни, в якій здійснюється податкове стимулювання інноваційної діяльності; експлуатації – інноваційні розробки мають використовуватися на благо країни, що надала податкові стимули; прав інтелектуальної власності – право власності на продукт (товар, послугу), отриманий у результаті податкового стимулювання інновацій, належить державі, що надала податкові стимули.

Положення щодо територіальності підтримують такі держави, як Бразилія, Індія, Канада США та ін. [1, с. 52], – розробка смарт-технологій має бути виконана в країні для того, щоб підприємство отримало право на податкові стимули у сфері інновацій. Проте кваліфіковані витрати національних підприємств або їх іноземних дочірніх компаній на реалізацію науково-дослідних проєктів не мають права здійснюватися за межами країни (наприклад, витрати щодо виплати заробітної плати, оплати подорожей дослідників тощо). Інші країни розширюють податкові стимули для своїх підприємств, які здійснюють інноваційні розробки для смарт-промисловості в іноземних юрисдикціях. Так, наприклад, Австралія має такі положення щодо національного контенту та експлуатації інноваційного продукту: основні наукові співробітники мають бути громадянами Австралії, і вигоди, отримані від реалізації інновацій-

них проєктів, мають застосовуватися в цій країні. Швеція та Фінляндія не надають субсидій та не застосовують пільгове оподаткування інноваційної діяльності, але мають високий рівень приватних витрат на НДДКР. Інші країни (наприклад, Нова Зеландія) віддають більшу перевагу субсидіям, ніж податкам, щоб реалізувати цілі інноваційних розробок і запобігати загрозам нейтральності податкової системи. Великобританія, США та Франція використовують комбінацію субсидій і податкових пільг для стимулювання приватних інвестицій в інновації. У багатьох інноваційно розвинутих країнах світу для податково-бюджетного регулювання інновацій реалізуються законодавчо встановлені положення для запобігання отриманню підприємствами податкових пільг для необґрунтованих інноваційних проєктів й уникненню або ухиленню таким чином від сплати податків.

Аналіз зарубіжного досвіду податково-бюджетного регулювання інновацій свідчить, що, з одного боку:

податково-бюджетні інструменти сприяють збільшенню чистої приведеної вартості перспективних інноваційних проєктів, зменшуючи собівартість смарт-розробок;

фіскальні заходи держави визначають розподіл інвестицій за різними проєктами, підприємствами та секторами економіки, забезпечуючи її інноваційний розвиток.

З іншого – прямі державні та податкові інструменти мають бути правильно спроектовані згідно з принципами їх використання (простоти та стабільності правил, прозорості звітності, жорсткості контролю за діяльністю державних органів влади) з метою скорочення адміністративних витрат.

Досвід податково-бюджетного регулювання інвестицій. Наприкінці 2017 р. ОЕСР було представлено результати дослідження "Tax Policy Reforms 2017: OECD and Selected Partner Economies" [184], у якому зроблено акцент на новий тренд у сфері податкової політики – зростання міжнародної конкуренції в оподаткуванні прибутку корпорацій, що обумовлено прагненням залучення внутрішніх та зовнішніх інвестицій. Крім зниження стандартної ставки податку на прибуток корпорацій, багато країн ОЕСР також переглянули свою політику щодо стимулювання інвестиційно-інноваційної діяльності підприємств, надавши прискорені норми податкової амортизації та пільги на НДДКР [184].

Так, наприклад, у Люксембурзі було запроваджено нову систему інвестиційного податкового кредиту. Як частина нового індустріального плану в Італії було введено прискорені норми податкової амортизації. Також було впроваджено нові системи стимулювання інвестицій у НДДКР у Туреччині, Австралії, Ісландії, Мексиці, Норвегії, Польщі [184].

Ще однією важливою тенденцією стало обговорення можливостей трансформації традиційної системи оподаткування прибутку корпорації в умовах глобалізації та цифровізації. У звіті Європейської Комісії "Questions and Answers on the Action Plan for Fair and Efficient Corporate Taxation in the EU" [149] висунуто такі аргументи:

системи корпоративного оподаткування в країнах-членах ЄС формувалися у 1930-х роках, коли міжнародна торгівля була більш обмеженою, бізнес-моделі – більш простими, а продукція – відчутною;

традиційний підхід до оподаткування прибутку корпорацій більше не працює у глобальному, цифровому, мобільному бізнес-середовищі;

застаріла система є неефективною і створює можливості для підприємств використовувати складні схеми податкового планування з метою ухилення від сплати податків;

деякі підприємства наразі отримують значний прибуток на європейському ринку, але їх податкові зобов'язання перед країнами-членами ЄС є незначними або взагалі відсутні, що призводить до великих втрат доходів країнами-членами ЄС, зростання податкового навантаження на фізичних осіб і місцеві підприємства, а також до конкурентних викривлень для підприємств, які сумлінно сплачують свої податки;

традиційна система оподаткування прибутку корпорацій підживляє конкурентоспроможність країн-членів ЄС;

європейські країни втягнуті в інтенсивну конкурентну боротьбу, спрямовану на залучення або збереження прибутку підприємств на своїх територіях, наслідком чого стає підрив здібностей країн-членів ЄС збирати законні доходи або зосереджуватися на сприятливому для зростання економіки оподаткуванні [149].

Першою країною у трансформації традиційної системи оподаткування прибутку корпорацій стала Естонія, яка у 2000 р. упро-

вадила податок на розподілений прибуток. За прикладом Естонії у 2017 р. податок на розподілений прибуток було впроваджено у Грузії, а в 2018 р. – у Латвії.

Щодо світового економічного лідера – США, то тут також намагаються вирішити проблеми, пов'язані з оподаткуванням прибутку корпорацій [53; 77]. Це знайшло відображення в останній глобальній податковій реформі з часів Р. Рейгана. Її суть полягає в такому:

вітчизняні (американські) компанії платитимуть до бюджету податки тільки із своїх доходів у США, а зарубіжні доходи податком не обкладатимуться;

доходи, зароблені за кордоном, можна буде повернути в США з оподаткуванням за ставкою від 8 до 15%;

ставка податку на прибуток корпорацій знижується з 35 до 21%.

Через недостатність емпіричних даних наразі важко оцінити ефективність альтернативних систем оподаткування прибутку корпорацій, у тому числі для стимулювання розвитку смарт-промисловості. Разом з тим у дослідженні [212] обґрунтовано, що введення податку на розподілений прибуток замість податку на прибуток корпорацій не стало таким чинником, який негативно вплинув на економічні події в цих країнах. Більше того, є підстави стверджувати, що така "рокіровка" сприяла поліпшенню ситуації, принаймні в одній із країн (Естонії). Підтвердженням цьому є місце країни в рейтингу "Paying Taxes" [141]. У цілому перехід деяких країн на альтернативні системи оподаткування прибутку корпорацій свідчить про те, що держави починають до нього придивлятися, проте в масі переходити не поспішають, розглядаючи при цьому можливі альтернативи трансформації традиційної системи оподаткування прибутку корпорацій.

Останнім часом у багатьох країнах світу, уряди яких зорієнтовані на інноваційний і технологічний розвиток, спостерігається підвищення уваги до системи публічних закупівель як інструменту реалізації інноваційної стратегії або стратегії становлення та розвитку смарт-промисловості.

Зокрема, у 2014 р. у ЄС було впроваджено нові директиви, спрямовані на регулювання публічних закупівель [53; 54; 55; 56]. Вони передбачають упровадження процедур, спрямованих на спро-

щення порядку публічних закупівель інновацій, розробку процедури інноваційного партнерства та передкомерційних закупівель.

Щодо світового лідера – США, то їх Кодексом федерального регулювання [36] регламентовано вимоги "закупівель для стійкого розвитку", згідно з якими 95% нових контрактів (за виключенням контрактів на розробку і постачання систем озброєння) мають забезпечувати закупівлю (розробку) продукції, яка має переваги перед тією, що закуповувалася раніше, хоча б за одним із таких критеріїв, як енергоефективність, водозбереження, біологічність (виробництво на основі біотехнологій із використанням відновлюваних природних ресурсів), екологічність (у тому числі нетоксичні або менш токсичні альтернативи), безпечність для озонового слою; виробництво з використанням вторинної сировини.

У Китаї стимулювання інновацій у системі публічних закупівель регламентується [239, с. 207-208] каталогами внутрішніх інновацій та пріоритетного промислового обладнання. Ці документи передбачають, по-перше, підтримку національних виробників інноваційної продукції, по-друге – стимулювання виробництва інноваційного промислового обладнання, яке уряд Китаю вважає пріоритетним.

Досвід податково-бюджетного стимулювання розвитку людського капіталу для смарт-промисловості. У рамках дослідження зарубіжного досвіду стимулювання розвитку STEM-персоналу для смарт-промисловості за рахунок НДФЛ важливо оцінити позиції країн у міжнародних рейтингах, які характеризують їх технологічний розвиток, STEM-освіту населення, конкурентоспроможність системи ПДФО.

Регресійний аналіз (додаток К) свідчить, що немає чіткого зв'язку між конкурентоспроможністю системи ПДФО та технологічним розвитком і розвитком STEM-освіти у країнах. Це можна пояснити тим, що конкурентоспроможність податкової системи багато в чому залежить від обраної концепції оподаткування, ставки податку, простоти нарахування та сплати податку, що не відображає здатності системи ПДФО стимулювати витрати на STEM-освіту. Більше того, чим вище ставка податку, тим сильнішими можуть бути стимули, які пропонує система ПДФО за рахунок пільг і преференцій.

Також слід відзначити, що, по-перше, наразі відсутній достатній досвід стимулювання розвитку STEM-персоналу за рахунок ПДФО; по-друге, у країнах із розвинутою економікою, які демонструють високі позиції в рейтингах, що характеризують їх технологічний розвиток і розвиток STEM-освіти, витрати на науку та освіту в державному бюджеті є значними, а державно-приватне партнерство – розвинутим. Тому в таких країнах заохочення розвитку STEM-персоналу впроваджується як за рахунок державних програм та колаборації держави і бізнесу, так і за рахунок створення стимулів щодо ПДФО (кейси 1-3 додатка В).

Пільги і преференції, які використовуються для стимулювання розвитку STEM-персоналу в аналізованих країнах за рахунок ПДФО, полягають у такому:

податковий кредит для зменшення податкового зобов'язання з податку на суму витрат на STEM-освіту (використовується в Канаді та США – кейси 2-3 додатка В);

податкова знижка у вигляді вирахування з податкової бази суми витрат на STEM-освіту (використовується в Естонії, США, КНР – кейси 1, 3 додатка В та кейс 4 додатка Л);

звільнення від оподаткування державних і недержавних стипендій на STEM-освіту (використовується в Естонії, Канаді, США, Фінляндії, КНР – додатки В, Л);

звільнення від ПДФО доходів за грантами на дослідження за STEM-напрямами (використовується в Естонії, Канаді, США, Фінляндії, КНР – додатки В, Л).

Щодо можливості застосування розглянутого досвіду у країнах з економікою, яка розвивається (наприклад, КНР – кейс 4 додатка Л), та емерджентною економікою (у тому числі в Україні), то слід зауважити, що в них витрати на науку й освіту в державному бюджеті є незначними, а державно-приватне партнерство – не таким розвинутим. Тому для таких країн на перший план може виходити стимулювання розвитку STEM-персоналу за рахунок пільг і преференцій щодо ПДФО.

Досвід податково-бюджетного регулювання розвитку "зеленої" смарт-промисловості. Однією з найважливіших проблем регулювання розвитку "зеленої" смарт-промисловості є поведження з електронним сміттям, що утворюється через постійне оновлення ін-

формаційно-комунікаційних технологій, яке, у свою чергу, потребує постійного оновлення супутнього електричного та електронного обладнання. І це відбувається навіть попри те, що фізичний знос такого обладнання не настає.

Показники утворення електронного сміття відрізняються між країнами залежно від рівня їх економічного розвитку та доходів населення, але збільшуються з часом. Так, у 2000-2010 рр. у середньому на одного мешканця ЄС припадало від 3,9 до 4,3 кг електронного сміття, у 2015 р. – до 14 кг, тобто 8,3-9,1 млн т на рік по всьому об'єднанню. У США у 2005 р. на рік утворювалося 2,6 млн т електронного сміття, у Китаї – 2,5 млн т. Для порівняння: в Індії та Таїланді у 2007 р. утворилося 0,3 та 0,1 млн т електронного сміття відповідно [86].

Для зменшення проблеми накопичення електронного сміття в цих умовах надзвичайно важливою є імплементація концепції 3R (reduce - reuse - recycle – зменшення - повторне використання - переробка) [74; 202, с. 1] або навіть її ширшого варіанта – 4R (reduce - reuse - recycle - recoverу – скорочення - повторне використання - переробка - відновлення).

У рамках даної концепції переробка має забезпечити економічний ефект через зменшення витрат на закупівлю сировини, а також позитивний вплив на довкілля за рахунок скорочення залежності від сировини та матеріалів природного походження, обсягів їх споживання. Завдяки переробці комп'ютерної техніки можливо повторно використати у виробництві до 95%, а телевізійного обладнання – до 45% матеріалів з їх складу [86].

Зменшення відходів означає зміну технічних, технологічних, організаційних та інших процесів таким чином, щоб утворювалося якомога менше відходів як у процесі виробництва товарів (надання послуг), так і в процесі їх життєвого циклу. Відповідно, це означатиме також зменшення витрат на збирання, сортування та переробку відходів, які все ж таки утворилися.

Однак реалізація концепції 3R на практиці має економічний сенс у тому випадку, якщо витрати на переробку та інші способи поводження з відходами компенсуються високими цінами на перероблену сировину та/або економічним агентам вигідніше зібрати і переробити відходи, ніж сплатити екологічні податки за їх утворення. За інших умов та якщо сміттеві полігони, сміттєспалювальні

заводи, інші способи поводження з відходами відповідають новітнім санітарним й екологічним вимогам, то забруднювачам вигідніше не застосовувати цю концепцію [217, с. 2, 4].

Для забезпечення належного поводження з електронними та електричними виробами на всіх етапах їх життєвого циклу в ЄС вже створено відповідне законодавство. Так, відповідно до п. 1 ст. 7 Директиви щодо відходів електричного та електронного обладнання (Directive WEEE 2012/19/EU) виробники електричного та електронного обладнання з 2016 по 2019 р. мають забезпечити збір від 45% відходів такого обладнання, з 2019 р. – від 65%, а в наступні 3 роки цей показник має збільшитися до 85% [66].

Згідно з цією директивою зібрані відходи мають пройти сортування та бути максимально перероблені або спеціальним чином оброблені перед поміщенням їх на сміттєві звалища [66, ст. 8, 11]. При цьому саме виробники електричної та електронної продукції мають забезпечити фінансування заходів зі збору, сортування, відновлення й екологічної утилізації відходів такої продукції [66, ст. 12].

З метою стимулювання забруднювачів до скорочення викидів забруднюючих речовин у провідних країнах світу (США, Японія, Німеччина) окрім нормативно-законодавчих норм використовуються екологічні податки та застапно-поворотна система. Остання поєднує включений у ціну податок на споживання продукту, який компенсується в разі повернення у встановленому порядку продукту або тари на переробку.

У США податок на телевізори, комп'ютерні монітори та ноутбуки коливався від 6 до 10 дол. залежно від розміру екрану. Надходження від нього використовувалися для фінансування підприємств зі збору, сортування та переробки таких відходів. Водночас сума компенсації за повернення таких відходів до центрів переробки становила 28 центів за 450 г відходів і в подальшому може бути збільшена [204].

3.1.3. Пропозиції щодо податково-бюджетного регулювання становлення смарт-промисловості в Україні

Пропозиції на короткострокову перспективу

Пропозиції щодо податково-бюджетного регулювання дигіталізації промислових товарів та послуг в Україні. Наразі Україна являє собою один із перспективних рекламних ринків щодо зростання витрат у медіа – до 2021 р. воно очікується на рівні 47,3% [174]. Тому вирішення проблем оподаткування прибутку від реалізації цифрових товарів та послуг в Україні є актуальним.

Цифрові компанії, які отримують прибутки в Україні, оподатковуються (п. 141.4 ст. 141 Податкового кодексу України) податком на прибуток підприємств – за наявності у країні постійного представництва; нерезидентним податком – за умови перерахування представництвом доходу з походженням в Україні своєму нерезиденту або за відсутності у нерезидента офіційного представництва в Україні.

Однак цифрові компанії (наприклад Facebook), які отримують прибутки на території України, проте не мають постійного представництва, не сплачують до бюджету України відповідних податків. З урахуванням цього, а також ініціатив ОЕСР та Європейської Комісії існують альтернативи щодо вирішення питання про оподаткування прибутку від реалізації цифрових товарів та послуг в Україні. У додатку М наведено переваги та недоліки альтернативних підходів до оподаткування прибутку від реалізації цифрових товарів і послуг, які можуть бути впроваджені в Україні.

З урахуванням прагнення України трансформувати чинний податок на прибуток підприємств та перейти на податок на виведений капітал, а також загального європейського вектора розвитку країни сформульовано такі рекомендації щодо оподаткування прибутку від реалізації цифрових товарів і послуг в Україні.

1. Оскільки наразі в Україні немає достатніх фінансових ресурсів для інвестування в розвиток смарт-промисловості, формування додаткових податкових надходжень до бюджету за рахунок оподаткування доходів від реалізації цифрових товарів і послуг може мати певні позитивні наслідки. У зв'язку з цим альтернатива щодо повної відмови від оподаткування доходів від реалізації цифрових товарів і послуг є неприйнятною.

2. Якщо Україна перейде на альтернативну систему оподаткування прибутку підприємств (податок на виведений капітал), то вона не зможе стягувати податки з прибутків цифрових компаній. Альтернативна система оподаткування передбачає виникнення податкового зобов'язання в момент виведення капіталу або операцій, які до нього прирівнюються. Як наслідок, отримання прибутків від реалізації цифрових товарів та послуг не підпадатиме під оподаткування. Отже, альтернатива щодо всеосяжного визначення цифрових товарів і послуг та включення їх у загальну систему оподаткування прибутку корпорацій не дозволить оподатковувати доходи від реалізації цифрових товарів і послуг.

3. Упровадження національного вирішення проблеми оподаткування прибутку від реалізації цифрових товарів і послуг може спричинити значні витрати бюджету на здійснення додаткових досліджень і створення технічно складного механізму визначення вартості, а також імовірність виникнення подвійного оподаткування, що несприятливо позначиться на загальному іміджі країни.

4. Разом з тим в Україні слід накопичувати досвід оподаткування цифрових компаній, стежити за світовими тенденціями в оподаткуванні. Підтримка майбутніх ініціатив ЄС або ОЕСР щодо оподаткування цифрових компаній з одночасним переходом на податок на виведений капітал може мати для України найбільший економічний ефект. Так, з урахуванням поточних витрат на цифрову рекламу в Україні [176], їх потенційних темпів зростання (рис. 3.2), а також запропонованої Європейською Комісією ставки DST можна зробити прості розрахунки додаткових податкових надходжень до бюджету від упровадження поточної ініціативи Європейської Комісії – введення DST.

Упровадження DST може принести додаткові податкові надходження до бюджету України від 10 до 15 млн дол. США, що є важливим на етапі відмови від податку на прибуток підприємств та переходу на податок на виведений капітал. Це приведе до скорочення податкових надходжень до бюджету у перші роки реформи.

Разом з тим упровадження DST або будь-якої іншої ініціативи ЄС або ОЕСР щодо оподаткування прибутку від реалізації цифрових товарів і послуг, заснованої на теорії цифрової праці, потребує пошуку та реалізації механізмів визначення вартості, яка була ство-

рена в тій чи іншій країні користувачами, та сплати податку. Це можна здійснити шляхом:

пропорційного розподілу за критерієм зареєстрованих у країні користувачів – податок сплачує цифрова компанія;

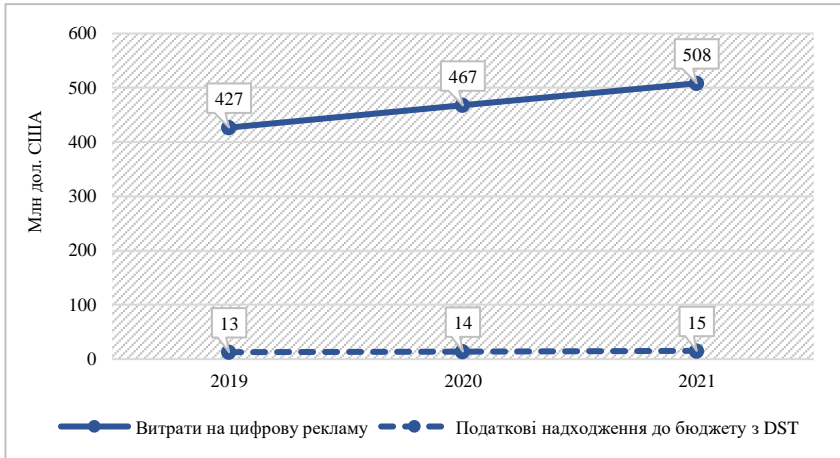


Рис. 3.2. Перспективи податкових надходжень із DST до бюджету України у 2019-2021 рр.¹

пропорційного розподілу за критерієм залишених реакцій (наприклад коментарів) мешканцями відповідної країни – податок сплачує цифрова компанія;

пропорційного розподілу за критерієм рекламних витрат на ту або іншу країну – податок сплачує цифрова компанія;

визначення витрат на споживання цифрових товарів і послуг – податок сплачує податковий агент цифрової компанії, який є резидентом – юридичною особою, що або сама споживає цифрові товари та послуги, або виступає посередником у споживанні цифрових товарів і послуг резидентами – фізичними особами.

¹ Обчислено з урахуванням того, що у 2017 р. в Україні витрати на цифрову рекламу становили 350 млн дол.; темп зростання витрат до 2021 р. – 47,3%, ставка DST – 3%.

Наступним кроком у трансформації податкової системи України може стати формування передумов створення абсолютно нової системи оподаткування, заснованої на використанні сучасних технологій, зокрема блокчейн.

Оскільки Україна підтвердила своє бажання стати членом ЄС та взяла на себе зобов'язання щодо гармонізації своєї податкової системи з європейською, ця вимога стосується також ПДВ та електронної комерції.

З урахуванням вищезазначеного до національного законодавства необхідно внести такі корективи:

у Податковому кодексі України (ПКУ) послатися на те, що електронна комерція регулюється Законом України "Про електронну комерцію", а Розділ V "Податок на додану вартість" доповнити статтями про особливості оподаткування операцій у сфері електронної комерції;

виходячи з практики ЄС [43] у ст. 14 ПКУ зазначити, що нематеріальний актив – це окремий актив, тобто такий, який можливо відділити від матеріального активу або власності юридичної або фізичної особи з метою подальшого продажу, передачі, ліцензування, оренди або обміну окремо або відповідно до контрактів; нематеріальний актив є ідентифікованим активом або зобов'язанням незалежно від того, чи має суб'єкт господарювання намір його виконувати, або таким, що виникає внаслідок обов'язкових до виконання домовленостей (включаючи права в рамках контрактів або інших законних прав) незалежно від того, чи ці права є переданими або відокремленими від суб'єкта господарювання, або від інших прав та обов'язків;

ст. 3 Закону України "Про електронну комерцію" доповнити положенням, згідно з яким товари в електронній формі (цифрові товари) – це результат праці, інтелектуальних зусиль, які мають цифровий вигляд і нематеріальну форму, є об'єктами операцій купівлі, продажу, оренди, лізингу та інших форм постійного або тимчасового володіння та користування та правила оподаткування яких регулюються положеннями ПКУ щодо нематеріальних активів;

розділ V "Податок на додану вартість" ПКУ доповнити положеннями про застосування зворотного механізму нарахування податкових зобов'язань із цього податку до операцій типу B2B у цій сфері, що потребуватиме одночасного посилення заходів контролю

за платниками в частині коректності застосування такого механізму та повноти нарахування і сплати ними в разі потреби податкових зобов'язань;

з адміністративної сторони створити реєстр платників ПДВ, доступний не лише податковим органам, але і суб'єктам господарської діяльності (у тому числі тим, що працюють у сфері електронної комерції).

Проблемним питанням в Україні (так само, як і в зарубіжних країнах, зокрема членах ЄС) залишаються завдання організації координації та взаємодії між фіскальними органами з іншими країнами. Така взаємодія має сприяти дотриманню принципу справедливості в оподаткуванні, запобіганню проявам подвійного оподаткування або неоподаткування, податковій конкуренції між країнами при здійсненні електронної комерції.

Пропозиції щодо податкового регулювання сектору ІКТ. На сьогоднішній день основною метою податкового коригування діяльності цифрових корпорацій є забезпечення рівних правил гри (playing field) для компаній традиційного і цифрового секторів економіки. При цьому використання гармонізованих режимів оподаткування стосовно міжнародних цифрових компаній є певним викликом, оскільки інструментарій для такої взаємодії обмежений. На великих ринках Китаю, Індії, Індонезії, США, ЄС уряд і компанії реального сектору економіки мають набагато більший переговорний потенціал (bargaining power), тому що постачальники онлайн-послуг не можуть ігнорувати такі ринки. Оскільки в Україні, як невеликої країни, переговорний потенціал уряду є набагато меншим, оптимальний варіант – це участь у регіональних та міжнародних угодах, у тому числі у сфері міжнародного оподаткування.

Доцільним є продовження виконання Плану заходів з реалізації Меморандуму про взаєморозуміння між урядом України та ОЕСР щодо поглиблення співробітництва. Особливу увагу в контексті необхідності податкового регулювання сектору ІКТ слід приділити таким компонентам Меморандуму, як боротьба з корупцією, інвестування та бізнес-клімат. Зокрема, у фіскальній сфері – це продовження реалізації Дорожньої карти Плану дій щодо реалізації чотирьох Мінімальних стандартів BEPS стосовно запобігання розми-

ванню податкової бази та виведенню прибутку за допомогою двосторонніх податкових угод.

Також необхідно сконцентрувати зусилля на подальшій реалізації спільного проєкту ОЕСР і ПРООН в Україні "Податкові інспектори без кордонів".

При розробці правил оподаткування компаній цифрового сектору економіки доцільно враховувати два основних моменти: виникнення в уряді права на оподаткування та правила розподілу прибутку, зокрема, який обсяг прибутку компанії може підлягати оподаткуванню в Україні.

Пропозиції щодо податково-бюджетного регулювання інновацій у смарт-промисловості в Україні. Останні спроби реформування механізму податково-бюджетного регулювання інновацій в Україні свідчать про те, що він є обмеженим і недостатнім для розвитку підприємств на засадах смарт-економіки. Тому запропоновано рекомендації, засновані на аналізі міжнародного досвіду податкового стимулювання розумного розвитку підприємств, а саме:

податкові стимули розвитку промислових смарт-підприємств мають дозволяти вираховувати із суми податку частину витрат, визначених законодавством України як кваліфіковані видатки на розвиток інновацій;

ці стимули мають бути доступними смарт-підприємствам незалежно від їх розміру та надаватися на безповоротній основі протягом законодавчо встановленого достатньо довгого періоду часу, який може становити від 1 до 5 років;

головною вимогою податкового стимулювання становлення та розвитку смарт-промисловості в Україні має бути здійснення суб'єктом господарювання систематичної діяльності з упровадження досягнень науково-технічного прогресу в умовах наукової або технологічної невизначеності;

напрями діяльності смарт-підприємств для набуття податкових стимулів мають бути такими: здійснення наукових досліджень і розробок з метою створення зразків нової продукції (товарів, послуг); упровадження об'єктів інтелектуальної власності у сфері науки і техніки; створення дослідних зразків; здійснення дослідних випробувань; розробка та передача в експлуатацію нових зразків продукції (товарів, послуг); патентно-ліцензійна діяльність, вико-

нання особливо важливого замовлення із соціально-економічного розвитку або надання особливо важливих послуг населенню.

Фундаментом реалізації механізму податково-бюджетного регулювання інновацій у смарт-промисловості в Україні мають стати такі положення:

чітке викладення цілей надання податкових стимулів;

оцінка урядом очікуваних витрат і вигід від податково-бюджетного регулювання смарт-діяльності вітчизняних промислових підприємств аналогічно оцінці інших видів податкових витрат з урахуванням інституційних особливостей розвитку економіки, що забезпечить своєчасне виявлення їх переваг та недоліків у діючому інституційному середовищі, а також сприятиме їх коригуванню для використання в подальшому;

інструменти податково-бюджетного регулювання інновацій у смарт-промисловості мають бути розроблені з урахуванням зведення до мінімуму можливостей розвитку корупції при наданні стимулів і зловживань платниками податків при їх використанні.

Пропозиції щодо податково-бюджетного регулювання інвестицій у розвиток смарт-промисловості в Україні. Наразі країна гостро потребує інвестицій у смарт-промисловість і відновлення впевненого економічного зростання на базі інноваційного розвитку виробництва. Традиційна система його стимулювання через податок на прибуток підприємств працює недостатньо ефективно, а також пов'язана з високими транзакційними витратами і корупцією. Тому доцільно замінити податок на прибуток підприємств податком на виведений капітал. Розрахунки можливих витрат бюджету від такої заміни [214, с. 189-191] свідчать, що в перші роки реформи вони можуть становити, залежно від різних чинників, від 10 до 60% надходжень із податку на прибуток підприємств, або від 7,3 до 44 млн грн, що дорівнюватиме від 0,8 до 5% загальних податкових надходжень до бюджету.

Скорочення податкових надходжень до бюджету в перші роки запровадження податку на виведений капітал може бути частково компенсоване за рахунок заздалегідь продуманої податково-бюджетної політики.

Зокрема, можна запропонувати такі заходи:

упровадження DST, яке за попередніми підрахунками дозволить мобілізувати до бюджету України від 10 до 15 млн дол. на рік;

поступове внесення змін у пов'язану систему оподаткування доходів фізичних осіб (спочатку ввести податок на виведений капітал без зміни системи оподаткування доходів фізичних осіб, а при досягненні стабільних податкових надходжень до бюджету – змінити систему оподаткування доходів фізичних осіб, а саме відмовитися від оподаткування дивідендів);

збільшення ставки окремих податків, зокрема екологічних; скорочення видатків державного бюджету на 7,3-44 млн грн; залучення міжнародної фінансової допомоги.

Також важливим є здійснення супутніх реформ, наприклад податкових (перебудова фіскальної служби) та неподаткових (боротьба з корупцією).

Щодо застосування альтернативного інструменту залучення інвестицій та інновацій – публічних закупівель, то SWOT-аналіз їх державного регулювання в Україні дозволив розробити рекомендації щодо вдосконалення регулювання становлення та розвитку смарт-промисловості в Україні за рахунок інструменту публічних закупівель на короткострокову перспективу (додаток К):

використовувати публічні закупівлі як важливий інструмент регулювання становлення та розвитку смарт-промисловості в Україні;

додати до принципів, передбачених ст. 3 Закону України "Про публічні закупівлі", новий принцип – стимулювання інновацій;

адаптувати вітчизняне законодавство України до Директив ЄС у сфері публічних закупівель;

розробити та впровадити Стратегію публічних закупівель інновацій, що регламентуватиме умови, відповідно до яких значна частка публічних закупівель матиме інноваційний та екологічний характер;

запровадити систему звітності та моніторингу публічних закупівель, яка б дозволяла визначати інноваційну й екологічну спрямованість публічних закупівель у поточному періоді та в динаміці.

Пропозиції щодо податково-бюджетного регулювання розвитку людського капіталу. На основі дослідження концептуальних

положень, а також аналізу зарубіжного досвіду регулювання розвитку людського капіталу для смарт-промисловості за рахунок ПДФО пропонуються такі рекомендації щодо вдосконалення системи ПДФО в Україні з урахуванням двох можливих сценаріїв розвитку податкової системи, пов'язаних із реформуванням прибуткового оподаткування.

Перший сценарій – податок на прибуток підприємств не змінюється. У цьому випадку система ПДФО не потребує радикальних змін, оскільки без одночасної зміни системи оподаткування прибутку підприємств це не дозволить досягти успіху переваг плоскої концепції. При цьому чинна ставка 18%, по-перше, є невисокою (для порівняння: середня ставка ПДФО у країнах-членах ЄС у 2018 р. становить 38,6% [67]), тож не створює надмірного податкового навантаження на платників податку, а по-друге, дорівнює ставці податку на прибуток підприємств, що дозволяє досягати певною мірою податкової нейтральності.

Одночасно доцільним є впровадження таких пільг щодо ПДФО для стимулювання розвитку STEM-персоналу:

податковий кредит для зменшення податкового зобов'язання з податку на суму витрат резидентів на професійно-технічну освіту молоді до 26 років, витрат дорослих на професійно-технічну, вищу STEM-освіту та післядипломне навчання за STEM-напрямами з можливістю перенесення витрат на майбутні періоди¹. Такий вид пільги застосовується в Канаді, США (кейси 2-3 додатка В);

податкова знижка у вигляді вирахування з податкової бази витрат резидентів на професійно-технічну освіту молоді до 26 років, витрат дорослих на професійно-технічну, вищу STEM-освіту та післядипломне навчання за STEM-напрямами в розмірі, що не перевищує доходу, з можливістю перенесення витрат на майбутні періоди. Така податкова знижка застосовується в Естонії, США, КНР;

звільнення від оподаткування державних і недержавних стипендій на професійно-технічну, вищу STEM-освіту, а також академічних стипендій. Наразі державні та недержавні стипендії на

¹ Для формулювання загальних умов надання податкового кредиту та податкової знижки доцільним є проведення додаткових досліджень, спрямованих на оцінку ефективності цих видів пільг з позиції стимулювання витрат на освіту, підвищення кваліфікації та перекваліфікацію за STEM напрямами.

освіту не оподатковуються в межах розміру, визначеного в п. 169.4.1 Податкового кодексу України. Такі звільнення використовуються в Естонії, Канаді, США, Фінляндії, КНР;

звільнення від ПДФО доходів за грантами на дослідження за STEM-напрямами, які застосовуються в Естонії, Канаді, США, Фінляндії, КНР (додатки В, Л, кейси 1-5).

Запропоновані рекомендації дозволять лише частково стимулювати формування та розвиток смарт-промисловості, оскільки, з одного боку, сприятимуть здобуттю молоддю професійно-технічної та вищої STEM-освіти, залученню персоналу до підвищення кваліфікації та набуттю STEM-навичок, що приведе до формування та подальшого розвитку STEM-персоналу, а з іншого – не стимулюватимуть приватні інвестиції, що обмежуватиме інвестиційні можливості країни.

Другий сценарій – перехід від податку на прибуток підприємств на податок на виведений капітал. За таким сценарієм система ПДФО потребує суттєвих змін, тому що введення податку на виведений капітал передбачає зміни в оподаткуванні дивідендів фізичних осіб. У зв'язку з цим податкова база має включати трудові доходи та доходи від капіталу, за вирахуванням інвестиційного доходу (дивіденди, приріст капіталу) фізичних осіб, що оподатковується податком на виведений капітал. Ставку ПДФО доцільно залишити без змін у розмірі 18%.

Пільги щодо ПДФО в контексті стимулювання розвитку STEM-персоналу пропонується впровадити такі самі, як у першому сценарії.

Оскільки у зв'язку з упровадженням податку на виведений капітал можливе тимчасове скорочення податкових надходжень до бюджету, важливо здійснювати запропоновані заходи у НДФЛ поступово. У перші роки використання податку на виведений капітал доцільно ввести у практику лише пільги на освіту, а при досягненні стабільних податкових надходжень до бюджету – повністю змінити систему оподаткування доходів фізичних осіб, у тому числі відмовитися від оподаткування дивідендів.

Запропоновані рекомендації в короткостроковому періоді дозволять заохотити формування та подальший розвиток STEM-персоналу; у середньостроковому, із скасуванням оподаткування дивідендів фізичних осіб, – простимулювати приватні інвестиції, а в

довгостроковому – сформувати сприятливі умови для розвитку смарт-промисловості на основі ПДФО.

Також слід зауважити, що максимальний ефект може дати вдосконалення системи ПДФО з паралельним упровадженням державних програм і налагодження партнерських відносин між державою та бізнесом у сфері стимулювання розвитку STEM-освіти та STEM-персоналу.

Пропозиції щодо податково-бюджетного регулювання становлення "зеленої" смарт-промисловості. Для вдосконалення нормативно-законодавчих актів України в рамках податково-бюджетного регулювання становлення "зеленої" смарт-промисловості рекомендується розробити законопроекти щодо:

умов і механізму надання податкових або кредитних пільг для виробників, які вживають довгострокових заходів щодо розвитку "зеленої" смарт-промисловості;

умов та механізму надання субсидій та державних позик для малих і середніх підприємств на реалізацію проєктів з розвитку "зеленої" смарт-промисловості;

механізму заставно-поворотної системи цільового резервування коштів на утилізацію електричних відходів і зворотного механізму їх роздільного збору для вторинної переробки або утилізації на потужностях виробника;

інструкції розрахування та сплати додаткових екологічно орієнтованих економічних санкцій за понадлімітне забруднення довкілля;

ставок і процедури надання додаткового екологічного вивізного мита для сировинного експорту з низькою доданою вартістю;

ставок та процедур надання митних пільг для наукоємної кінцевої продукції, яка має "зелений" смарт-сертифікат.

Слід відзначити, що перш ніж запроваджувати в Україні заставно-поворотну систему, має бути створена інфраструктура зі збору, сортування та переробки відходів, яка поки що майже відсутня.

Часткове фінансування створення такої інфраструктури можливо було б здійснити за рахунок надходжень від екологічних податків. Проте в Україні вони в абсолютному та відносному вираженні є вкрай незначними, наприклад, порівняно з країнами ЄС

(менше 1% ВВП порівняно з 2-3% у країнах-членах ЄС). Тому такий варіант фінансування поки що є неможливим.

Вирішити цю проблему можливо шляхом підвищення ставок екологічних податків (що в цілому кореспондується з практикою та вимогами ЄС у частині заходів забезпечення охорони довкілля та попередження його забруднення) та пошуку європейських програм, спрямованих на фінансування природоохоронних ініціатив у країнах, які поки що не є членами ЄС, і приєднання до них.

Пропозиції на довгострокову перспективу

Перспективи податково-бюджетного регулювання з використанням технології блокчейн. Оподаткування – одна зі сфер, де блокчейн-технології можуть спричинити революцію [133] завдяки таким своїм рисам, як прозорість, контроль, безпека, режим реального часу або наблизений до нього, ефективність [214, с. 111-112]. Серед ризиків та загроз застосування блокчейн-технологій визначають: ризики соціального неприйняття (зв'язок із криптовалютами, які злочинці використовують для приховування своєї діяльності); регуляторні ризики (відсутній достатній досвід реалізації масштабних блокчейн-проектів у регульованому середовищі); технічні загрози (проблеми з пропускнуною спроможністю, затримкою обробки транзакцій, розмірами і швидкістю поширення даних, безпекою у вигляді можливості "атаки 51%", відмінністю версій, забезпеченням сумісності множинних ланцюжків тощо) [218; 229].

Трансформація оподаткування в результаті впровадження блокчейн-технологій можлива за двома основними сценаріями:

сценарій 1 – оподаткування транзакцій. Застосування технології блокчейн нівелює необхідність участі посередників у бізнес-процесах. Смарт-контакти автоматично запускають дії або платежі, коли виконуються визначені умови. У контексті оподаткування це означає, що з використанням технології смарт-контрактів послуги підприємств як податкових агентів втратять будь-який сенс. Таким чином, технологія блокчейн дозволить уряду нараховувати та стягувати податки автоматично в режимі реального часу або наблизено до нього в момент самої транзакції без посередньої участі підприємства як податкового агента;

сценарій 2 – оподаткування фізичного майна. У результаті впровадження блокчейн-технологій традиційні засоби контролю за

споживанням товарів і послуг можуть зникнути [229]. Як наслідок, держава не зможе використовувати споживання як показник добробуту. Це безпосередньо вплине і на оподаткування. На відміну від першого сценарію, за другим найбільш ефективним може стати так званий "податок на видиме" у вигляді оподаткування вартісного майна, яке можна відстежити (наприклад, оподаткування машин, будинків) [229].

Отже, упровадження блокчейн-технологій в оподаткування може мати такі наслідки: створення нових форматів податкової бази; відмова від посередницьких послуг підприємств як податкових агентів; нарахування та мобілізація податків у режимі реального часу або наближеного до нього; відмова від авансових податкових платежів і податків, що розраховуються шляхом співставлення доходів та видатків за період часу; формування нового підходу до податкового адміністрування, заснованого на принципах прозорості, контрольованості, безпечності, ефективності; скорочення адміністративного персоналу та його перекваліфікація у STEM-персонал; зростання державних видатків на наукові дослідження та розробки у сфері блокчейн-технологій – у коротко- та середньостроковій перспективі; збільшення податкових надходжень до бюджету, зменшення державних видатків на адміністрування – в довгостроковій перспективі.

Перспективи оподаткування роботів. Податок на роботів, або податок на використання роботів для автоматизації виробництва, ще до недавнього часу був лише футуристичною гіпотезою. Проте у 2016 р. ідея цього податку була висунута в робочій доповіді Європарламенту, підготовленій Комітетом з правових питань (Committee on Legal Affairs). Одним з аргументів на його користь стало занепокоєння про майбутнє зайнятості населення та життєздатності систем соціального забезпечення в тому випадку, якщо в законодавстві буде збережена нинішня база оподаткування, яка створює потенціал для збільшення нерівності в розподілі багатства і впливу [45, с. 3].

Одна з основних ідей даної доповіді – надання "... конкретного правового статусу для роботів, так що, принаймні, найскладніші автономні роботи можуть бути ідентифіковані як такі, що мають статус електронних осіб із конкретними правами та обов'яз-

ками, у тому числі щодо будь-якого збитку, який вони можуть зазнати, та застосування електронної особи у випадках, коли роботи приймають розумні автономні рішення чи іншим чином незалежно взаємодіють із третіми особами" [45, с. 12]. Ця ідея має як прихильників, так і противників. Надання роботам такої специфічної правосуб'єктності означатиме визнання феномена електронної платоспроможності, яка може бути використана для цілей оподаткування. Зокрема, це податки на працю або на дохід, отриманий від діяльності роботів (тобто під податок підпадає не робот, а використання роботів). Крім того, оскільки роботи можуть продавати товари або надавати послуги, виникає також об'єкт для ПДВ [8, с. 254].

Ідею введення податку на роботів підтримав засновник компанії Microsoft Б. Гейтс [43]. Тому цей фіскальний інструмент ще іноді називають "Bill Gates Robot Tax". На думку Нобелівського лауреата Р. Шиллера [93], податок на роботів зміг би уповільнити процеси стрімкої роботизації (хоча б на деякий час) і забезпечити надходження доходів, необхідних для фінансування програм перепідготовки звільнених працівників.

У 2017 р. уряд Кореї в рамках перегляду податкового законодавства впровадив тимчасове обмеження на надання податкових пільг для інвестицій в автоматизацію виробництва [108]. Мета цих обмежень – компенсація втрат податку на прибуток та забезпечення соціальних виплат звільненим працівникам, яких замінили роботи¹. І хоча прямо назвати цей фіскальний інструмент податком на роботів не можна, але мета в них однакова – зменшення втрат державних доходів, обумовлених роботизацією виробництва та скороченням бази податків на працю.

Приблизно в цей самий час у Каліфорнії був створений фонд Jobs of the Future та розпочато кампанію за впровадження податку на роботів через побоювання, що вони поступово повністю витіснять людську працю [165]. Основним завданням фонду є дослідження стану системи оподаткування в процесі змін на ринку праці та розробка контрзаходів (податку штату на "зарплату" машин –

¹ Корея є лідером за щільністю роботів, задіяних у промисловості, – 631 промисловий робот на 10 тис. робітників (за даними 2016 р.) [7].

"pay-roll" tax on job-stealing machines), для того, щоб майбутнє M2M стало для людей більш комфортним. У 2018 р. у цьому штаті було розроблено законопроект щодо оподаткування автономних транспортних засобів [111].

Зрозуміло, податок на роботів зустрічає численні заперечення, головне з яких полягає в тому, що він заважатиме розвитку інновацій. У світі загалом, з урахуванням глобальних проблем зростання продуктивності та забезпечення сталого розвитку, роботів не надто багато, а дуже мало. З цих позицій оподаткування нових технологій – це не найкраще, а найгірше рішення [167]. Разом з тим важливо враховувати, що по суті податок на роботів є податком на капітал, який суперечить теорії оптимального оподаткування і до того ж вноситиме додаткові викривлення у зв'язку з різними податковими режимами щодо роботів в окремих країнах.

З фіскальної точки зору не менш важливо, що очевидні проблеми визначення того, що є "роботом" для цілей оподаткування, можуть на практиці перетворити цей податок на логічний і правовий жах [203].

3.2. Фінансово-кредитне регулювання становлення смарт-промисловості

Смарт-промисловість знаменує революційні зміни у суспільному виробництві за рахунок дигіталізації виробничих процесів, забезпечення високої якості продукції, своєчасного автоматичного технічного обслуговування машин й обладнання, гнучкого реагування на попит, підвищення ефективності ланцюжків поставок та багатьох інших аспектів індустріальної діяльності, у тому числі фінансових.

Фінансове забезпечення економічної діяльності та її грошово-кредитне регулювання є невід'ємними елементами повної екосистеми Індустрії 4.0. Саме ці елементи визначають ресурсні можливості переходу на новітні кіберфізичні технології в найкоротші терміни, дозволяють скористатися їх конкурентними перевагами без грошової напруженості або виникнення непосильного боргового тягаря. Як відзначають фахівці Siemens [164] – провідного німецького

концерну, що надає спеціалізовані послуги в різних галузях промисловості, проблеми, пов'язані з реалізацією цифрової трансформації промисловості, мають тенденцію обертатися навколо проблеми фінансів, які також зазнають суттєвих трансформацій та, за аналогією з новим шаблоном розвитку промисловості, отримали назву "Фінанси 4.0".

Спеціальні інструменти Фінансів 4.0, які здатні своєчасно та в повному обсязі забезпечити розширене кіберфізичне відтворення, включають такі елементи [164]:

фінансування доступу / використання обладнання і технологій. Більшість товаровиробників шукають фінансові інструменти, які допоможуть їм придбати технологію, обладнання або систему в OEM-виробників без необхідності витратити власний капітал. Конкретні фінансові рішення можуть бути засновані на таких варіантах, як фінансова оренда, операційна оренда, оренда або договір про покупку в розстрочку;

фінансування модернізації та оновлення технологій. Для цього використовуються інтегровані варіанти фінансування обладнання і технологій, які потребують оновлення протягом періоду фінансування, завдяки чому забезпечується захист від технологічного старіння;

фінансування програмного забезпечення. Успіх кіберфізичних трансформацій потребує комбінованих апаратних і програмних рішень, які формують цифрові потоки даних для оптимізації виробництва. Ці специфічні потреби мають визнаватися фінансистами, здатними задовольнити вимоги до фінансування програмного забезпечення;

платежі за результатами. Сучасні цифрові інструменти уможливають використання поточних заощаджень або вигід від доступу до кіберфізичних технологій для фінансування щомісячний платежів;

фінансування переходу від пілотного до основного виробництва. Для становлення смарт-виробництва велике значення мають механізми фінансування, які відкладають оплату за нову систему або її масштабування до тих пір, поки вона не буде надійно налаштована і запущена;

фінансові рішення для оборотного капіталу. Сучасні виробники відчувають дедалі більший тиск у сфері управління грошо-

вими потоками. Послуги щодо фінансування доданої вартості зазвичай засновані на тій чи іншій цифровій технології фінансування рахунків-фактур, допомагають у вирішенні проблем з грошовими потоками;

фінансові рішення для стимулювання продажів OEM¹. Спеціальні програми фінансування постачальників можуть дати OEM-виробникам додаткові конкурентні переваги, якщо вони керують власним кіберфізичним бізнесом або дозволяють своїм клієнтам перетворитися на смарт-підприємства.

Для того щоб відповідати новим вимогам смарт-промисловості, традиційні установи, які надають фінансові послуги, також мають розвиватися на цифрових засадах. І такі процеси вже тривають. Найбільш відомим напрямом розвитку Фінансів 4.0 є так званий фінтех.

3.2.1. Стан і напрями розвитку фінтеху. Фінтех vs традиційний банкінг

Під фінтехом (fintech) зазвичай розуміють породжені технологіями фінансові інновації щодо створення нових бізнес-моделей, додатків, процесів або продуктів, які згодом позначаються на фінансових ринках, інститутах або наданні фінансових послуг [10, р. 8]. Прикладами фінтеху є онлайн-банкінг, цифрові валюти, мобільні гаманці, краудфандингові сервіси, цифрові платформи з обміну даними, електронна торгівля, робоедвайзери тощо.

Інвестиції у фінтех у світі швидко зростають, хоча останнім часом спостерігається їх певна стабілізація (рис. 3.3).

Найбільш популярними є високотехнологічні послуги фінтеху у сферах виконання грошових переказів і платежів, іншуртеху (від *англ.* insurance – страхування, technology – технологія), заощаджень та інвестиції тощо.

¹ OEM (original equipment manufacturer) – виробники комплектного обладнання.

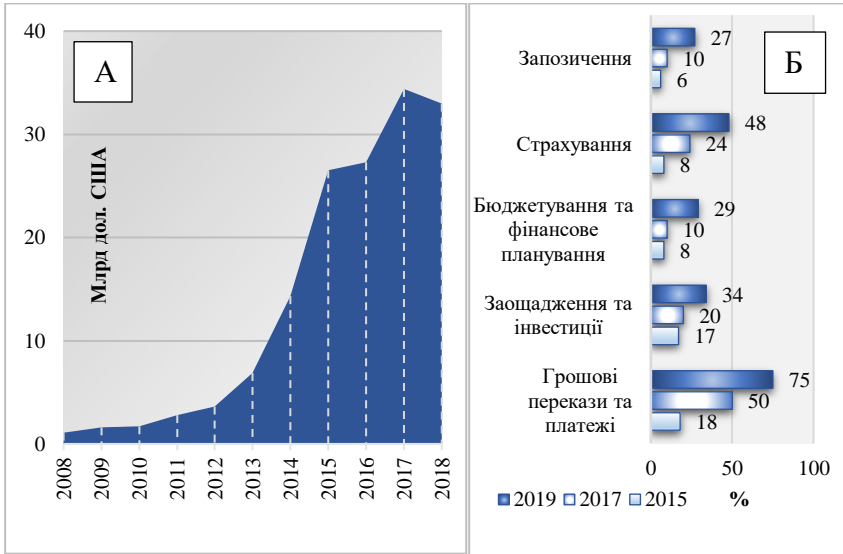


Рис. 3.3. Загальна вартість інвестицій у фінтех у світі (А) та його найбільш популярні послуги (Б)

Складено за даними джерела: Statista; EY Global FinTech Adoption Index 2019.

Поштовхом для прискореного розвитку фінтеху стала світова фінансово-економічна криза 2008-2009 рр., яка продемонструвала крихкість традиційної системи фінансових посередників і сформувала попит на нові інструменти фінансового забезпечення економічного розвитку (вставка 3.1). До того ж ці події збіглися з винаходом нових цифрових технологій, символом яких став Біткоїн – криптовалюта, заснована на пірінговій платіжній системі.

Сучасні фінтех-інституції – це вже не тільки ризиковані стартапи, а усталені компанії з професійним управлінням, широкими операційними можливостями, повним набором продуктів і глобальним охопленням.

Фінтех уже завоював популярність у всьому світі, особливо на ринках, що розвиваються: у таких гігантських країнах, як Китай та Індія, індекс використання фінтеху (FinTech Adoption Index¹) дорівнює 87%, у Росії та Південній Африці – 82%.

¹ Розраховується EY (Ernst & Young). Докладніше у джерелі [71].

Вставка 3.1.

Монетарні механізми подолання фінансово-економічної кризи та глобальна фінансова нестабільність

Монетарні політики провідних ЦБ світу були успішно використані для подолання світової фінансово-економічної кризи 2008-2009 рр. і сьогодні також є важливими чинниками, що визначають сучасні тенденції розвитку глобальної економіки.

У докризовий період у кошику інструментів провідних монетарних центрів розвинутих країн домінували традиційні заходи грошово-кредитної політики, акцентовані на утримання контрольованої інфляції шляхом регулювання ключових ставок. Цього вважалося цілком достатньо для забезпечення стабільного економічного зростання. Реалізація такої політики не визивала сумнівів за відсутності критичних спадів виробництва, поступового економічного зростання та прийнятного рівня безробіття.

Ситуація різко змінилась унаслідок світової фінансово-економічної кризи 2008-2009 рр., коли застосування традиційних механізмів монетарної політики щодо стимулювання економік вичерпало свій потенціал, оскільки ключові відсоткові ставки були знижені майже до нуля, при тому що спад ВВП та зростання безробіття тривали.

У зв'язку з цим було винайдено і вперше застосовано нетрадиційну монетарну політику, яка передбачала: кількісні пом'якшення з відповідним швидким зростанням зобов'язань центробанків; де-факто – проактивне підтримання множинності їх цілей, у тому числі щодо забезпечення фінансової стабільності та зниження рівня безробіття; розширену участь ЦБ у фінансуванні бюджетного дефіциту уряду з розмиванням різниці між монетарною і фіскальною політикою.

Вжиті заходи сприяли подоланню в основному рецесії в розвинутому світі та переходу на траєкторію економічного зростання. Але успіхи посткризового відновлення виявилися різними. Кращі результати було досягнуто у США і Великобританії, дещо гірше – в країнах континентальної Європи та Японії.

Нинішні заходи щодо нормалізації монетарної політики, яку започаткували США, передбачають поступове підвищення ключової процентної ставки та згортання балансів центробанків. Проте де-факто у значній частині центральних банків розвинутого світу цикл нетрадиційної монетарної політики все ще триває.

У цілому наслідки цієї політики можна оцінювати по-різному. Однак важко заперечувати два головних висновки:

1) коли це потрібно для подолання перешкод на шляху розвитку економіки, фахівці та політики розвинутих країн без вагань відмовляються від ринкових догм і застосовують нові, нетрадиційні інструменти регулювання, які до цього вважались неприйнятними;

2) завдяки, у тому числі, цим нетрадиційним інструментам долар США та євро зберегли своє лідерство серед світових валют.

Зокрема, долару і як резервній валюті, і як валюті, що використовується для обслуговування міжнародних транзакцій, поки що реальної альтернативи немає і, напевне, найближчим часом не буде.

Таким чином, соціоекономічні інститути США в черговий раз продемонстрували свою здатність до відтворення реальної глобальної економічної влади в нових умовах. Тому США, а також інші розвинуті країни, що входять до вузької компанії світових монетарних центрів, незважаючи навіть на негативні для себе наслідки виробничого офшорингу, зберігають шанси на утримання провідних позицій також у сфері новітніх індустріальних технологій, оскільки останні є вже не просто кіберфізичними, а кібер-фінансово-фізичними.

Тим не менш багато проблем (все ще занижені за історичними мірками відсоткові ставки, завищені у зв'язку з цим ціни активів і схильність ринкових суб'єктів до прийняття на себе ризиків тощо) залишаються невирішеними. Це свідчить про те, що глобальна фінансова нестабільність зберігається і позначається на коливаннях курсу в рамках головної світової пари валют EUR/USD, які суттєво впливають, у тому числі, на стан економіки України. Отже, попит на альтернативні механізми фінансування розвитку зростатиме і надалі.

Серед розвинутих країн у цьому відношенні лідирують Нідерланди, Великобританія та Ірландія, що частково відображає відкритість процесів розвитку банківської справи в цих країнах Європи [71, р. 8].

В Україні, яка проголосила курс на європейську інтеграцію, також присутні або запускаються окремі фінтех-компанії та проекти. Більша частина (60%) фінтех-провайдерів з'явилася в державі в останні роки. Майже 85% із них уже розпочали пропонувати продукти та надавати послуги, найбільш популярними серед яких є платежі, грошові перекази, послуги технологій та інфраструктури (рис. 3.4).

Однак перспективи подальшого розвитку фінтеху не можна вважати безхмарними. Після першого періоду швидкого зростання

на "хайпі" настав час, коли фінтех-бізнесу треба підбити перші підсумки і зробити його більш надійним і стабільним. Але цьому є значні структурні перешкоди.

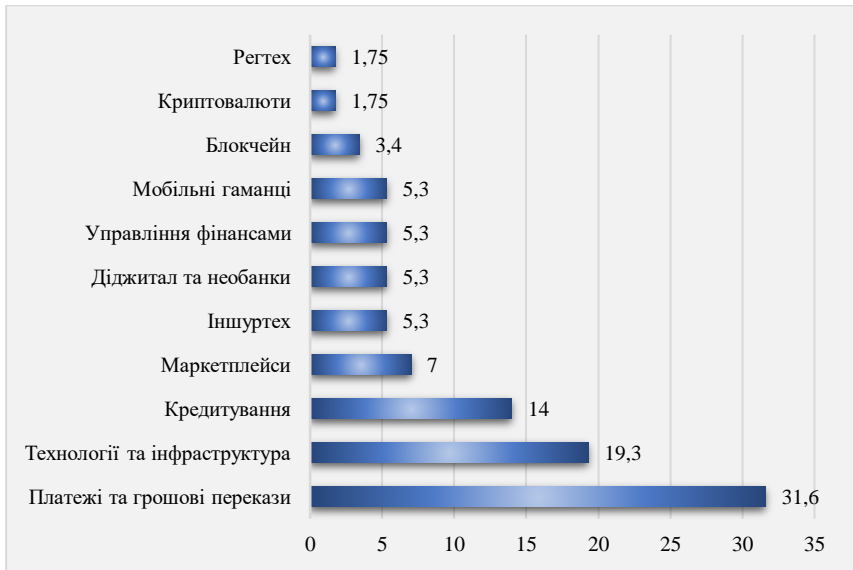


Рис. 3.4. Основні напрями діяльності фінтех-компаній в Україні (2018 р.), %

Складено за даними джерела: USAID. Фінтех в Україні: тенденції, огляд ринку та каталог, 2018.

По-перше, потенційні клієнти у своїй масі при виборі фінансових посередників передусім звертають увагу на вартість обслуговування та доступність філій, у той час як наявність цифрових каналів і продуктів, тим більше мобільного банкінгу, не має для багатьох із них принципового значення [227]. Такий вибір обумовлений усе ще низьким рівнем цифрової грамотності значної частини населення, особливо старших вікових категорій. І швидко змінити таку ситуацію неможливо.

По-друге, проблемою залишається дефіцит кадрів, особливо у країнах, що розвиваються. Висококваліфіковані фахівці зазвичай прагнуть виїхати до розвинутих країн, щоб працювати на великі

корпорації, які можуть запропонувати високі зарплати та привабливі умови праці. Тому невеликим фінтех-компаніям конкурувати з ними дуже складно.

По-третє, перешкодою для розвитку фінтех-інституцій є те, що традиційні банки часто заперечують корисність фінтех-проектів для ринку, сприймаючи їх як загрозу. Як свідчить авторитетний і відомий у фінансовому світі Базельський комітет з банківського нагляду (Basel Committee on Banking Supervision), фінтех може представляти для класичних банків пряму загрозу, оскільки за деякими оцінками протягом наступних 10 років ризикованими можуть виявитися від 10-40 до 20-60% прибутків банків від роздрібного бізнесу (хоча за іншими оцінками банки зможуть поглинути нових фінтех-конкурентів, підвищивши тим самим свою ефективність і можливості) [10, р. 4].

Під впливом нових вимог, що висувуються до банків у першу чергу їх клієнтами-підприємствами в рамках переходу до Індустрії 4.0, та конкуренції з боку фінтех-компаній класичні банки мають самостійно впроваджувати у свою діяльність цифрові технології. Але для них такий перехід пов'язаний із певними обмеженнями й ускладненнями.

Так історично склалося, що банківська справа спирається на людські ресурси і відносини. Йдеться не лише про залучення до банків вкладів населення та споживче кредитування, але і про формальне і неформальне спілкування при вирішенні окремих питань щодо обслуговування клієнтів, взаємодію з іншими банками, регуляторними агенціями тощо. Тобто багато процесів і завдань виконується фактично "в ручному" режимі, що може мати як наслідки збільшення витрат (наприклад, на операційну діяльність), виникнення помилок через людський чинник та уповільнення процесів, що в епоху переходу до смарт-промисловості є неприпустимим.

Зазначені моменти впливають на швидкість цифрових трансформацій, що відбуваються в банківській сфері. Крім того, вони ускладнюються внаслідок дії таких чинників:

вхід на ринок нових учасників, у яких, на відміну від банків, немає тривалої історії та необхідності її модернізації, але є бажання, навички та технології, що дозволяють входити на цей ринок і пропонувати продукти з високим рівнем автоматизації;

банкам важко одразу перевести в цифровий формат усі види своєї діяльності та послуг, що пропонуються, як того вимагають клієнти, а поступовий перехід до цифрових технологій означає для підприємств фінтеху втрату часу та позицій на ринку;

банківська діяльність регулюється низкою нормативно-законодавчих актів, і будь-які зміни в ній мають бути підкріплені не лише новими технологіями та персоналом, що вміє ними користуватися, але і положеннями правового поля, модернізація якого є тривалим та складним процесом.

Для відповідності потребам часу та клієнтів банки (перш за все зарубіжні) застосовують так звані системи управління бізнес-процесами (business process management – BPM). У рамках цих систем уніфіковано методологію та програмні засоби для моделювання, впровадження, виконання, моніторингу та оптимізації процесів, які часто реалізуються в банківських установах. Ці системи спрямовані на перепроєктування існуючих процесів і можуть бути використані як частина стратегії цифровізації банківського сектору загалом і банківських установ зокрема.

Разом з тим підприємства фінтеху мають можливості пришвидшити реалізацію цієї стратегії. Таке партнерство може бути вигідним обом сторонам: банки швидше стануть цифровими та зможуть задовольняти потреби своїх клієнтів, підприємства фінтеху – отримують від банків інвестиції на реалізацію нових проєктів і продуктів для ринку фінансів.

Одним із варіантів такого партнерства є використання автоматизації робототехнічних процесів (robotic process automation – RPA). RPA – це технологія, що імітує взаємодію людини з комп'ютером. На відміну від BPM і подібних систем, RPA прискорює процес шляхом усунення людини від виконання важких у фізичному плані, монотонних, або таких, що потребують значної зосередженості, завдань. Як наслідок – відбувається прискорення виконання таких завдань.

Використання RPA не потребує від банків відмови від BPM: остання є і своєрідною програмною платформою, і методологією, що окреслює напрями та порядок цифровізації, а RPA – програмним продуктом. Отже, RPA можна адаптувати й імплементувати в будь-яку BPM, що дозволить швидше усунути "вузькі" місця BPM.

У цілому RPA являє собою швидкий і відносно простий спосіб автоматизації широкого спектру банківських процесів і послуг, який дозволяє:

забезпечити ефективну взаємодію між різними банківськими системами, що усуває необхідність передачі даних працівниками банків вручну;

оновити операційні процеси банків (швидше виконання, менше помилок);

прискорити процес обробки великих даних;

вивільнити співробітників від виконання рутинних операцій, що надає їм можливість більше зосередитися на клієнтах і краще задовольняти їх потреби;

зменшити час виходу на ринок цифрових фінансових послуг та залучення до Індустрії 4.0;

спростити дотримання регуляторних норм із більшою прозорістю;

стати кроком до трансформації у 100-відсотковий цифровий банк.

Одними з важливих переваг RPA є її відносна простота і дешевизна. Крім того, розгортання RPA займає від декількох днів до декількох тижнів (залежно від розміру банку та кількості виконуваних ним операцій) і не потребує додаткового найму ІТ-фахівців [124]. Слід відзначити, що, незважаючи на посилення конкуренції, традиційні банки поки що не поступаються фінтех-компаніям.

Як свідчить дослідження, наприклад [208], у провідних країнах світу зі стійким інституційним середовищем, високим рівнем доходів на душу населення, розвинутою банківською системою та значною часткою проникнення ІКТ підприємства фінтеху можуть зайняти лише незначну частку ринку фінансових послуг, які традиційним банкам може бути не вигідно обслуговувати.

Однак в емерджентних економіках, де рахунки у банках має тільки незначна частка населення і в той же час спостерігається досить високий рівень проникнення ІКТ у суспільство (поширення електронних мобільних пристроїв та додатків до них, доступність високошвидкісного інтернету, наявність електронних пристроїв із доступом до Internet у значній частки населення країни, достатній рівень комп'ютерної освіченості), фінтех може скласти конкуренцію банкам. Зокрема, це стосується сфери обслуговування насе-

лення (обробка платежів, переказ коштів, невеликі споживчі кредити, керування поточними рахунками, прості продукти, спрямовані на заощадження коштів) та малих і середніх підприємств, які зазвичай не можуть отримати кредити у традиційних банках через відсутність у них достатніх коштів для забезпечення кредиту та/або досвіду роботи на ринку, що могло б стати свідченням їх надійності та фінансової стабільності. В останньому випадку підприємства фінтеху можуть запропонувати такі цілком нові, як для банківського сектору, продукти, як краудфандинг та кредитування P2P.

Також продукти фінтех-інституцій та самі інституції можуть розраховувати на успіх у населення, якщо в країні спостерігається значна частка молоді, особливо міленіалів (молодь, яка народилася на межі тисячоліть, – від 30 років та молодше). Ця категорія населення, на відміну від більш консервативних старших поколінь, добре знається на сучасних ІКТ, намагається постійно оновлювати свої електронні пристрої, не бажає втрачати час і кошти в чергах у банках, але цінує швидкість та простоту, які можуть запропонувати фінтех-компанії [121].

У таких умовах банки можуть зосередитися на обслуговуванні великих підприємств, фінансових рахунках заможних клієнтів, клієнтів старшого покоління, надавати фінансові послуги, що потребують більш тісної взаємодії з клієнтами.

Слід також зауважити, що підприємства фінтеху зазвичай не мають високого ступеня довіри у населення та підприємств як через їх порівняну новизну, так і через неврегульованість їх діяльності. У цьому розумінні державне регулювання фінансового сектору, з одного боку, обмежує вхід на ринок нових підприємств та пропозиції нових продуктів, а з іншого – надає гарантії підприємствам і населенню щодо їх вкладів та рахунків.

Оскільки норми державного регулювання змінюються досить повільно, а також для розвитку фінтех-підприємств потрібні кошти та людські ресурси (зокрема на розробку нових продуктів, технологічну підтримку), для емерджентних країн перспективною може бути гібридна платформа, у межах якої спільно працюватимуть державні органи, банки, підприємства фінтеху, споживачі (рис. 3.5).

Створення на практиці такої платформи потребує високого рівня цифрової освіченості, у першу чергу – управлінців вищої ланки банків й органів влади, а також можливості керівництва бан-

ків, фінтехів, представників влади йти на компроміс, координувати свої дії з метою отримання більших вигід у майбутньому. Подібна до наведеної на рис. 3.5 гібридна платформа під назвою Fidor уже почала функціонувати в Німеччині [159].



Рис. 3.5. Гібридна платформа для надання фінансових послуг
Складено за даними джерела [208].

Слід підкреслити, що при аналізі проблем взаємодії банків і підприємств фінтеху не йшлося про великих технологічних гігантів, таких як Google, Amazon, Alibaba, Facebook та ін. Такі компанії

наразі є найпотужнішими в частині фінансових, людських і технологічних можливостей, вони мають вплив та представництва в багатьох країнах світу та часто діють за принципом "переможець забирає все", тому можливість співпраці між ними та банками є вкрай малоймовірною [208]. Можна очікувати, що вони просто поглинуть інституції, які їх зацікавили, – насамперед ті, що досягли найбільших успіхів у розвитку новітніх цифрових технологій, до яких безперечно належить блокчейн.

3.2.2. Блокчейн у фінансах і банківській сфері

У рамках характеристики використання блокчейн-технологій у банківській сфері слід відзначити, що розподілені реєстри є універсальним щодо того, яка інформація в них зберігається. Це можуть бути, наприклад, відомості про нелегальних мігрантів у країнах Євросоюзу [158] або цифрові записи про емісію активів та їх обіг у фінансовій системі, яка існує незалежно від сфери державного і банківського регулювання. Саме останній спосіб застосування відкрив світу блокчейн і породив "хайп" навколо нього.

Підвищений інтерес до блокчейну обумовлений тим, що він являє собою не просто нові інформаційні технології, але й уособлює нову філософію ведення бізнесу.

З боку технології блокчейн – це лише різновид криптографічно захищеної розподіленої бази даних, яка зберігає інформацію у вигляді безперервного ланцюжка послідовно змінюваних (у процесі транзакцій) цілісних станів системи (блоків). Блокчейн гарантує цю цілісність. Крім того, починаючи з просунутих версій блокчейну (у зв'язку з винаходом у 2015 р. криптовалюти Ethereum) стало також можливим зберігання програмного коду, який самостійно виконує транзакції, – так званих "розумних контрактів", у яких може бути записана складна логіка обчислень і перевірок.

Сам по собі прогрес в інформаційних технологіях розподілених реєстрів не означав би нічого принципово нового, якби блокчейн не привів до зміни парадигми ведення бізнесу, особливо у сфері грошових розрахунків та інвестицій.

По-перше, блокчейн створив "місток", який перекидає "провали" в дигіталізації фінансових послуг. У банківській діяльності

документообіг значною мірою автоматизований, але, на відміну від криптовалют, це не суцільна дигіталізація бізнес-процесів. Досі існує також багато ручних і високозатратних операцій. Так, згідно зі статистикою Thomson Reuters Survey, європейські банки витрачають понад 60 млн дол. на рік тільки на ідентифікацію та перевірку клієнтів [198]. При цьому значні витрати на підтримання безпеки не гарантують абсолютного захисту клієнтів від втрат. За даними Nilson Report, до 2020 р. світові збитки від шахрайства з картковими рахунками можуть перевищити 20 млрд дол. [29].

На відміну від традиційної практики уникнення загроз, програмний код Біткоїну відкритий будь-якій зацікавленій особі та завдяки цьому багато разів перевіряється на вразливість. Така прозорість дозволила Біткоїну і блокчейну, що становить його основу, стати практично еталонним способом зберігання і передачі фінансової інформації. Найбільш відомі втрати коштів у мережах криптовалют були пов'язані не проблемами з безпекою, а з тим, що клієнти самі забували паролі доступу до своїх заощаджень, відновити які неможливо в принципі [155].

По-друге, децентралізація і дерегулювання, які становлять основу мереж блокчейну та криптовалют, виявилися досить актуальними, оскільки ініційовані США та Західною Європою процеси деофшоризації, рещорингу, а також посилення вимог до фінансової прозорості в діяльності банків зумовили зростання тиску на клієнтів. У результаті криптовалюти стали сприйматися власниками офшорних рахунків як економічні гавані. Більше того, для криптовалют, порівняно з банками, не існує жодних обмежень щодо мінімальних залишків коштів, а витрати з обслуговування рахунків взагалі відсутні. При цьому забезпечується майже абсолютна анонімність власників цифрових валют. Тобто блокчейн вирішує нагальну бізнес-потребу клієнтів, які діють за принципом "мені потрібна система, в якій ніхто не зможе заборонити мені витратити мої гроші" [23]. Через це Китай, у якому державна політика щодо виведення капіталів і валютного контролю є досить жорсткою, став основним покупцем криптовалют і власником 9/10 світових потужностей майнінгу [231]. При цьому будь-які зміни в економіці й політиці Китаю миттєво позначаються на курсах криптовалют. Наприклад, сплеск курсу Біткоїну у травні 2019 р. з 4 до 8,5 тис. дол. експерти пояснюють веденням США санкцій стосовно китайського експорту [225].

По-третє, блокчейн і криптовалюта, крім інструментів накопичення, запропонували альтернативні можливості грошового обміну. Емісія та обіг криптовалют у більшості країн випадають із-під сфери грошово-кредитного регулювання і навіть податкові органи змогли лише частково охопити відповідні операції. Зростання інтересу до цифрових валют стимулювало появу широкого спектру інтернет-послуг щодо їх обміну, спеціальних бірж, торгових майданчиків у різних юрисдикціях. На піку популярності у 2018 р. кількість спеціальних бірж перевищила 500 [228]. Тобто паралельно з банківською виникла система, яка складається з близько 2 тис. цифрових валют різного ступеня зручності щодо платежів і накопичень, загальна капіталізація якої перевищила $\frac{1}{4}$ трлн дол. [19].

Простота інтеграції криптовалютних розрахунків в інтернет-сервіси привела до того, що цифрові валюти приймаються тепер в оплату товарів і послуг практично в будь-якому куточку світу. Однак, незважаючи на масове захоплення блокчейном, його випадання з-під сфери законодавчого регулювання призвело до того, що інформація про ринки цифрових валют є вкрай викривленою, а транзакційні витрати – значними. Так, за оцінками аналітиків, тільки приблизно 5% оголошеного обсягу біржових торгів Біткоїном є істинними (95% фейкових торгів симулюються спекулянтами з метою курсових маніпуляцій). Тільки 10 бірж із сотень відомих мають понад 1 млн дол. реального щоденного обороту [19]. І тільки один із десяти сервісів надає послуги обміну на фіатні гроші, а не просто обміну криптовалют між собою.

Критичними проблемами торгових розрахунків із використанням криптовалют є такі:

- непередбачувані комісії за перекази;
- можливість скасовувати платежі після завершення покупки;
- нестабільність і тривалість зарахування коштів продавцю;
- складність і дорожнеча виходу у фіатні гроші;
- практично всі потужності, що забезпечують функціонал платіжної системи, контролюються Китаєм.

Проте більшість цих проблем і ризиків лягають на плечі власників валют, а фінансові посередники, навпаки, стрімко заробляють на "хайпі". Фінансовий сектор оперативно відреагував на можливості й загрози, пов'язані з появою нової грошової системи, яка існує паралельно з банківською.

Щодо безпосередньо банківських установ, то вони в черговий раз проявили традиційний для них консерватизм. Із найбільших банків світу лише JPMorgan (США) увійшов до провідних роботодавців, які наймають блокчейн-розробників, і розділив позиції з такими інформаційними гігантами, як IBM, Cisco і Microsoft [106]. У 2018 р. JPMorgan запустив власну криптовалюту JPM. Вона була розроблена для здійснення транзакцій між клієнтами в платіжній мережі JPMorgan Chase. Крім того, JPMorgan оголосив про старт власної блокчейн-платформи Quorum, побудованої на базі Ethereum. Однак пряма участь великого банку в розробці криптовалюти є скоріше винятком, ніж правилом.

Банківський сектор також не є лідером за критерієм створення робочих місць для блокчейн-розробників і поступається в цьому навіть консалтинговим компаніям, таким як Deloitte. У цілому попит на робочі місця для блокчейн-розробників, який стрімко зростає протягом 2016-2017 рр., перейшов у спадну фазу та скоротився в період з лютого 2018 р. по лютий 2019 р. майже на 70% [20]. Таке зниження попиту на фахівців пов'язане не тільки з падінням курсів криптовалют. Після перших експериментів стало зрозуміло, що технології блокчейн є ще недостатньо зрілими для широкомасштабного застосування як глобальної платіжної системи. Необхідні більш тривалі та глибокі дослідження і розробки. Ця закономірність підтверджується статистикою ICO блокчейн-проектів. Переважна більшість (85%) проектів, які зібрали ICO фінансування на етапі підйому в 2016-2017 рр., уже збанкрутували або близькі до цього [197].

Більшість банківських установ, які намагаються реалізувати себе у сфері блокчейн, вважають за краще дотримуватись обережної тактики і виступати спільно в консорціумах. Відомим прикладом є проект "Практичні розрахункові гроші" (Utility Settlement Coin – USC), створений у 2016 р. швейцарським банком UBS у партнерстві ще з 10 банківськими установами, серед яких State Street, MUFG, Barclays, Credit Suisse, HSBC і Canadian Imperial Bank of Commerce. Це також проект Corda, що реалізується, починаючи з 2015 р., консорціумом R3 за підтримки близько 70 банків, включаючи також Barclays, Goldman Sachs, J.P. Morgan та UBS.

Хоча проекти R3 і UCS мають спільних учасників, їх не можна вважати партнерськими. Ці проекти не збігаються за своїм призна-

ченням і конкурують у сфері технічних рішень. У 2018 р. більш досвідчений розробник R3 намагався підключитися до консорціуму проекту USC, щоб витіснити звідти свого конкурента – британську компанію Clearmatics, але програв, і проекти, як і раніше, розвиваються незалежно [181].

Corda позиціонує свої продукти як спрямовані на створення універсальної банківської інфраструктури обміну даними. Попри те що йдеться про блокчейн-платформу, у R3 неодноразово підкреслювали, що вони використовують лише частину концепцій традиційного блокчейну. Їх протокол відрізняється від розподіленого реєстру, як мінімум, тим, що доступ до системи надається тільки авторизованим учасникам, а емісія власних криптовалют не передбачається. У 2018 р. відбулося тестування Corda як системи міжнародного банківського обміну даними про корпоративних клієнтів, необхідного в рамках політики KYC (know your customer – знати свого клієнта). Завдання полягало в тому, щоб прискорити і здешевити процеси ідентифікації. У тестуванні цього проекту команди R3 брали участь понад 40 міжнародних організацій, включаючи банки і регуляторів [5]. На 2019 р. було також заплановано тестування міжнародних платежів у системі SWIFT із використанням платформи Corda.

Навпаки, UCS – це криптовалюта в більш традиційному розумінні, створена з метою організації фінансових розрахунків. По суті це повноцінний аналог Біткоїну, але з обмеженим ходінням, а саме – між фінансовими установами, які торгують на ринку цінних паперів. "Практичні розрахункові гроші" передбачається зробити конвертованими у фіатні валюти. Запуск проекту запланований на 2020 р. Технічне ядро UCS також засноване на закритому блокчейні, в якому розподілений реєстр зберігається в обмеженій кількості надійних сторін. Проект зібрав фінансування понад 60 млн дол. і є одним з яскравих прикладів прогресу блокчейну в банківській сфері [47].

Третім лідером серед банківських блокчейн-продуктів, створеним для просування власної криптовалюти, є проект Ripple. Це найбільш зрілий проект зі створення альтернативної платіжної системи. Як протокол він почав розроблятися ще з 2004 р. і знайшов комерційне втілення у 2012 р. А в 2013 р. він уже був названий критичною загрозою для існування Western Union. Криптовалюта

Ripple (XRP) тривалий час демонструвала найкращу динаміку зростання серед конкурентів (разом із Біткоїном і Ефіром). Блокчейн-проект Ripple також розглядається як основний ідеологічний конкурент Біткоїну [154].

Ripple позиціонує себе як інструмент платежів, заощадження депозитів і, особливо, здійснення міжнародних розрахунків. Гарантований час здійснення таких платежів становить не більше 3-4 хвилин (у той час як платежі в системі SWIFT можуть займати кілька днів). Система створена для банків і провайдерів платіжних систем, як технологія інфраструктури для виконання міжбанківських операцій. Вона органічно комбінується з існуючою мережею банківських і біржових установ з метою забезпечення додаткових ефективних комунікацій, перш за все для здійснення переказів, платежів, обліку заборгованостей та зобов'язань. Блокчейн-Ripple дозволяє вести операції в будь-якій фіатній валюті, інших активах, включаючи сам XRP (валюту Ripple).

Банківська установа стає по відношенню до блокчейн-Ripple так званим "шлюзом", який приймає депозити і видає грошові залишки клієнтам. Крім того, "шлюзи" можуть застосовувати власну політику регулювання, включаючи анти-відмивання грошей (anti money laundering – AML) або "знай свого клієнта" (KYC). Клієнти "шлюзу" можуть підвищувати довіру до нього (підвищуючи його статус) за допомогою механізму "трастлайн", який передбачає встановлення клієнтами лімітів на те, яка частина їх заощаджень у "шлюзі" може вливатися в потоки ліквідності глобальної мережі Ripple.

Ripple відрізняється від Біткоїну за архітектурою і механізмами консенсусу, використаного в мережі. Близьким до Ripple в технічному відношенні є проєкт Stellar, також сфокусований на вирішенні завдань фінансового сектору. Хоча Stellar був спочатку відгалуженням від основної лінії Ripple, "клоном" цього протоколу, його розробники виступили із серйозною критикою Ripple, стверджуючи, що останній є жорстко централізованим, занадто комерціалізованим і не враховує інтересів співтовариства. Stellar амбіційно позиціонував себе як "вбивця" Ripple [179]. Але з 2015 р. ці проєкти завершили судові суперечки і почали розвиватися незалежно, кожен маючи свою групу підтримки і лояльних клієнтів. Обидва вони пережили свої кризи: для Stellar – це "падіння" мережі через дефекти

алгоритмів консенсусу в 2014 р.; у Ripple відбулося істотне падіння курсу, обумовлене появою прямого конкурента – вищеназваної валюти JPM [21].

Окрему групу банківських блокчейн-проектів становлять рішення, пов'язані не з організацією платежів, а з підтримкою кредитування, факторингу, торгового фінансування і "ланцюжка поставок" (supply chain). Так, на початку 2019 р. німецький Commerzbank провів тестові операції Marco Polo – заснованої на блокчейні платформи для торгового фінансування [82]. Ця система, як і інші блокчейн-продукти для банків, націлена на підвищення безпеки і зниження вартості ідентифікації клієнтів, процедур передачі та перевірки інформації, у даному випадку – у фінансуванні торгівлі.

Блокчейн-платформа Marco Polo дозволяє бізнес-партнерам заздалегідь узгоджувати і фіксувати деталі поставки й оплати продукції. Потім банк покупця за допомогою цієї платформи перевіряє угоду і реєструє умовне платіжне зобов'язання (conditional payment commitment). Коли в Marco Polo вводиться інформація про фактичну відправку товару, система здійснює перевірку дотримання раніше досягнутих домовленостей (у вигляді смарт-контрактів). У разі позитивного рішення автоматично запускається процес оплати.

Таким чином, усі напрями використання блокчейну, так чи інакше пов'язані з фінансами і банківським сектором, можна розділити на:

- 1) власне цифрові валюти;
- 2) системи, які підвищують ефективність існуючих міжбанківських комунікацій;
- 3) блокчейн-платформи, які реалізують альтернативні механізми міжнародних розрахунків;
- 4) системи клірингу в торгівлі цінними паперами;
- 5) платформи, призначені для підтримки торгового фінансування і факторингу.

Безумовним лідером серед зазначених напрямів є Ethereum – не тільки криптовалюта, але й універсальна платформа для реалізації на її основі будь-яких протоколів. Характерним прикладом є згаданий проєкт Quorum. Також серед лідерів – Ripple і Stellar, які відрізняються від Ethereum тим, що реалізують повністю закриту архітектуру. Вони конкурують між собою фактично на одному полі, так само, як і UCS із R3 Corda. Окремий ланцюжок продуктів, побудо-

ваних на індивідуальних блокчейн-проектах або на базі універсального фреймворку Hyperledger [120], використовується для факторингу (Marco Polo).

Спільною рисою всіх цих проєктів є те, що вони фактично належать до другого покоління розвитку екосистеми блокчейн. У той же час у світі, починаючи з 2017 р., уже формується третя генерація блокчейн-мереж (поки що здебільшого у вигляді стартапів). Тому в найближчому майбутньому очікується поява більш сучасних технічних рішень та/або адаптація вже відомих систем до новітніх архітектур й алгоритмів, які зможуть зробити промислові імплікації фінансових блокчейнів більш масштабними й ефективними.

Таким чином, для розвитку смарт-промисловості, яка спирається на IoT, потрібні нові грошово-кредитні механізми й інструменти, здатні забезпечувати більш оперативне, надійне та гнучке фінансування: точно на задану суму, точно в даний момент часу, за точно встановленою ціною. З урахуванням інтернаціоналізації таких мереж необхідне більш швидке і безпечне здійснення міжнародних розрахунків.

Досягнення науково-технічного прогресу уможливило створення інструментів, заснованих на новітніх цифрових технологіях, таких як блокчейн, предиктивна аналітика, когнітивні обчислення тощо. Вони дозволяють по-новому вирішувати важливі для розвитку смарт-промисловості завдання щодо фінансування модернізації та оновлення технологій, сучасного програмного забезпечення, переходу від пілотного до основного виробництва тощо. По суті йдеться про інтеграцію смарт-промисловості (виробничих кіберфізичних систем) зі смарт-фінансами, Індустрії 4.0 з Фінансами 4.0. Завдяки цьому промисловість поступово перетворюється на мережу не просто кіберфізичних систем, а кібер-фінансово-фізичних систем, або промисловий інтернет речей і фінансів [214].

Проте така інтеграція потребує високого рівня розвитку як виробництва, так і фінансів, а також загалом сприятливого інституційного середовища для інновацій. Незважаючи на те що в Україні цифрова економіка загалом і фінтех зокрема поступово розвиваються, про реальну широкомасштабну інтеграцію новітніх цифрових технологій з технологіями виробничими поки що не йдеться. На користь цього свідчать такі аргументи:

по-перше, новітні промислові технології поки що не дістали поширення й існують як окремі "кіберфізичні острівки";

по-друге, Україна критично відстає за рівнем розвитку та якістю інститутів, які визначають можливості інноваційного розвитку економіки;

по-третє, в державі поки що не реалізовано сприятливу монетарну політику для інноваційної діяльності, у тому числі у сфері кіберфізичних технологій. Для цього потрібне подальше зниження облікової ставки НБУ, яка є орієнтиром вартості залучених і розміщених коштів для банків та інших суб'єктів грошово-кредитного ринку, вирішення застарілої проблеми створення національного банку розвитку – фінансової інституції, здатної стати потужним інструментом розвитку смарт-промисловості [213, с. 290-321], упровадження спеціалізованих програм рефінансування активів за ставками нижче ключової. Мається на увазі проектне і цільове фінансування (здешевлення кредитів на проекти в перспективних сферах високотехнологічного виробництва, що сприятиме розділенню інвестиційних і спекулятивних грошових потоків і пом'якшенню проблеми дефіциту дешевих "довгих" грошей);

по-четверте, залишається багато невирішених проблем і в становленні самої сфери Фінансів 4.0 – починаючи з реалізації комплексних програм дигіталізації управлінських, економічних і соціальних і процесів у державі та закінчуючи адаптацією національного законодавства про фінанси до європейського і поліпшенням захисту прав інвесторів, виробників і споживачів послуг фінтеху.

У даному контексті доцільно ще раз звернути особливу увагу на технологію блокчейн. Наразі вона виглядає досить суперечливо, в тому числі тому, що деякі представників бізнесу, заявляючи про його безперспективність, одночасно активно займаються просуванням блокчейну, прагнучи обійти конкурентів [210]. Також існує досить великий спектр технологій, які часто кардинально відрізняються, але позиціонують себе як блокчейн. Тому фахівцям у сфері фінансового менеджменту непросто визначитися з відповідним рішенням.

У такій ситуації найбільша не-технічна перешкода для блокчейну – це його експериментальний і напівзаконний характер. Для просування блокчейн-технологій необхідне упорядкування інфор-

мації про нього, виокремлення напрямів, технічних платформ, можливо альтернативних рішень, здатних на сьогоднішній день задовольняти потреби фінансового сектору та промисловості. Це потребує спільних зусиль громадських організацій, експертів і законодавців.

Для банківської сфери важливою є сертифікація конкретних блокчейн-продуктів з метою надання їм необхідного статусу, перш за все щоб підтвердити відповідність блокчейн-систем вимогам управління інформаційною безпекою. Крім зусиль у сфері регулювання, необхідні приватні ініціативи комерційних банків щодо впровадження блокчейн-продуктів спільно зі світовими лідерами вже перевірених рішень.

Оскільки у сфері страхування очікується певний прогрес щодо використання блокчейну, слід приділити увагу розробці спеціальних продуктів для цього ринку, а також включити розгляд блокчейну в законодавчі ініціативи, зокрема з реформування медичного страхування. Важливим також є законодавче стимулювання просування блокчейну у сфері застав, кредитних історій тощо.

Необхідні законодавчі ініціативи щодо підвищення правового статусу ICO з метою забезпечення більшої прозорості та захисту інвесторів, але без зайвої бюрократизації. Тут, як і загалом у сфері блокчейн, доцільно йти у фарватері країн, які є лідерами з його впровадження. Прикладом є Білорусія, де був прийнятий Декрет № 8 "Про розвиток цифрової економіки" [48], який встановив правові рамки для криптовалют і ICO та стимулював упровадження блокчейн-проектів у фінансових послугах.

3.3. Екологічне регулювання становлення смарт-промисловості

Екологічні вимоги до всіх етапів життєвого циклу продукції вже довгий час є вагомими конкурентними перешкодами на міжнародних ринках. Разом із тим загострення конкуренції за обмежені природні ресурси та зростання екологічного сліду життєдіяльності людини роблять екологізацію виробництва одним із найбільш актуальних стратегічних напрямів розвитку. При цьому з розгортанням цифровізації економіки, що охоплює західноєвропейський, пів-

нічно-атлантичний і далекосхідний економічні регіони, пошук шляхів убудовування національних промислових стратегій до загальносвітового тренду Індустрії 4.0 також стає першочерговим стратегічним завданням.

Смарт-трансформація промисловості є мейнстримом для більшості розвинутих економік світу (США ¹, західні країни ЄС ², Південна Корея ³, Японія ⁴) та деяких індустріальних емерджентних ринків (Індія ⁵, Китай ⁶ та ін.) [17, р. 10]. Такі країни виступають домінуючим "активним ядром" (growth poles), тобто чинять ефект захоплення ⁷ на інших макроекономічних агентів свого регіону і займають лідируючі позиції у глобальній економіці. Тому смарт-промисловість часто сприймається як четверта промислова революція, яка не лише змінить "головну цільову технологію", але і приведе до кардинальних перетворень багатьох сфер суспільного життя на глобальному рівні.

Таким чином, у досяжному майбутньому очікується виникнення нових форматів економічних відносин, масштабне переформування ланцюжків створення доданої вартості, зміна умов конкурентної боротьби. Аналогічно, фундаментальні зміни моделі виробництва не можуть не впливати на процеси формування і розподілу глобального та національного екологічного сліду. Так, найбільш очевидними змінами в динаміці навантаження на довкілля в контексті становлення смарт-промисловості стає потенційне зростання енергоспоживання й утворення електронних відходів (electronic waste – e-waste), що зумовлено масштабною цифровізацією та автоматизацією бізнес-процесів, а також забезпеченням

¹ Програма розвитку 2011 "Advanced Manufacturing Partnership 2.0".

² Програма розвитку 2010 "Industrie 4.0" у Німеччині; 2011 "Catapult centers" у Великобританії; 2012 "Manifattura Italia" в Італії; 2015 "Industrie du Futur" у Франції.

³ Програма розвитку 2015 "Manufacturing innovation 3.0".

⁴ Програма розвитку 2015 "The New Robot Strategy".

⁵ Програма розвитку 2014 "Make in India".

⁶ Програма розвитку 2014 "Made in China 2025".

⁷ Формування попиту на певні продукти та послуги (ефект масштабу), встановлення рівня цін та управління їх динамікою (ефект продуктивності), оновлення асортименту товарів і послуг за рахунок розробки нової техніки і технологій (ефект нововведень).

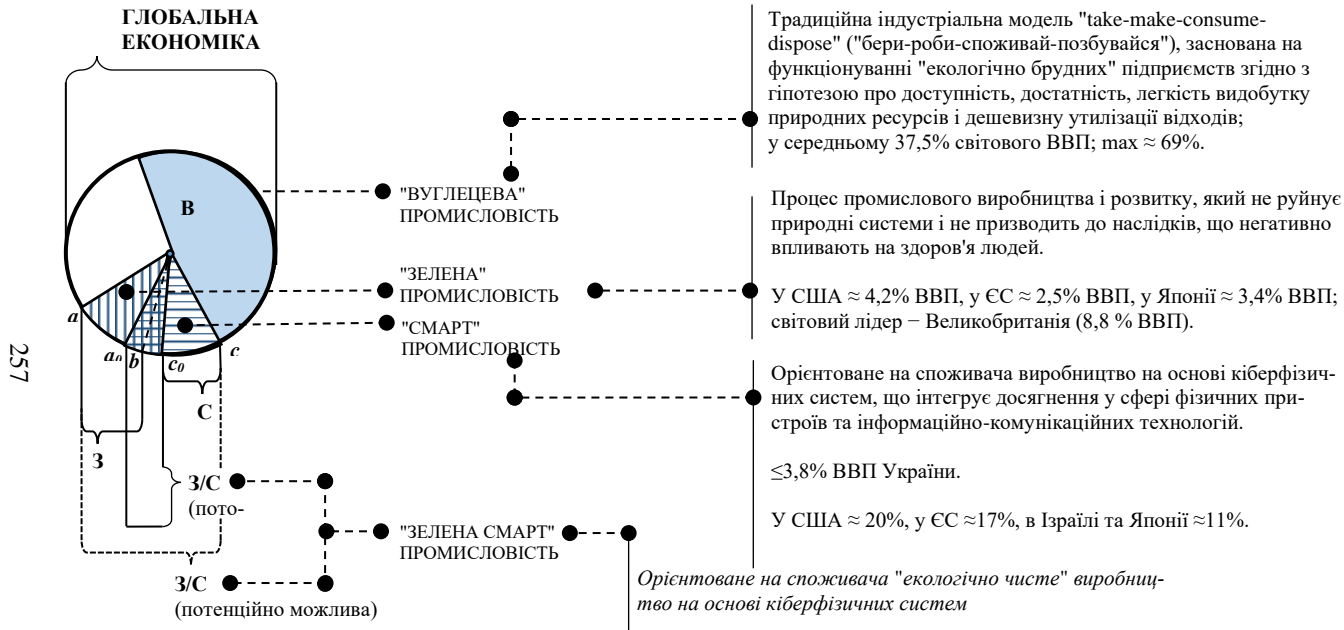
цілодобового доступу споживачів до виробничих потужностей у рамках єдиного кіберфізичного простору при глибокій інтеграції інтернет-мереж та фізичних об'єктів виробництва.

Аналіз зарубіжних наукових публікацій [9; 17; 31; 41; 42; 58; 81; 156; 157] свідчить, що розвиток "зеленої" (екологічно чистої) та смарт-промисловості (рис. 3.6) належить до актуальних сучасних стратегій розвитку, характерних для технологічно розвинутих країн із високим інвестиційно-інноваційним потенціалом. Проте більшість досліджень щодо готовності до смарт-промисловості орієнтовані на оцінку інноваційності, наукоємності та автоматизації технологічних процесів, їх вертикальної та горизонтальної інтегрованості, сумісності, у той час як потенційні екологічні виклики, пов'язані зі смарт-трансформаціями, залишаються за рамками аналізу та прогнозування. Наприклад, у документі "Europe 2020: A strategy for smart, sustainable and inclusive growth" чітко розмежовано "розумну" і "сталу" концепції розвитку¹, які сприймаються авторами як конгруентні та цільові. Тобто фактично проведено межу між смарт-, які втілюють інновації та знання, та екологічними аспектами розвитку, що пов'язують із конкурентоспроможністю.

Перехід до Індустрії 4.0 стосується багатьох сфер суспільного життя, що визначає різноманітність використовуваної термінології², аналітичних доповідей та оглядів за даним напрямом досліджень (К. Шваб, Т. Бауернхансль, М. Гомпель, Б. Вогель-Хезер та ін. [12; 161]). Крім глобальних рейтингів соціально-економічного, науково-технічного та інформаційно-комунікаційного розвитку в рамках Всесвітнього Економічного Форуму та ООН, розроблено проекти оцінки готовності до смарт-промисловості "The Singapore Smart Industry Readiness Index" [196] та "India's Readiness for Industry 4.0" [101], а також "RB Industry 4.0 Readiness Index" [15].

¹ "Інтелектуальне зростання: розвиток економіки, заснованої на знаннях та інноваціях. Стале зростання: сприяння створенню більш ресурсоефективної, екологічно чистої та конкурентоспроможної економіки. Інклюзивне зростання: стимулювання економіки з високою зайнятістю, що забезпечує соціальну і територіальну згуртованість" [63, с. 3].

² У німецькомовному середовищі Industrie 4.0, в англomовному – Advanced Manufacturing, Smart Manufacturing, Cyber-Physical Systems, Industrial Intelligence, у франкомовному – Les usines du futur та ін.



Умовні позначення:

[a , b] – поточний обсяг "зеленої" промисловості; [b , c] – поточний обсяг "смарт" промисловості;

[a_0 , c_0] – поточний обсяг суміжного (змішаного) сектору "зеленої смарт" промисловості;

[a , c] – потенційно можливий обсяг сектору "зеленої смарт" промисловості.

Рис. 3.6. Місце "зеленої" та "смарт" промисловості в якійній структурі глобальної економіки [220]

Індекс готовності до Індустрії 4.0 Роланда Бергера [15] характеризує поєднання категорій "досконалість промисловості" (industrial excellence) та "цінність мережі" (value network). Перша категорія об'єднує складність виробничого процесу, ступінь автоматизації, готовність персоналу та інноваційну інтенсивність, друга – високу додану вартість, відкритість галузі, інноваційну мережу і розвиненість інтернету. На основі поєднання даного індексу і показника частки обробної промисловості (% ВВП) розроблено матрицю країн Євросоюзу, що розділяє їх на лідерів, потенційних лідерів, прихильників традицій, а також тих, хто сумнівається.

За аналогією з індексом Роланда Бергера у роботі [238] виконано оцінку готовності промисловості до інтеграції в глобальні мережі, сформовано матрицю "фаворитів", "потенційних фаворитів", "традиційних" і "нерішучих" країн Європи.

Сінгапурський індекс готовності до смарт-промисловості [196] включає три структурних блоки, показники яких варіюються в межах декількох шкал, кожна з яких має п'ять класів якості. Блок "процеси" характеризує вертикальну і горизонтальну інтеграцію (показники якості операцій і ланцюжка поставок відповідно), а також життєвий цикл за шкалою від "відсутня" до "смарт". Блок "технології" поєднує автоматизацію, сумісність цехів, підприємств, установ та інтелектуальний капітал. Останній блок відповідає за якість "організації" згідно з навчанням і розвитком персоналу, компетентність лідерів, якість стратегії та державного управління, взаємодію між і всередині компаній.

У статті [215] здійснено оцінку готовності промисловості України до смарт-трансформацій, виходячи з особливостей інституційного середовища, технологічного укладу та макроекономічних результатів. Аналіз виконано за трьома групами індикаторів, які умовно позначено як "інститути", "технології" та "економіка". Як еталон використано США, Китай, Німеччину, Росію та загальносвітові показники. За результатами дослідження встановлено, що Україна близька до середньосвітових результатів і зберігає виробничі та інноваційні можливості. Найбільш несприятлива ситуація складається у сфері якості базових економічних інститутів і загального рівня розвитку національної економіки, а також затребуваності науково-дослідницької діяльності. Підкреслено принципове значення

підвищення попиту бізнесу на науково-технічні розробки для підвищення готовності промисловості України до смарт-трансформацій.

Екологічні аспекти смарт-економіки, включаючи смарт-промисловість, у цілому полягають у жорсткій стандартизації ресурсоспоживання та споживчих властивостей кінцевого продукту (відповідно до емпірично обґрунтованих обов'язкових стандартів якості), мінімізації ризиків, у тому числі пов'язаних із завданням шкоди здоров'ю людини і стану екосистем, а також у підвищенні продуктивності, що передбачає мінімізацію відходоутворення при максимально ефективному використанні споживаних ресурсів. Проте прямих екологічних показників розглянуті підходи до оцінки готовності промисловості до смарт-трансформацій не містять.

Слід відзначити, і "зелена" промисловість, і смарт-промисловість мають загальну базу (виробничі фонди) й основний драйвер прогресу – техніко-технологічні інновації, які відіграють провідну роль у забезпеченні збалансованого економічного розвитку та вирішенні соціальних проблем. Крім того, розробка інновацій, як правило, пов'язана зі скороченням витрат і ризиків, підвищенням ефективності за рахунок мобілізації інтелектуального капіталу. Тобто як "сталий" розвиток недосяжний без розвитку "розумного" (інноваційного), так і розвиток, заснований на екологічно брудних технологіях, не може вважатися "смарт".

Науково-методичний підхід, спрямований на оцінку готовності країн до смарт-трансформацій з урахуванням впливу на довкілля, базується на гіпотезі про те, що формування матриць (за аналогією з БКГ-аналізом), які варіативно поєднують набір показників економічної ефективності, фінансових можливостей, інноваційного потенціалу, розвиненості інфраструктури, а також екологічної ефективності країн, дозволяє:

кількісно оцінити розподіл країн, що входять у вибірку, за умовними секторами смарт-готовності та екологічної лояльності;

відстежувати переміщення країн із сектору в сектор при зміні комбінацій показників, тобто оцінити волатильність отриманих груп;

встановити та обґрунтувати наявність домінуючих тенденцій, описати існуючі каузальні зв'язки між показниками цифровізації, інноваційності, екологічності та конкурентоспроможності.

Основним методом дослідження готовності країн до смарт-промисловості, включаючи екологічний аспект, є порівняльний БКГ-аналіз. Сектори отриманих матриць умовно позначено як "смарт-лідери", "потенційні лідери" та "відстаючі" (табл. 3.3).

Таблиця 3.3.

Умовне позначення секторів матриць

Сектор	Характеристика
+/+	Смарт-лідери – демонструють кращі результати за обома параметрами на осях матриць
+/-	Потенційні лідери – відстають за одним із параметрів
-/+	
-/-	Відстаючі – демонструють найгірші результати за обома параметрами на осях матриць

Межі секторів БКГ-матриць відповідають середньоарифметичному результату вибірки. Вибірка аналізованих економік містить 118 країн світу (табл. 3.4), різних за економіко-технологічним розвитком і географічним розташуванням.

Безпосередньо до прямих смарт-показників можуть бути віднесені індекси розвитку ІКТ, інновацій і знань, а також показник розвитку інтернету, що виражається в чисельності користувачів на 100 осіб у країні. Вони дають уявлення про наявність необхідної інфраструктури для смарт-трансформації промисловості та суспільства, ємність смарт-ринку та перспективи його розвитку, кастомізацію конкурентних стратегій, а також інтегрованість виробників і споживачів у віртуальну реальність, їх компетентність як користувачів смарт-продуктів.

Результати діяльності країн розглянуто з використанням таких двох індексів:

Індекс розвитку інформаційно-комунікаційних технологій [236], який ураховує 11 показників щодо доступу до ІКТ, інтенсивності використання ІКТ, а також розвитку навичок, тобто практичного знання цих технологій населенням країн, охоплених дослідженням;

Індекс інновацій [224], який розраховується як зважена сума оцінок (80 змінних), що характеризують доступні ресурси й умови для здійснення інновацій (innovation input), а також досягнуті практичні результати НДДКР (innovation output).

Таблиця 3.4.

Вибірка аналізованих країн

Континенти, регіони та країни				
Євразія		Африка	Америка	Австралія
Європа	Азія			
Європейський Союз: Австрія Бельгія Болгарія Великобританія Греція Данія Естонія Ірландія Іспанія Італія Кіпр Латвія Литва Люксембург Мальта Нідерланди Німеччина Польща Португалія Румунія Словаччина Словенія Угорщина Фінляндія Франція Хорватія Чехія Швеція	Північно-Східна Азія: Гонконг Китай Монголія Південна Корея Японія	Центральна Африка: Габон Демократична Республіка Конго Камерун	Північна Америка: Канада США Панамський Перешийок: Гватемала Гондурас Домініканська Республіка Коста-Рика Мексика Нікарагуа Сальвадор Ямайка	Австралія Нова Зеландія
	Південно-Східна Азія: Бруней В'єтнам Індонезія Камбоджа Малайзія Сінгапур Таїланд Філіппіни	Західна Африка: Бенін Гана Кот-д'Івуар Нігерія Сенегал		
	Південна Азія: Бангладеш Індія Непал Пакистан Шрі-Ланка	Південна Африка: Ботсвана Намібія Південно-Африканська Республіка	Східна Америка: Аргентина Болівія Бразилія Венесуела Колумбія Панама Парагвай Перу Тринідад і Тобаго Уругвай Чилі Еквадор	
Скандинавські країни: Норвегія Ісландія	Центральна Азія: Казахстан Киргизстан	Східна Африка: Замбія Зімбабве Кенія Мозамбік Танзанія Ефіопія		
Швейцарія	Країни Близького Сходу: Азербайджан Вірменія Грузія Ізраїль Йорданія Іран Катар Ліван ОАЕ Оман	Північна Африка: Алжир Єгипет Марокко Туніс		
Південно-Східна Європа: Молдова Албанія Боснія і Герцеговина Македонія Сербія Чорногорія	Північно-Східна Європа: Росія Україна			

Екологічну складову смарт-розвитку можуть характеризувати як натуральні, так і питомі, а також інтегральні показники. Наприклад: доступний природний капітал, поточна величина навантаження на навколишнє середовище, досягнення та зусилля екологічної політики у складі індексу екологічної ефективності (22 показники, 10 категорій якості екосистем й управління природокористуванням) [223].

Оцінку екологічної лояльності в рамках даного дослідження виконано з використанням таких показників:

розмір екологічного сліду у глобальних гектарах (гга) – загальної площі біологічно продуктивних територій і акваторій, необхідних для виробництва спожитих природних ресурсів та акумулюючі створених відходів;

кількість спожитої електричної енергії, виражена в кВт·год. на 1 особу в країні [14], а також у співвідношенні до ВВП;

обсяг утворення електронних відходів [60; 68].

Загальна результативність аналізованих економік, а також їх фінансові та інституційні можливості для зміни домінуючої парадигми господарювання традиційно характеризуються показниками ВВП й індексу глобальної конкурентоспроможності [160; 233].

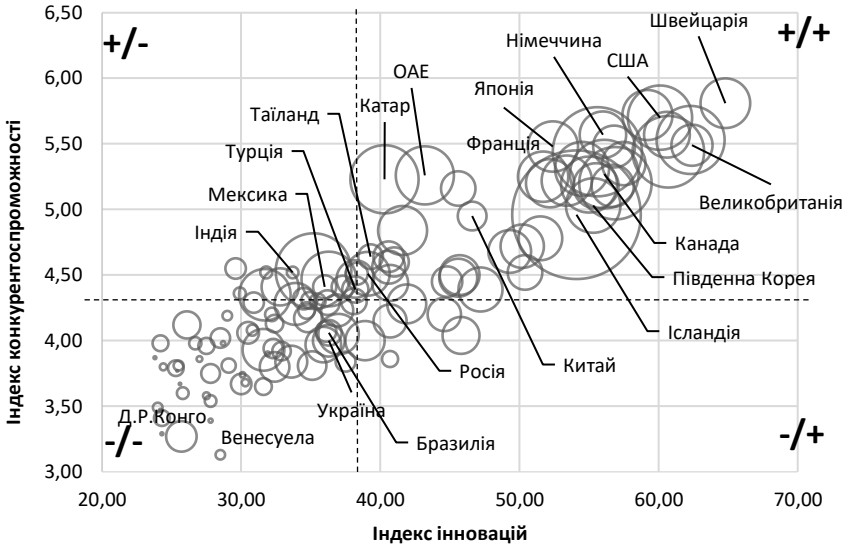
Не викликає сумнівів стійкий прямий взаємозв'язок між інноваційністю та конкурентоспроможністю, що підтверджується результатами глобальних рейтингів ООН за індексами глобальної конкурентоспроможності та інновацій (рис. 3.7 і 3.8):

лише 5% країн вибірки є інноваційно активними і не оцінені за конкурентоспроможністю вище середнього рівня – Кіпр, Угорщина, Словаччина, Молдова, Хорватія, Греція. Однак і в цих випадках величина індексу глобальної конкурентоспроможності зберігається в інтервалі від 3,86 до 4,28 бала, тобто близька до середнього результату (4,38 бала);

ті 9% вибірки (у тому числі Індія, Казахстан, Індонезія, Мексика, Туреччина, Південна Африка), які отримали високу оцінку конкурентоспроможності (вище середньої) при рівні розвитку інновацій нижче середнього, характеризуються значним екологічним слідом. Тобто брак економічного зростання за рахунок інновацій компенсовано зростанням за рахунок експлуатації екосистем.

Отже, рівень енергоспоживання не є домінуючою складовою екологічного сліду для більшості висококонкурентних економік. Це

легко побачити на прикладі Швейцарії, Ісландії, Південної Кореї, Катару, Об'єднаних Арабських Еміратів і Китаю.



Діаметр бульбашок – кількість спожитої електричної енергії, кВт·год. на 1 особу в країні.

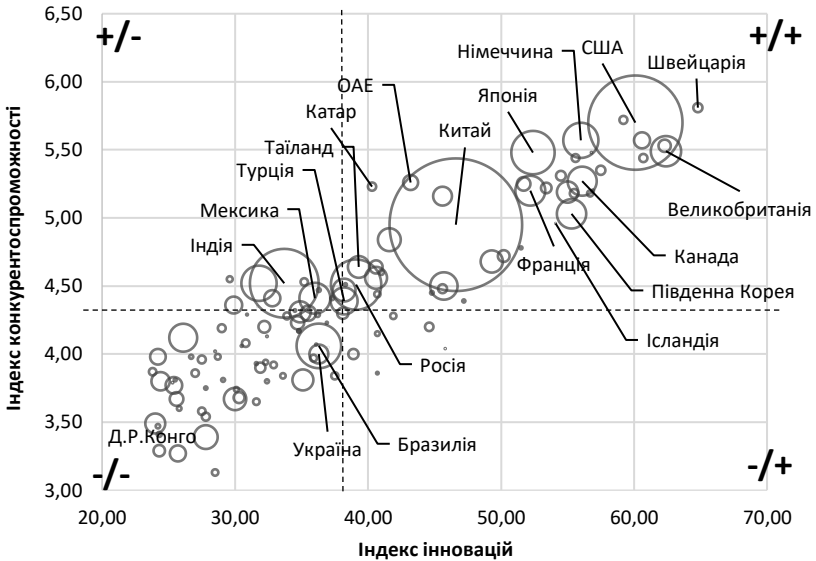
Рис. 3.7. Матриця залежності інновацій, конкурентоспроможності та енергоспоживання

Складено за джерелами [160; 224; 234].

Що стосується невеликих країн, то їх менший екологічний слід при великій енергоемності пояснюється їх незначними розмірами. При цьому вони споживають більше енергії, ніж індустріальний Китай, який до того ж займає значну територію¹. Проте в цілому економіки секторів "смарт-лідери" та "потенційні лідери" за показником конкурентоспроможності мають більший розмір екологіч-

¹ Східні райони Китаю електрифіковані недостатньою мірою.

ного сліду, ніж країни в секторі "потенційні лідери" за іншими показниками, і значно більший – ніж країни в секторі "відстаючі" [219].



Діаметр бульбашок – величина екологічного сліду, гга.

Рис. 3.8. Матриця залежності розвитку інновацій, конкурентоспроможності та екологічного сліду

Складено за джерелами [60; 160; 224].

Найбільш конкурентоспроможні країни (в першій десятці) також є і найбільш інноваційними (7 збігів із 10), деякі з них є найбільш енергоємними (3 збіги з 10); і жодна з менш енергоємних країн – смарт-лідерів не випереджає інші за показниками конкурентоспроможності й інноваційності (табл. 3.5).

Тобто висока конкурентоспроможність пов'язана зі значною енергоємністю, і подальше розгортання смарт-промисловості загрожувє посилити проблему попиту та зростання цін на вуглецеві енергетичні ресурси, збільшення навантаження на екосистеми та по-

дальшого віддалення рівня життя в країнах – смарт-лідерах і країнах, які потрапили в сектор "відстаючі".

Таблиця 3.5.

Топ-10 країн – смарт-лідерів

№ з/п	Найбільш конкурентоспроможні	Найбільш інноваційні	Найбільш енергоємні	Найменш енергоємні
1	<i>Швейцарія</i> *	<i>Швейцарія</i>	Ісландія	Таїланд
2	<i>Великобританія</i>	<i>Сінгапур</i>	Норвегія	Китай
3	<i>Швеція</i> **	<i>США</i>	Люксембург	Литва
4	<i>Фінляндія</i> ***	Німеччина	Фінляндія	Латвія
5	<i>Нідерланди</i>	<i>Нідерланди</i>	Канада	Чилі
6	<i>США</i>	<i>Швеція</i>	Катар	Польща
7	<i>Сінгапур</i>	<i>Великобританія</i>	<i>Швеція</i>	Малайзія
8	Данія	<i>Гонконг</i>	<i>США</i>	Мальта
9	Люксембург	Японія	ОАЕ	Болгарія
10	<i>Гонконг</i>	Норвегія	Австралія	Португалія

* Курсивом позначено збіг груп "найбільш конкурентоспроможні" та "найбільш інноваційні".

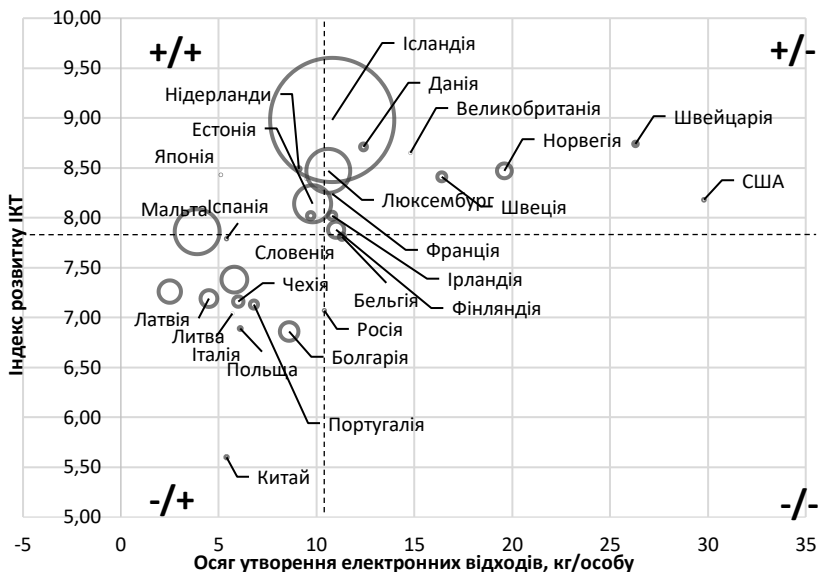
** Жирний курсив – збіг груп "найбільш конкурентоспроможні", "найбільш інноваційні", "найбільш енергоємні".

*** Жирним шрифтом позначено збіг груп "найбільш конкурентоспроможні" та "найбільш енергоємні".

Матриця на рис. 3.9 відображає взаємозв'язок між обсягом утворення електронних відходів, розвитком ІКТ та енергоємністю ВВП країн – смарт-лідерів.

Трохи більше половини вибірки (22 країни з 42) представлено країнами ЄС. Також у цей сектор входять скандинавські країни, країни Північної Америки, "азіатські тигри" (Таїланд, Південна Корея, Японія та Китай) і деякі малі, але найбільш багаті країни, економіка яких базується на отриманні доходів рентного типу (торгівлі нафтопродуктами), – Катар, ОАЕ та ін.

Таким чином, залежність між енергоємністю ВВП і "смарт-лідерством" не є лінійною. Серед країн-лідерів рівною мірою зустрічаються як енергоємні, так і неенергоємні (більш екологічно лояльні) економіки з низьким рівнем енергоспоживання.



Діаметр бульбашок – кількість спожитої електричної енергії, кВт·год. на 1 особу в країні в розрахунку на 1 млрд дол. ВВП.

Рис. 3.9. Матриця залежності між розвитком ІКТ, обсягом утворення електронних відходів та енергоємністю ВВП у країнах – смарт-лідерах

Складено за джерелами [233; 234; 236].

Ситуація з електронними відходами у країнах – смарт-лідерах підтверджує, що зростання попиту на продукцію ІТ-сектору, цифровізація та автоматизація виробництва ведуть до збільшення обсягу утворення, а отже, накопичення відповідних відходів. Цьому так само сприяє прискорене оновлення модифікацій електронних продуктів, несумісність комплектуючих і програмного забезпечення різних поколінь, що використовується конкуруючими виробниками в цілях максимізації прибутку тощо.

Попри зусилля щодо обліку та вторинної переробки електронних відходів, їх моніторинг має недостатньо системний характер. Висока вартість екологічно чистих технологій утилізації, незважаючи на діючу "Базельську конвенцію", яка забороняє експорт відпрацьованої побутової та електронної техніки, призвела до форму-

вання чималого тіньового ринку в країнах "Третього світу" з дешевою робочою силою і менш жорстким екологічним законодавством. Отже, сталий розвиток смарт-лідерів забезпечується за рахунок перенесення тягара на низькоконкурентні й технологічно відсталі бідні країни.

Згідно з більшістю варіантів матриць [219] Україна належить до сектору "відстаючі країни", оскільки її показники розвитку ІКТ, активності інновацій, глобальної конкурентоспроможності, екологічної ефективності нижче, ніж у середньому по вибірці.

Виятком є поєднання показників, представлених у матриці, яка характеризує залежність між розвитком ІКТ, індексом знань і кількістю користувачів інтернету на 100 осіб у країні. При цій комбінації параметрів Україна переміщена із сектору "відстаючі країни" в сектор "потенційні лідери за знаннями". Проте тільки Україна та Ямайка, маючи індекс знань вище середнього, характеризуються недостатньо високим рівнем розвитку ІКТ.

Позитивними результатами аналізу є такі:

по-перше, розміщення України в матрицях вказує на близькість до меж, які розділяють сектори, тобто за сприятливих умов вона може бути переміщена з групи "відстаючі країни" до однієї з груп, названих "потенційними лідерами".

по-друге, Україна характеризується відносно незначним рівнем енергоємності економіки (у 14 разів нижче максимального за вибіркою, що на 24% нижче, ніж у середньому за вибіркою), а також помірним розміром екологічного сліду (на 30% вище, ніж біологічна ємність її екосистеми). Тобто країна має певний потенціал для успішного смарт-розвитку без критичного погіршення екологічної ситуації.

У даному контексті перспективи подальших досліджень полягають у розробці методології оцінки ємності смарт-ринків з урахуванням екологічних характеристик життєвого циклу смарт-продуктів, а також обґрунтуванні набору планових індикаторів у рамках стратегії екологічно чистої смарт-трансформації промисловості України.

Доцільно конкретизувати термінологію екологічного регулювання смарт-промисловості. Так, виходячи зі змісту, концепції смарт-промисловості та екологізації (вставка 3.2) мають у цілому

Вставка 3.2.

Концепції смарт-промисловості та її "озеленення"

Концепція смарт-промисловості полягає у масштабній цифровізації (digitalization) та автоматизації бізнес-процесів з метою створення максимально орієнтованого на споживача, наукоємного (переважно інноваційного) кінцевого продукту з високою доданою вартістю. Цей напрям передбачає дистанційний, у тому числі транскордонний, підхід до управління основними виробничими фондами на основі сучасних інформаційно-комунікаційних цифрових технологій, використання "великих даних" і моделей виробничих процесів, а також високу інноваційну активність економічних агентів, максимізацію питомої ваги інтелектуального капіталу у виробничих процесах і мінімізацію залучення низькокваліфікованої фізичної праці.

Концепція екологізації ("озеленення") промисловості полягає в максимально можливому зниженні рівня техногенного навантаження, створеного економічною (виробничою) діяльністю, при збереженні оптимальних темпів економічного зростання, тобто за фактом – досягнення сталого розвитку. Дана стратегія спрямована на екологізацію життєвого циклу продукту, що виробляється, за допомогою збільшення ефективності використання природних ресурсів, скорочення обсягів ресурсоспоживання та емісії забруднюючих речовин, утилізації техногенних ресурсів за допомогою рециркуляції відходів, а також запобігання відпливу сировини з внутрішнього ринку країни за рахунок зміни якості структури експорту – із сировинної продукції з низькою доданою вартістю на високотехнологічну з високою доданою вартістю.

відмінні ознаки (табл. 3.6) і підходи до досягнення кінцевої стратегічної мети, під якою слід розуміти "розумний" сталий інклюзивний розвиток.

Проте стратегії становлення "зеленої" та смарт-промисловості внаслідок загальної сфери застосування чинять схожий вплив на конкурентоспроможність національної економіки, загальний рівень техногенного навантаження на довкілля¹, а також мають декілька принципових точок перетинання (зіткнення): безпосередньо

¹ Соціально-екологічна складова розвитку – життєздатність екосистем, здоров'я (якість) і тривалість життя живих організмів.

НДДКР (R&D) і, відповідно, ринок інвестицій та інновацій (нематеріальних активів), енергозабезпечення зокрема та ресурсоспоживання загалом (оптимізація обсягів і логістичних ланцюжків), а також поводження з відходами (особливо електронними) в рамках рециркуляційної економіки.

Таблиця 3.6.

Основні ознаки "зеленої" та смарт-промисловості

"Зелена" промисловість	Контекст	Смарт-промисловість
Екологічна чистота; максимальна корисність і безпе́чність для споживача; економія ресурсів; низьке відходоутворення та емісія забруднення; придатність для утилізації	Продукт	Точне "налаштування" на споживача; наукоємність; висока додана вартість; зрощення матеріального товару з послугами, які через нього надаються
Мінімальне техногенне навантаження на навколишнє середовище; максимальна економія природного капіталу; підвищення ефективності ресурсоспоживання	Виробничий процес	Використання великих даних; максимальна цифровізація і кіберфізичні трансформації бізнес-процесів; дистанційне управління виробництвом і логістикою в режимі реального часу з метою мінімізації витрат; об'єднання інформаційних систем і матеріальних об'єктів у єдину кіберфізичну систему; відмова від низькокваліфікованої (ручної, фізичної) праці
Техніко-технологічні інновації; адміністративні та ринкові регулятори	Драйвер розвитку	Цифрові та інформаційні техніко-технологічні інновації; ринкові регулятори
Мінімізація залучення природного капіталу	"Ключова" стратегія виробництва	Максимізація залучення інтелектуального капіталу
Екологізація технологій виробництва ("озеленення") та інституційних правил поведінки споживачів	Підхід до досягнення мети	Перехід суспільства на якісно новий рівень розвитку в результаті Четвертої промислової революції

Отже, функціями екологічного регулювання становлення смарт-промисловості є:

створення наукоємного "екологічно чистого" кінцевого продукту, орієнтованого на конкретного клієнта;

забезпечення дистанційного керування і моніторингу високо-технологічних автоматизованих бізнес-процесів у режимі реального часу;

розробка стратегії розвитку та бізнес-планів виходячи з результатів аналізу та прогнозування на основі "великих даних" відповідно до пріоритетів мінімізації техногенного навантаження на довкілля за рахунок максимізації інтелектуального капіталу;

використання найкращих "екологічно чистих" провідних технологій, досягнення високого рівня інноваційності виробничих фондів.

Кінцевий продукт екологічно чистої смарт-промисловості має відповідати вимогам щодо: екологічної чистоти (результативності) всіх стадій життєвого циклу, що є пріоритетним для "зеленої" промисловості; симбіотичного злиття матеріальних товарів зі сферою інформаційно-комунікаційних послуг; максимальної орієнтації на потреби клієнта; високої наукоємності й технологічності; високої частки доданої вартості, що характерно для смарт-промисловості.

Оскільки на даному етапі розвитку науки і техніки термін "безвідходні виробництва" має умовний характер унаслідок техніко-технологічних обмежень і неможливості повного виключення відходоутворення та запобігання негативному впливу виробництва на довкілля, найбільш близькою до концепції "безвідходного виробництва" є концепція 4R – "reduce-reuse-recycle-recovery" ("скорочення – повторне використання – переробка – відновлення"), що становить основу рециркуляційної економіки ¹ (рис. 3.10).

¹ Економічна модель, заснована на спільному або повторному використанні, лізингу, ремонті та відновленні в рамках умовно замкнутої петлі, спрямована на збереження максимальної корисності й цінності продукції, комплектуючих виробів і матеріалів [35, с. 2].

Слід відзначити, що внаслідок недостатнього обсягу внутрішнього ринку України для забезпечення необхідного рівня попиту на вироблену продукцію повна рециркуляція ресурсів і відмова від експорту є економічно недоцільними.

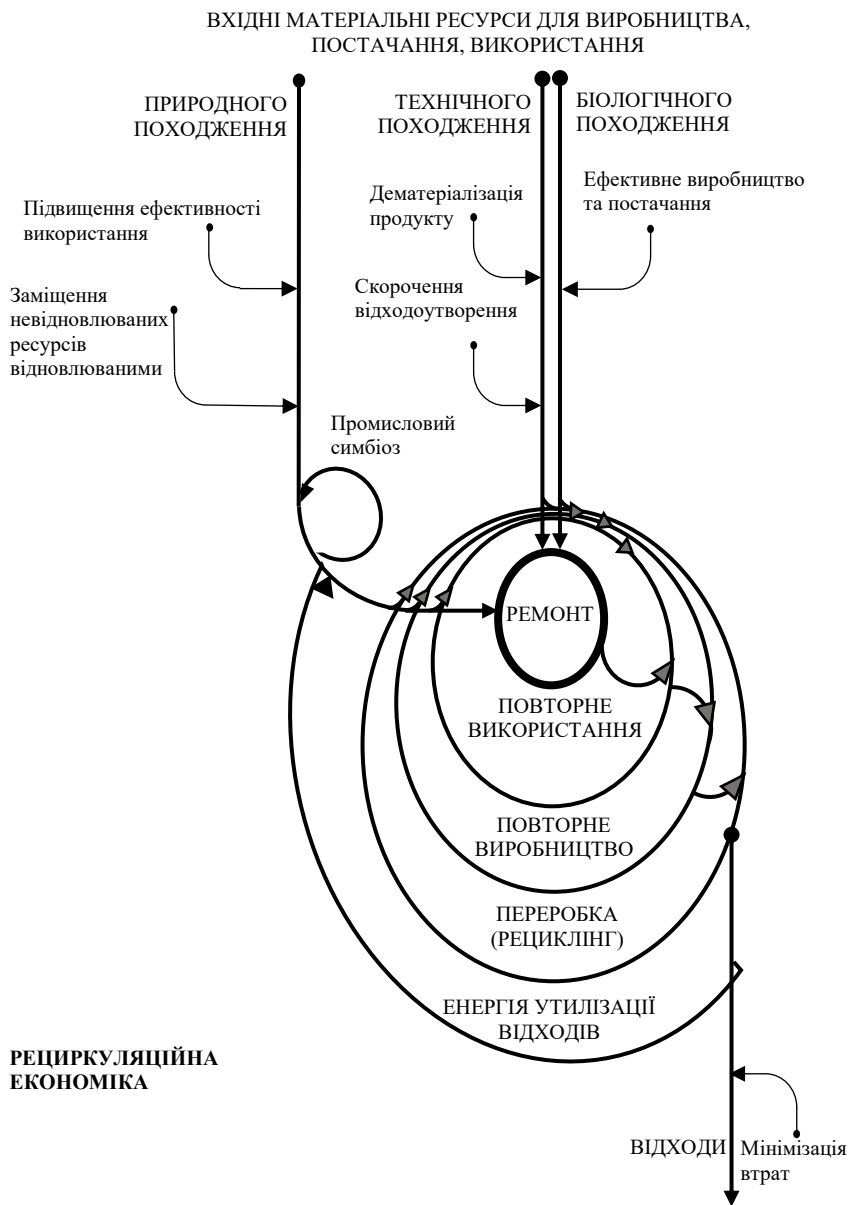


Рис. 3.10. *Преперенційні петлі рециркуляційної економіки [35]*

Як зазначено вище (див. рис. 3.1), екологічне регулювання становлення смарт-промисловості передбачає зміну економічної моделі з традиційної "вуглецевої" фізично-аналогової економіки на цифрову рециркуляційну.

Інструментарій екологічного регулювання становлення смарт-промисловості охоплює такі стимулюючі й обмежуючі регулятори:

підвищення ефективності (зменшення) енергоспоживання та/або перехід на альтернативні джерела енергії ¹ (інструмент – механізм торгівлі державними "зеленими смарт-сертифікатами" на електроенергію, яку вироблено з використанням альтернативних джерел за прикладом Швеції, що є лідером європейського ринку "зелених сертифікатів" [230]);

заохочення проєктів, спрямованих на розвиток інноваційної "зеленої" смарт-продукції або послуг, розвиток нових концепцій з управління "зеленим" смарт-бізнесом (надання субсидій від 35 до 50% або державних позик 70% малих і середніх підприємств за прикладом центрів економічного розвитку, транспорту і навколишнього середовища у Фінляндії [226]; прямі державні замовлення для формування попиту на "зелену" смарт-продукцію);

зменшення обсягів утворення та накопичення обсягів електронного сміття (шляхом пролонгації планової тривалості експлуатації приладів й устаткування; введення депозитно-заставної системи ² цільового резервування коштів на утилізацію електричних відходів та зворотні механізми їх роздільного збирання (за аналогом механізму обов'язкового гарантійного ремонту) для вторинної переробки або утилізації на потужностях виробника).

Виходячи із світової практики використання запропонованих інструментів, їх ефективність залежить від фінансових можливостей та інноваційної активності певної національної економіки, а також від характеру домінуючих соціально-економічних інститутів – екстрактивних або інклюзивних, співвідношення їх конструктивних і деструктивних форм.

¹ Вітро- та гідроенергетика, енергія сонця, геотермальних вод, хвиль; торф, біопаливо.

² Виступає підставою для надання податкових пільг виробникам і фінансовим стимулом для споживачів. Апробовано у США, Нідерландах, Великобританії, Швеції, Литві та ін.

Для переведення теоретичних положень екологічного регулювання становлення смарт-промисловості України у практичну площину доцільно:

забезпечити на законодавчому рівні екологізацію об'єктів смарт-сектору промисловості, а також дотримання смарт-підприємствами екологічних стандартів і регламентів Європейського Союзу, концепції переважання та пріоритетності найкращих з існуючих екологічно чистих технологій;

розробити комплекс кількісних індикаторів (у рамках 10-річних індикативних планів) щодо забезпечення інноваційності й екологічності розвитку промислового комплексу України, умов створення нових "зелених" смарт-підприємств, реінжинірингу та модернізації діючих промислових об'єктів з метою їх екологізації, цифровізації та кіберфізичної трансформації;

ініціювати державне замовлення щодо утворення цільових робочих груп із залученням спеціалізованих дослідницьких агентств з таргетингу, реінжинірингу, екологізації та фахівців ІТ-сектору з метою аудиту промислових секторів, насамперед бюджетоутворюючих галузей, щодо оцінки їх поточної конкурентоспроможності та прогнозування перспектив їх розвитку в контексті переходу до "зеленої" смарт-промисловості, а також їх придатності для використання як "точок зростання", що генеруватиме позитивні якісні зміни в економіці;

створити інтернет-ресурс для здійснення постійного моніторингу динаміки "зеленого", "смарт" і "зеленого смарт" секторів промисловості України.

Для вдосконалення нормативно-законодавчих актів України в рамках екологічного регулювання становлення смарт-промисловості рекомендовано розробити законопроекти щодо:

форматів обчислення та статистичного обліку утворення і поводження з електронним сміттям, гармонізованих із чинними регламентами Європейського Союзу;

визначення нормативів, процедур здійснення цільової експертизи та сертифікації продукції як "зеленої смарт";

механізму торгівлі державними "зеленими" смарт-сертифікатами на електроенергію, яку вироблено з використанням альтернативних джерел;

лімітів на концентрацію токсичних речовин й обсяги викидів, скидів забруднюючих речовин і розміщення відходів.

Висновки до розділу 3

1. В умовах четвертої промислової революції нова техніка і підривні технології розвиваються дуже швидко. Але це не просто фізичні предмети та способи їх з'єднання у виробничі ланцюжки. Машини та ланцюжки створюють люди, які в процесі взаємодії змінюються самі, що з часом призводить до трансформації системи соціально-економічних, у тому числі фіскальних, відносин.

З одного боку, процес охоплення державними відносинами у кіберфізичному просторі означає просування в напрямі, що "розмиває" звичну податкову базу, яку традиційно використовують органи влади для централізованого контролю за діяльністю економічних суб'єктів і фінансування громадських послуг; з іншого – нові технології створюють можливість спрощення процедур податкового адміністрування, переводять його в автоматичний режим "цифрової податкової адміністрації".

2. На основі аналізу теоретико-методологічних положень податково-бюджетного регулювання розвитку смарт-промисловості визначено три магістральних шляхи вирішення нових фіскальних проблем, пов'язаних із розвитком кіберфізичних систем:

охоплення податками нових цифрових продуктів і технологій (наприклад, звіт Action 1 плану дій BEPS, покликаний вирішити проблему оподаткування транскордонних цифрових доходів). Сюди ж можна віднести поширення в перспективі традиційних податків на нових суб'єктів оподаткування – роботів (електронних осіб);

заміна цифрових транзакцій і доходів як об'єкта оподаткування податками на фізичні активи та/або підвищення ступеня прогресивності тих податків, що вже справляються. Це технічно простіше, але не є кращим варіантом побудови цілісної податкової системи держави як з позицій теорії оподаткування, так і практики (у зв'язку з високими транзакційними витратами);

прокладення курсу на побудову кардинального нового податкового світу з "розумними" податками, заснованими на принципах реального часу і смарт-контрактах. Це означає перехід до автоматичного стягнення податків із використанням нових технологій (наприклад блокчейн).

Для України найбільш актуальними є заходи щодо розвитку механізмів оподаткування цифрових продуктів і технологій.

3. Встановлено, що до основних принципів побудови ефективною податкової системи в умовах нової кіберфізичної реальності, що впливають із теорії оптимального оподаткування, належать: відмова від податків на доходи від капіталу; застосування плоских податків з універсальними паушальними трансфертами або універсальних податків на кінцеве споживання; залежність податків від особистих характеристик і доходів суб'єктів оподаткування. Поступовий рух у цьому напрямі вже простежується у розвинутих країнах. Проте нові цифрові технології створюють можливості для кардинального прискорення трансформацій у даній сфері завдяки справлянняю смарт-податків у режимі реального часу.

4. Визначено, що кадрове забезпечення потреб смарт-промисловості потребує створення ефективною системи безперервного навчання і підготовки STEM-персоналу. Для цього важливо організувати перманентну співпрацю між працею (персоналом), бізнесом і державою. Внесок з боку персоналу – це усвідомлення важливості освіти впродовж життя та інвестицій у власну освіту, підвищення кваліфікації та перекваліфікацію; з боку бізнесу – фінансування освіти, підвищення кваліфікації та перекваліфікації, участь у програмах, спрямованих на побудову державно-приватного партнерства щодо розвитку STEM-персоналу; з боку держави – урядові програми, спрямовані на популяризацію освіти впродовж життя, налагодження партнерських відносин із бізнесом у сфері формування розвитку STEM-персоналу, реформування системи освіти та методів професійної підготовки персоналу, а також державне регулювання інвестицій в освіту впродовж життя.

Обґрунтовано, для податкового стимулювання цих процесів найбільш прийнятним варіантом є комбінація плоскої концепції ПДФО, спрямованої на залучення додаткових інвестицій, з одного боку, та пільг і преференцій щодо ПДФО, орієнтованих на формування STEM-персоналу, – з іншого.

5. Визначено напрями розвитку "зеленої" смарт-промисловості, які можуть бути підставою для надання пільгових умов оподаткування: доведення до екологічно безпечних величин емісії забруднюючих речовин у довкілля та безвідходність виробництва;

вторинна переробка реалізованої продукції після завершення строку її експлуатації (морального або фізичного зносу) з післяпродажною утилізацією окремо відсортованих відходів (особливо електронних) у промислових масштабах; "екологічно чиста" цифровізація та кіберфізична трансформація бізнес-процесів, основних виробничих фондів і логістичної інфраструктури, які засновані на енергозбереженні, ефективному використанні енергетичних ресурсів при наданні пріоритету альтернативним (відновлюваним) джерелам енергії.

6. Встановлено, що для зменшення проблеми накопичення електронного сміття в умовах постійного оновлення інформаційно-комунікаційних технологій надзвичайно важливою є імплементація концепції 3R або навіть її ширшого варіанта 4R, у рамках яких досягається економічний ефект через скорочення витрат на закупівлю сировини та позитивний вплив на довкілля через зменшення залежності від сировини, матеріалів природного походження й обсягів їх споживання.

7. Обґрунтовано, що фінансове забезпечення економічної діяльності та її грошово-кредитне регулювання є невід'ємними елементами повної екосистеми Індустрії 4.0. Новітні цифрові технології (великі дані, блокчейн, предиктивна аналітика, когнітивні обчислення тощо) дозволяють по-новому вирішувати важливі для розвитку смарт-промисловості завдання щодо фінансування модернізації та оновлення технологій, придбання сучасного програмного забезпечення, переходу від пілотного до масштабного основного виробництва тощо. По суті йдеться про інтеграцію смарт-промисловості (виробничих кіберфізичних систем) зі смарт-фінансами, Індустрії 4.0 з Фінансами 4.0. Завдяки цьому промисловість поступово перетворюється на мережу не просто кіберфізичних систем, а кіберфінансово-фізичних систем, або промисловий інтернет речей і фінансів.

8. Встановлено, що для фінансово-грошової підтримки становлення смарт-промисловості перш за все потрібна монетарна політика, в цілому сприятлива для інноваційної діяльності: поступове (з урахуванням інфляції) зниження облікової ставки НБУ, яка є орієнтиром вартості залучених та розміщених коштів для банків та інших суб'єктів грошово-кредитного ринку; вирішення застарілої

проблеми створення національного банку розвитку – фінансової інституції, здатної стати потужним інструментом розвитку смарт-промисловості; упровадження спеціалізованих програм рефінансування активів за ставками нижче ключової (проектного і цільового фінансування, здешевлення кредитів для проєктів у перспективних сферах смарт-виробництва, що сприятиме розділенню інвестиційних і спекулятивних грошових потоків, пом'якшенню проблеми дефіциту дешевих "довгих" грошей.

9. Залишається також багато невирішених проблем і в становленні самої сфери Фінансів 4.0 – починаючи з реалізації комплексних програм дигіталізації управлінських, економічних, соціальних процесів у державі та закінчуючи адаптацією національного законодавства про фінанси до європейського і поліпшенням захисту прав інвесторів, виробників і споживачів послуг фінтеху.

У даному контексті доцільно звернути особливу увагу на технологію блокчейн, просування якої потребує впорядкування інформації про нього, визначення технологічних платформ, здатних задовольняти потреби фінансового сектору і промисловості, законодавчу підтримку ініціатив із використання блокчейну у сфері застав, кредитних історій тощо, підвищення правового статусу ICO (за прикладом Білорусі, де вже працює законодавство, згідно з яким встановлено правові рамки для криптовалют та ICO).

10. Визначено, що екологічне регулювання становлення смарт-промисловості базується на конгруентному поєднанні концепцій та інструментарію стратегій розвитку "зеленої" і "смарт" промисловості, які реформують традиційну вуглецеву індустріальну модель take-make-consume-dispose (бери-роби-споживай-позбувайся) у рециркуляційну цифрову модель 4R – reduce-reuse-recycle-recovery (скорочення-повторне використання-переробка-відновлення).

11. У результаті аналізу ключових особливостей виробленого продукту, організації виробничого процесу, драйверів розвитку, стратегічних пріоритетів і підходів до їх досягнення встановлено, що "зелена" смарт-промисловість є орієнтованим на споживача екологічно чистим виробництвом на основі кіберфізичних систем. Його основні ознаки – створення наукомісткого екологічно чистого

продукту, орієнтованого на конкретного клієнта; забезпечення дистанційного керування та моніторингу автоматизованих бізнес-процесів у режимі реального часу; стратегічне бізнес-планування мінімізації техногенного навантаження на навколишнє середовище за рахунок максимізації інтелектуального капіталу.

12. Для оцінки готовності національних економік до переходу до "зеленої" смарт-промисловості запропоновано науково-методичний підхід до здійснення міжнаціональних зіставлень, заснований на формуванні комплексу матриць, що варіативно поєднують набір обраних показників готовності до смарт-трансформацій з урахуванням екологічного чинника. За результатами порівняльного аналізу готовності національних економік до переходу до Індустрії 4.0 не всі країни – смарт-лідери (з інноваційною активністю, розвитком ІКТ та конкурентоспроможністю вище середнього) характеризуються високим рівнем енергоємності. При цьому висока конкурентоспроможність смарт-лідерів у 49% випадків супроводжується значним екологічним слідом.

До сектору смарт-лідерів потрапили країни з найбільш жорстким екологічним законодавством і більшим досвідом розробки й упровадження цифрових технологій. Це свідчить про те, що або поточний вплив смарт-промисловості на величину підсумкового техногенного навантаження на навколишнє середовище є недостатньо значним, щоб спричинити видимий ефект, або перехід до смарт-промисловості не надає очікуваного екологічного ефекту – не веде до зниження ресурсоспоживання та емісії відходів.

13. Визначено найбільш ефективні економіки, серед яких Великобританія, Гонконг, Люксембург, Нідерланди, Данія і Швейцарія. За більшістю складених варіантів БКГ-матриць Україну віднесено до сектору "відстаючі країни", оскільки рівень розвитку ІКТ, активності інновацій, глобальної конкурентоспроможності, екологічної ефективності нижче, ніж у середньому за вибіркою. Винятком є залежність між розвитком ІКТ, індексом знань і кількістю користувачів на 100 осіб у країні, за якими Україну переміщено до сектору "потенційні лідери за знаннями". Лише Україна та Ямайка, маючи індекс знань вище середнього, характеризуються недостатньо високим рівнем розвитку ІКТ.

Визначено такі позитивні результати аналізу: розміщення України в матрицях вказує на її близькість до меж, які розділяють сектори, тобто за сприятливих умов вона може перейти з групи "відстаючі країни" до однієї з груп "потенційні лідери"; Україна характеризується відносно невисоким рівнем енергоємності економіки, а також помірною величиною екологічного сліду, тобто має певний потенціал для успішного смарт-розвитку без критичного погіршення екологічної ситуації.

Література до розділу 3

1. 2014 Global survey of R&D tax incentives. Deloitte. March, 2014. 82 pp. [online] Available at: <http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/~global/Documents/Tax/dttl-tax-global-rd-survey-aug-2014.pdf> [Accessed 03 Dec. 2018].
2. Accelerating Indonesia's digital economy: Assigning the 700 MHz band to mobile broadband. GSMA, 2018.
3. Addressing Base Erosion and Profit Shifting. OECD, 2013. 91 pp.
4. Administration and funding. Finnish National agency for education. [online] https://www.oph.fi/english/services/faqs/administration_and_funding [Accessed 3 Dec. 2018].
5. Allison I. R3 Rebuffed in Attempted Bid for Settlement Coin Blockchain Project. Coindesk. [online] <https://www.coindesk.com/r3-rejected-utility-settlement-coin-blockchain> [Accessed 3 Jun. 2019].
6. Alm J. Is the Haig-Simons Standard Dead? The Uneasy Case for a Comprehensive Income Tax. Tulane Economics Working Paper Series. March 2018. 27 pp.
7. Asian Correspondent. South Korea has the highest proportion of robot workers. 2018. Available at: <https://asiancorrespondent.com/2018/06/south-korea-has-the-highest-proportion-of-robot-workers/> [Accessed 12 Apr. 2019].
8. Bacache-Beauvallet M., Bloch F. Special issue on taxation in the digital economy. *Journal of Public Economic Theory*, 2017, vol. 20, iss. 1, pp. 5-8. DOI: 10.1111/jpet.12285.
9. Barbier E.B. *A Global Green New Deal: Rethinking the Economic Recovery*. Cambridge University Press, 2010. 322 pp.
10. Basel Committee on Banking Supervision. *Sound Practices: Implications of fintech developments for banks and bank supervisors*. Consultative Document. Bank for International Settlements 2017. 48 pp.
11. Bauer M. *Digital Companies and Their Fair Share of Taxes: Myths and Misconceptions*. ECIPE Occasional Paper, 2018. [online] http://ecipe.org/app/uploads/2018/02/ECI_18_OccasionalPaper_Taxing_3_2018_LY08.pdf [Accessed 3 Jun. 2019].

12. Bauernhansl, T., Hompel ten, M., Vogel-Heuser, B. (2014). Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung Technologien Migration (German Edition). 648 pp.
13. Baugh, B., Ben-David, I. & Park, H. Can taxes shape an industry? Evidence from the implementation of the "Amazon tax". NBER Working Paper, 2018, January, № 20052. 54 p. [online] <http://www.nber.org/papers/w20052> [Accessed 3 Jun. 2019].
14. Benzerga S., Hauf D., Pretz M., Bounfour A. When energy revolution meets digital transformation / In: Intelligent Decision Technologies 2017. Edit.: I. Czarnowski et al. Part II. Springer International Publishing AG, 2018. P. 65-81. DOI: 10.1007/978-3-319-59424-8_7
15. Berger R. Think act beyond mainstream INDUSTRY 4.0 The new industrial revolution How Europe will succeed. Roland Berger strategy consultants GMBH. 2014. 24 pp.
16. Berger R. Think act beyond mainstream. The Industrie 4.0 transition quantified. Rolandberger.com, 2016. [online] https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_win_the_customer_in_b2b_sales.pdf [Accessed 26 May 2019].
17. Berger R. Think act. Beyond mainstream. The Industrie 4.0 transition. 2016. 20 pp.
18. Bird R., Zolt E. Dual Income Taxation: A Promising Path to Tax Reform for Developing Countries. World Development, 2011. Vol. 39. № 10. P. 1691-1703.
19. Bitwise Invest. 95% от заявленного объёма торгов Биткойна оказались фейком. [online] <https://habr.com/ru/post/444928/> [Accessed 3 Jun. 2019].
20. Blockchain. Tadviser. [online] [http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Блокчейн Blockchain_\(Blockchain\)](http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Блокчейн Blockchain_(Blockchain)) [Accessed 3 Jun. 2019].
21. Bloomberg. JPMorgan's Crypto Coin Puts Ripple's Relevance in Question. [online] <https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-02-14/jpmorgan-s-crypto-experiment-raises-ripple-relevance-question> [Accessed 3 Jun. 2019].

22. Boadway R. The Dual Income Tax system – an overview. Core, 2018. [online] <https://core.ac.uk/download/pdf/6630927.pdf> [Accessed 28 Oct. 2018].
23. Brown R. Introducing R3 Corda™: A Distributed Ledger Designed for Financial Services. [online] Available at: <https://gandal.me/2016/04/05/introducing-r3-corda-a-distributed-ledger-designed-for-financial-services/> [Accessed 7 Jun. 2019].
24. Bunn D. A Distortionary and Complex Digital Tax Proposal from the UK. Tax Foundation, 2018. [online] <https://taxfoundation.org/distortionary-complex-digital-tax-proposal-uk/>
25. Bunn D. A Summary of Criticisms of the EU Digital Tax. Tax Foundation, 2018. Fiscal Fact № 618. [online] <https://taxfoundation.org/eu-digital-tax-criticisms/> [Accessed 3 Jun. 2019].
26. Canada. Individual – Other tax credits and incentives 2018. PwC. [online] <http://taxsummaries.pwc.com/ID/Canada-Individual-Other-tax-credits-and-incentives> [Accessed 08 Dec. 2018].
27. Canada. Individual Taxes on personal income 2018. PwC. [online] <http://taxsummaries.pwc.com/ID/Canada-Individual-Taxes-on-personal-income> [Accessed 08 Nov. 2018].
28. Canada's Innovation and Skills Plan 2017. [online] https://www.budget.gc.ca/2017/docs/themes/Innovation_en.pdf [Accessed 07 Dec. 2018].
29. Card Fraud Worldwide. Nilson Report. [online] https://nilsonreport.com/upload/content_promo/The_Nilson_Report_10-17-2016.pdf [Accessed 3 Jun. 2019].
30. Carvalho A. Why are tax incentives increasingly used to promote private R&D? Working Paper. 2011. 04. CEFAGE-UE, 2011. 22 p.
31. Chang Ha-Joon. Industrial policy in East Asia – lessons for Europe. EIB Papers. 2006. Vol. 11. № 2. Pp. 106-133.
32. Chapter VII – Education Investment and Safeguards of Conditions. Education Law of the People's Republic of China. [online] <https://www.chinaeducenter.com/en/edulaw.php> [Accessed 04 Dec. 2018].

33. Chen B., Wan J., Shu L., Li P., Mukherjee M., Yin B. Smart Factory of Industry 4.0: Key Technologies, Application Case, and Challenges. IEEE Access, 2017, vol. 6, pp. 6505-6519. DOI: 10.1109/ACCESS.2017.2783682.
34. China, People's Republic of. Individual – Taxes on personal income 2018. PwC. [online] <http://taxsummaries.pwc.com/ID/Peoples-Republic-of-China-Individual-Taxes-on-personal-income> [Accessed 04 Dec. 2018].
35. Closing the loop. New circular economy package. European Parliament. [online] [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/573899/EPRS_BRI\(2016\)573899_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/573899/EPRS_BRI(2016)573899_EN.pdf) [Accessed 25 Nov. 2017].
36. Code of Federal Regulation. Title 48. Federal Acquisition Regulation. Subchapter D. Part 23. Subpart 23.103. e-CFR, 2018. [online] <https://ecfr.io/Title-48/pt48.1.23> [Accessed 20 Aug. 2018].
37. Competence-based qualifications for adults. Finnish National agency for education. [online] https://www.oph.fi/english/curricula_and_qualifications/competence_based_qualifications_for_adults [Accessed 04 Dec. 2018].
38. Consumption Taxation of Cross Border Services and Intangible Property in the context of E-commerce, Guidelines on the Definition of Place of Consumption, OECD, 2003; OECD, 2015.
39. Corkery, J., Forder, J., Svantesson, D. & Mercuri, E. Taxes, the Internet and the Digital Economy. Revenue Law Journal. 2013. Vol. 23, Issue 1, Article 7.
40. Crémer J. Taxing Networks Externalities. Taxation and the digital economy: A survey of theoretical models. France Stratégie, Final report, 2015, 16 pp.
41. Davis B., Chu K. For Artfully ‘Worn’ Jeans, Technology Replaces Labor. WSJ, 2015. [online] <http://blogs.wsj.com/economics/2015/11/23/for-artfully-worn-jeans-technology-replaces-labor/> [Accessed 25 Nov. 2015].
42. Davis J, Edgar T, Porter J, Bernaden J, Sarli M. Smart manufacturing, manufacturing intelligence and demand-

- dynamic. Computers and Chemical Engineering. 2012. Vol. 47. Pp. 145-156.
43. Delaney, K. The robot that takes your job should pay taxes, says Bill Gates. Quartz, 2017. Available at: <https://qz.com/911968/bill-gates-the-robot-that-takes-your-job-should-pay-taxes/> [Accessed 5 Oct. 2017].
 44. Deloitte. Making things in a changing world – Industry 4.0 & Indirect Taxes. Deloitte LLP, 2015, 26 pp.
 45. Delvaux M. Draft Report with recommendations to the Commission on Civil Law Rules on Robotics, 2015/2103(INL). European Parliament. Committee on Legal Affairs. 31.5.2016. 22 pp.
 46. Destro N., Stoppato A., Benato A., Schiro F. EU energy policies achievement by industries in decentralized areas. E3S Web of Conferences. 2017. 22. 9 p. DOI: 10.1051/e3sconf/20172200035
 47. Detrixhe J. Banks are finally preparing to use cryptocurrency to move money between them. Quartz. [online] <https://qz.com/1066601/ubss-utility-settlement-coin-could-put-cash-on-a-blockchain-in-2018/> [Accessed 3 Jun. 2019].
 48. Dev.by. Декрет О развитии цифровой экономики. Dev.by, 2019. [online] Available at: https://media.dev.by/decreed_mediakit_ru.pdf [Accessed 12 Jun. 2019].
 49. Digital Goods and Services Tax Fairness Act of 2018, 2018. [online] <https://www.congress.gov/bill/115th-congress/senate-bill/3581/text> [Accessed 29 Dec. 2018].
 50. Digital Media. Statista, 2018. [online] <https://www.statista.com/outlook/200/100/digital-media/worldwide#market-globalRevenue> [Accessed 20 Aug. 2018].
 51. Digital tax developments in South-East Asia. [online] <https://blog.taxamo.com/insights/digital-tax-news-south-east-asia> [Accessed 29 Dec. 2018].
 52. Digitalisation and the World of skills and education. European Tech & Industry Employers. Ceemet 2018. [online] https://www.ceemet.org/sites/default/files/ceemet_digitalisation_and_skills_report_spreads.pdf [Accessed 05 Nov. 2018].
 53. Directive 2014/23/EU of the European Parliament and of the Council of 26 February 2014 on the award of concession

- contracts. EUR-Lex, 2014. [online] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:02014L0023-20180101> [Accessed 20 Aug. 2018].
54. Directive 2014/24/EU of the European Parliament and of the Council of 26 February 2014 on public procurement and repealing Directive 2004/18/EC. EUR-Lex, 2014. [online] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:02014L0024-20180101> [Accessed 20 Aug. 2018].
55. Directive 2014/25/EU of the European Parliament and of the Council of 26 February 2014 on procurement by entities operating in the water, energy, transport and postal services sectors and repealing Directive 2004/17/EC. EUR-Lex, 2014. [online] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:02014L0025-20180101> [Accessed 20 Aug. 2018].
56. Directive 2014/55/EU of the European Parliament and of the Council of 16 April 2014 on electronic invoicing in public procurement. EUR-Lex, 2014. [online] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32014L0055> [Accessed 20 Aug. 2018].
57. Doing business and investing in Estonia 2018. PwC. [online] <https://www.pwc.com/ee/et/publications/DoingBusinessinEstonia/Doing%20Business%202018.pdf> [Accessed 05 Dec. 2018].
58. Drath R., Horch A. 2014: Industrie 4.0: Hit or Hype? IEEE Industrial Electronics Magazine. 2014. Vol. 8(2). Pp. 56-58.
59. Duff D. Rethinking the Concept of Income in Tax Law and Policy. [online] https://taxprof.typepad.com/taxprof_blog/files/Duff.pdf [Accessed 10 Dec. 2018].
60. Ecological wealth of nations. Global Footprint Network. TOM Agency. [online] <http://data.footprintnetwork.org/#/>. [Accessed 26 May 2019].
61. E-sales and turnover from e-sales, 2008 to 2016, EU28 (% enterprises, % total turnover). Eurostat, 2017. [online] [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:V1_E-sales_and_turnover_from_e-sales,_2008_to_2016,_EU28_\(%25_enterprises,_%25_total_turnover\).png](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:V1_E-sales_and_turnover_from_e-sales,_2008_to_2016,_EU28_(%25_enterprises,_%25_total_turnover).png) [Accessed 26 May 2019].

62. Euronews. France unveils plans for its GAFAs tax, a new taxation on digital companies, 2019. [online] <https://www.euronews.com/2019/03/06/france-unveils-plans-for-its-gafa-tax-a-new-taxation-on-digital-companies> [Accessed 26 May 2019].
63. Europe 2020: A strategy for smart, sustainable and inclusive growth. European Commission. 2010. 2020 final.
64. European Commission. European Union Accounting Rule 6. Intangible assets. European Commission. 2011, December. [online] <http://ec.europa.eu/budget/library/biblio/documents/management/accountingframework/EU%20Accounting%20Rule%206.pdf> [Accessed 26 May 019].
65. European Commission. Fair Taxation of the Digital Economy, 2018. [online] https://ec.europa.eu/taxation_customs/business/company-tax/fair-taxation-digital-economy_en [Accessed 26 May 2019].
66. European Parliament and the Council Directive 2012/19/EU of 4 July 2012 on waste electrical and electronic equipment (WEEE). Official Journal of the European Union. 2012. L 197/38.
67. European Union Personal Income Tax Rate 1996-2018. [online] <https://tradingeconomics.com/european-union/personal-income-tax-rate> [Accessed 25 Oct. 2018].
68. Eurostat. Waste electrical and electronic equipment, total collected. 2016.
69. EY Tax Insight. Italy introduces new digital services tax, 2019. [online] [https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Italy_introduces_new_digital_services_tax/\\$FILE/2019G_012828-18Gbl_Indirect_Italy%20introduces%20new%20digital%20services%20tax.pdf](https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Italy_introduces_new_digital_services_tax/$FILE/2019G_012828-18Gbl_Indirect_Italy%20introduces%20new%20digital%20services%20tax.pdf) [Accessed 26 May 2019].
70. EY. Blockchain: a chain reaction. Technology company in anticipation of reaching critical mass. Ernst & Young Global Limited, 2016, 15 c. (In Russ).
71. EY. Global FinTech Adoption Index 2019. EYGM Limited. 2019. 43 pp.
72. EY. Top of Mind. The dawning of digital economy taxation. EYGM Limited. August 2015, 7 pp.

-
-
73. Factory of the future: White Paper. Geneva: IEC, 2015. 50 p. [online] <http://www.iec.ch/whitepaper/pdf/iecWP-futurefactory-LR-en.pdf> [Accessed 26 May 2019].
 74. Fahzy A.-R. Reduce, Reuse, Recycle: Alternatives for Waste Management: Guide G-314. New-Mexico: NM State University, 2014. 4 pp.
 75. Fair Taxation of the Digital Economy. European Commission, 2018. [online] https://ec.europa.eu/taxation_customs/business/company-tax/fair-taxation-digital-economy_en [Accessed 20 Aug. 2018].
 76. Feldstein M. Cutting US Corporate Tax Is Worth the Cost. Project Syndicate, 2017. [online] <https://www.project-syndicate.org/commentary/republican-tax-reform-revenue-bonanza-by-martin-feldstein-2017-11?barrier=accesspaylog> [Accessed 20 Aug. 2018].
 77. Feldstein M. International Consequences of U.S. Tax Reform. Project Syndicate, 2018. [online] <https://www.project-syndicate.org/commentary/united-states-tax-reform-international-impact-by-martin-feldstein-2017-09?barrier=accesspaylog> [Accessed 20 Aug. 2018].
 78. Finland country profile in education and training. UNESCO Institute for Lifelong Learning. [online] <https://uil.unesco.org/document/finland-country-profile-education-and-training> [Accessed 03 Dec. 2018].
 79. Finland Individual – Other tax credits and incentives 2018. PwC. [online] <http://taxsummaries.pwc.com/ID/Finland-Individual-Other-tax-credits-and-incentives> [Accessed 03 Dec. 2018].
 80. Finnish Government Scholarship Pool Programme 2019-2020 for Doctoral Studies/Research/ [online] <http://www.opportunitydesk.org/2018/08/23/finnish-government-scholarship-pool-programme-2019-2020/> [Accessed 03 Dec. 2018].
 81. Foreman-Peck J. Industrial policy in Europe in the 20th century. EIB Papers. 2006. Vol. 11 №1. Pp. 36-62.
 82. Forklog. Блокчейн в банковской сфере и другие важные инициативы по внедрению технологии. [online] <https://>

- [//forklog.com/blokchejn-v-bankovskoj-sfere-i-drugie-vazhnye-initsiativy-po-vnedreniyu-tehnologii/](https://forklog.com/blokchejn-v-bankovskoj-sfere-i-drugie-vazhnye-initsiativy-po-vnedreniyu-tehnologii/) [Accessed 26 May 2019].
83. Fuchs Chr. The online advertising tax. A Digital Policy Innovation. CAMRI Policy Briefs, 2018. [online] <https://www.jstor.org/stable/j.ctv5vddv> [Accessed 26 May 2019].
 84. Full Free Scholarships in China for International Students: Study in China for Free. China's University and College Admission System (CUCAS). [online] https://feature.cucas.edu.cn/Articles/Full-Free-Scholarships-in-China-for-International-Students:-Study-in-China-for-Free_1504.html [Accessed 05 Nov. 2018].
 85. Funke M. Determining the taxation and investment impacts of Estonia's 2000 income tax reform. [online] http://www.taloustieteellinenyhdistys.fi/images/stories/fep/f2002_2d.pdf [Accessed 05 Nov. 2018].
 86. Gaidajis, G., Angelakoglou, K. & Aktsoylou, D. E-waste: Environmental problems and current management. Journal of Engineering Science and Technology Review. 2010. № 3(1). Pp. 193-199.
 87. Genser B. Moving Towards Dual Income Taxation in Europe. FinanzArchiv: Public Finance Analysis, 2007. Vol. 63. № 3. Pp. 436-456.
 88. GM Canada Brings STEM Education to Students Through Camps and Program Funding. [online] <https://media.gm.ca/media/ca/en/gm/news.detail.html/content/Pages/news/ca/en/2017/Jul/0710-Stem-Month-Feature.html> [Accessed 05 Nov. 2018].
 89. Google support. Аукцион, 2019. [online] <https://support.google.com/google-ads/answer/142918?hl=uk>.
 90. Government at a Glance – 2017. OECD, 2018. [online] <https://stats.oecd.org/Index.aspx?QueryId=78413> [Accessed 20 Aug. 2018].
 91. Green industrial policy: concept, policies, country experiences. The German Development Institute, 2017; The Partnership For Action On Green Economy (PAGE). [online] https://unido.org/sites/default/files/files/2017-12/green_industrial_policy_book.pdf [Accessed 26 May 2019].

-
-
92. Green Strides: Environment, Health and Facilities at EDSTEM Programs at ED. U.S. Department of Education. [online] <https://www2.ed.gov/about/inits/ed/green-strides/stem.html> [Accessed 10 Dec. 2018].
 93. Grlica I. Is an ICO a taxable event for the EU VAT purposes? Medium. 2017. Available at: <https://medium.com/@IvoGrlica/is-an-ico-a-taxable-event-for-the-eu-vat-purposes-9ed3cb31417b> [Accessed 10 Feb. 2018].
 94. Gupta S., Keen M., Shah A., Verdier G. (eds). Digital revolutions in public finance. Washington, DC, International Monetary Fund, 2017, 343 p. DOI: 10.5089/9781484315224.071.
 95. Gupta S., Keen M., Shah A., Verdier G. Reshaping Public Finance. Digital revolutions in public finance. Washington, DC. International Monetary Fund, 2017, pp. 1-21.
 96. Hall R., Rabushka A. The Flat Tax. Stanford, California: Hoover Institution Press, 1995. 228 pp.
 97. Hodžić S. Tax incentives for research and development in Austria and Croatia: B-index. Collin P., Colin N. Task Force on Taxation of the Digital Economy: Report. 2013. 188 pp. [online] http://www.hldataprotection.com/files/2013/06/Taxation_Digital_Economy.pdf [Accessed 26 May 2019].
 98. How a Media Barter Can Extend Your Advertising Budget, 2018. [online] <https://capitolmediasolutions.com/blog/media-barter-to-extend-ad-budget/> [Accessed 26 May 2019].
 99. Income Tax Act. In force 2018. Estonia. [online] <https://www.riigiteataja.ee/en/eli/525042018001/consolide#para4> [Accessed 07 Dec. 2018].
 100. India's Readiness for Industry 4.0 – A Focus on Automotive Sector. Confederation of Indian Industry. [online] <https://www.gita.org.in/Attachments/Reports/India's%20Readiness%20for%20Industry%204.0.pdf>. [Accessed 26 May 2019].
 101. India's Readiness for Industry 4.0 – A Focus on Automotive Sector. Confederation of Indian Industry. 2017. 46 pp.
 102. Individual Income Tax Law of the People's Republic of China. [online] http://www.npc.gov.cn/npc/xinwen/2018-09/05/content_2060671.htm [Accessed 4 Dec. 2018].

103. Industrie 4.0. Smart Manufacturing for the Future, 2014. Germany Trade & Invest, 2017. Available at: https://www.gtai.de/GTAI/Content/EN/Invest/_SharedDocs/Downloads/GTAI/Broc_hures/Industries/industrie4.0-smart-manufacturing-for-the-future-en.pdf [Accessed 6 Oct. 2017].
104. Information Technology Foundation for Education HITS.A. [online] <https://www.hitsa.ee/it-education> [Accessed 5 Nov. 2018].
105. International Tax Competitiveness Index 2018. Tax Foundation 2018. [online] <https://files.taxfoundation.org/20181026153532/2018-International-Tax-Competitiveness-Index-Tax-Foundation.pdf> [Accessed 5 Nov. 2018].
106. J.P.Morgan. J.P.Morgan creates digital coin for payments. [online] <https://www.jpmorgan.com/global/news/digital-coin-payments> [Accessed 3 Yun. 2019].
107. Kniaziev S.I. Development of smart industry as an efficient way to implement the policy of neoinustrialization in the world. *Economy of Industry*. 2017. № 4 (80). pp. 5-18. DOI: 10.15407/econindustry2017.04.005.
108. Koreatimes. Korea takes first step to introduce 'robot tax'. 2017. Available at: http://www.koreatimes.co.kr/www/news/tech/2017/08/133_234312.html [Accessed 12 Apr. 2019].
109. KPMG. Value-added tax, 2017. [online] <https://home.kpmg.com/us/en/home/services/tax/indirect-taxes/value-added-tax.html> [Accessed 5 Mar. 2019].
110. Krauß S. Technology and Innovation are driving change in the pharmaceutical industry. Business Segment Pharmaceuticals, Siemens AG. [online] https://w3.siemens.com/mcms/engineering-consulting/Documents/Flyer_de/Digitalisierung_in_der_Pharmaproduktion.pdf. [Accessed 26 May 2019].
111. Leginfo.legislature.ca.gov. Bill Text - AB-1184 City and County of San Francisco: local tax: transportation network companies: autonomous vehicles. 2019. Available at: http://leginfo.legislature.ca.gov/faces/billNavClient.xhtml?bill_id=201720180AB1184 [Accessed 12 Apr. 2019].
112. Li H., Savkin A.V. Wireless sensor network based navigation of micro flying robots in the industrial internet of things.

-
-
- Transactions on Industrial Informatics. 2018. 4. 11 p. DOI: 10.1109/TII.2018.2825225
113. Li J. Protecting the Tax Base in the Digital Economy. UN Papers on Selected Topics in Protecting the Tax Base of Developing Countries. 2014. Paper № 9. 49 pp.
 114. Lifelong Learning Reforming education for an age of technological and demographic change. Institute of Directors (GB) Policy Report, 2016. [online] <https://www.iod.com/Portals/0/PDFs/Campaigns%20and%20Reports/Employment%20and%20Skills/Life%20Long%20Learning%20Report.pdf?ver=2016-09-14-124014-230> [Accessed 25 Oct. 2018].
 115. Limbatto C. Taxation of digital platforms in Latin America REGU session: digital inclusion, taxation and challenges in the digital ecosystem. 6 December 2018.
 116. Mack C. The Multiple Lives of Moore's Law. IEEE Spectrum, 2015, vol. 52, iss. 4, pp. 31. DOI: 10.1109/MSPEC.2015.7065415.
 117. Manyika J. Technology, Jobs, and the Future of Work. McKinsey Global Institute. Briefing note PREPARED for the Fortune Vatican forum, December 2016 Updated February 2017, 5 pp.
 118. McKinsey Global Institute. Digital Finance for All: Powering Inclusive Growth in Emerging Economies. McKinsey & Company, 2016, 112 pp.
 119. McLure, Jr. C. The value-added tax on electronic Commerce in the European Union. International tax and Public Finance. 2003. № 10. Pp. 753-762.
 120. Medium. Why Hyperledger is the Blockchain choice of Big Blue and the Banks. [online] <https://medium.com/@GECKOGovernance/why-hyperledger-is-the-blockchain-choice-of-big-blue-and-the-banks-4b807c3b2c03> [Accessed 3 Jun. 2019].
 121. Mesropyan E. Mobile payments programs are on the rise among major market participants [online]. Medici. [online] <https://letstalkpayments.com/mobile-payments-programs-are-on-the-rise-among-major-market-participants/> [Accessed 26 May 2019].
 122. Micromanufacturing Engineering and Technology. Edit.: Y. Qin. Elsevier Inc., 2015. 858 p. ISBN: 9780323311496.

-
-
123. Milligan K. Tax Policy for a New Era: Promoting Economic Growth and Fairness. [online] https://www.cdhowe.org/sites/default/files/attachments/research_papers/mixed/benefactors_lecture_2014.pdf [Accessed 08 Nov. 2018].
 124. Mladenović S. Banking in Industry 4.0: robotic automation as an answer to the challenges of tomorrow [online]. COMTRADE system integration. [online] <https://www.comtradeintegration.com/en/banking-in-industry-4-0-robotic-automation-as-an-answer-to-the-challenges-of-tomorrow/> [Accessed: 30 May 2019].
 125. Næss-Schmidt H.S., Thelle M.H., Basalisco B., Sørensen P., Lumby B.M. The Proposed EU Digital Services: Effects on welfare, growth and revenues. Copenhagen Economics, 2018. [online] <https://www.copenhageneconomics.com/publications/publication/the-proposed-eu-digital-services-tax-effects-on-welfare-growth-and-revenues> [Accessed 26 May 2019].
 126. Nash C. Austria Wants ‘Digital Barter’ Tax on Functions Like Google Search, 2017. [online] <https://www.breitbart.com/tech/2017/05/01/austria-wants-digital-barter-tax-on-functions-like-google-search/> [Accessed 26 May 2019].
 127. National Student Fee and Support Systems in European Higher Education 2017/18. European Commission. [online] <http://www.anefore.lu/wp-content/uploads/2017/11/EURYDICE-FEES-AND-SUPPORT-2017-18.pdf> [Accessed 07 Nov. 2018].
 128. Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada. Government of Canada. [online] http://www.nserc-crsng.gc.ca/index_eng.asp [Accessed 07 Nov. 2018].
 129. 'Netflix tax' will bring in \$90m a year. [online] <https://www.straitstimes.com/politics/netflix-tax-will-bring-in-90m-a-year> [Accessed 29 Dec. 2018].
 130. Nicodème G. Corporate income tax and economic distortions. CEB. Working Paper 08/033, 2008. [online] https://dipot.ulb.ac.be/.../1/RePEc_sol_wpaper_08-033.pdf [Accessed 20 Aug. 2018].
 131. Nieuwenhuis P. Micro factory retailing: an alternative, more sustainable automotive business model. Engineering

- Management Review. 2018. № 46 (1). Pp. 39-46. DOI: 10.1109/EMR.2018.2810110
132. Nordplus and other Nordic programmes. Finnish National agency for education. [online] http://www.cimo.fi/programmes/nordplus_and_other_nordic_programmes [Accessed 29 Dec. 2018].
 133. Oberson X. Taxing Robots? From the Emergence of an Electronic Ability to Pay to a Tax on Robots or the Use of Robots. World Tax Journal. 2017, vol. 9, no. 2, pp. 247-261.
 134. OECD / G20 Base Erosion and Profit Shifting Project. Addressing the Tax Challenges of the Digitalisation of the Economy / Public Consultation Document. 13 February – 6 March 2019. OECD, 2019.
 135. OECD delivers international standard for collection of VAT on cross-border sales. OECD, 2015. [online] <http://www.oecd.org/ctp/consumption/oecd-delivers-international-standard-for-collection-of-vat-on-cross-border-sales.htm> [Accessed 26 May 2019].
 136. OECD International VAT/GST guidelines. OECD, 2015. 81 pp. [online] <http://www.oecd.org/ctp/consumption/international-vat-gst-guidelines.pdf> [Accessed 26 May 2019].
 137. OECD. Addressing the Tax Challenges of the Digitalisation of the Economy. OECD/G20 Base Erosion and Profit Shifting Project. Public Consultation Document, 2019. [online] <https://www.oecd.org/tax/beps/public-consultation-document-addressing-the-tax-challenges-of-the-digitalisation-of-the-economy.pdf> [Accessed 26 May 2019].
 138. OECD. Advanced Analytics for Better Tax Administration: Putting Data to Work. OECD Publishing, Paris, 2016, 57 p. DOI: 10.1787/9789264256453-en.
 139. OECD. Co-operative Tax Compliance: Building Better Tax Control Frameworks. OECD Publishing, Paris, 2016, 34 pp. DOI: 10.1787/9789264253384-en.
 140. OECD. Technologies for Better Tax Administration: A Practical Guide for Revenue Bodies. OECD Publishing, Paris, 2016, 106 pp. DOI: 10.1787/9789264256439-en.

141. Paying Taxes, 2018. PwC, 2018. [online] <https://www.pwc.com/> [Accessed 20 Aug. 2018].
142. Policy Department A: Economic and Scientific Policy Industry 4.0 / European Parliament. Manuscript completed in February 2016. [online] [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU\(2016\)570007_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU(2016)570007_EN.pdf) [Accessed 26 May 2019].
143. Pritchard G., Hatherell D., Young L., Stocker A. When tax meets technology. Deloitte University Press, 2017. 20 pp.
144. Proposal for a Council Directive laying down rules relating to the corporate taxation of a significant digital presence. COM (2018) 147 final. European Commission. Brussels, 2018.
145. Proposal for a Council Directive on the common system of a digital services tax on revenues resulting from the provision of certain digital services. COM (2018) 148 final. European Commission. Brussels, 2018.
146. PwC. Global Industry 4.0 Survey. Industry 4.0: Building the digital enterprise. PwC, 2016. 34 pp.
147. PwC. Government's Many Roles in Fostering Innovation. PricewaterhouseCoopers LLP, 2010. 65 pp.
148. PWC. Industry 4.0 and tax incentives. PwC & TLS Associazione Professionale di Avvocati e Commercialisti, 2017, 4 pp.
149. Questions and Answers on the Action Plan for Fair and Efficient Corporate Taxation in the EU. European Commission. Fact Sheet, 2015. [online] http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-15-5175_en.htm [Accessed 20 Aug. 2018].
150. Research and development expenditure (% of GDP). The World Bank, 2018. [online] <https://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS> [Accessed 20 Aug. 2018].
151. Research grants. Income Tax Folio S1-F2-C3, Scholarships, Research Grants and Other Education Assistance. [online] <https://www.canada.ca/en/revenue-agency/services/tax/technical-information/income-tax/income-tax-folios-index/series-1-in-dividuals/folio-2-students/income-tax-folio-s1-f2-c3-scholarships-research-grants-other-education-assistance.html#> [Accessed 10 Nov. 2018].

152. Retail e-commerce sales worldwide from 2014 to 2021 (in billion U.S. dollars). STATISTA: The Statistics portal, 2018. [online] <https://www.statista.com/statistics/379046/worldwide-retail-e-commerce-sales/> [Accessed 26 May 2019].
153. Revenue Statistics – OECD countries: Comparative tables. OECD.Stat, 2018. [online] <https://stats.oecd.org/index.aspx?DataSetCode=REV#> [Accessed 26 May 2019].
154. Ripple. Join RippleNet. [online] <https://ripple.com/> [Accessed 3 Jun. 2019].
155. Roberts J. Exclusive: Nearly 4 Million Bitcoins Lost Forever, New Study Says. Fortune, 2017. [online] <http://fortune.com/2017/11/25/lost-bitcoins/> [Accessed 3 Jun. 2019].
156. Rodrik D. Green Industrial Policy. Oxford Review of Economic Policy. 2014. Vol. 30, № 3. Pp. 469-491.
157. Rodrik D. Normalizing industrial policy. The World Bank, Commission on Growth and Development. Working paper. 2008. № 3. Pp. 1-36.
158. Roger Huang. How Blockchain Can Help with The Refugee Crisis. Forbes. [online] <https://www.forbes.com/sites/rogerhuang/2019/01/27/how-blockchain-can-help-with-the-refugee-crisis/#6bdcac346562> [Accessed 3 Jun. 2019].
159. Schwab F., Guibaud S. The rise of Bank-Tech: The beauty of a hybrid model for banks. In: S. Chishti & J. Barberis (Eds.), The Fintech book: The financial technology handbook for investors, entrepreneurs and visionaries (pp. 245-247). West Sussex, UK: Wiley & Sons Ltd., 2016. 312 pp.
160. Schwab K. The Global Competitiveness Report 2016-2017. World Economic Forum.
161. Schwab K.. The Fourth Industrial Revolution. World Economic Forum, 2017. 192 pp.
162. Shanghai-China: Career and Technical Education. National Center on Education and the Economy. [online] <http://ncee.org/what-we-do/center-on-international-education-benchmarking/top-performing-countries/shanghai-china/shanghai-china-school-to-work-transition/> [Accessed 04 Dec. 2018].

163. Shiller R. Robotization Without Taxation? Project Syndicate, 3/26/2017.
164. Siemens. Financing Industry 4.0. 2019. [online] siemens.com Global Website. Available at: <https://new.siemens.com/global/en/company/stories/industry/financing-industry-4-0.html> [Accessed 7 Jun. 2019].
165. Simon M. Tax The Rich and The Robots? California's Thinking About It. WIRED, 2017. <https://www.wired.com/story/tax-the-rich-and-the-robots-californias-thinking-about-it/> [Accessed 7 Dec. 2017].
166. Ministry of Enterprise and Innovation. Smart industry – a strategy for new industrialization for Sweden.. Article № 2016.06. 35 pp.
167. Smith N. What's Wrong with Bill Gates' Robot Tax. 2017. [online] Bloomberg.com. Available at: <https://www.bloomberg.com/view/articles/2017-02-28/what-s-wrong-with-bill-gates-robot-tax> [Accessed 13 Feb. 2018].
168. So called "Youtube" / "Netflix" tax comes into effect in France. [online] <https://www.avocatl-en.com/single-post/2018/04/13/So-called-Youtube-Netflix-tax-comes-into-effect-in-France> [Assessed 29 Dec. 2018].
169. Sokolovska O., Belozyorov S. Taxation of digital corporations: options for reforms. SICNI-2018. Forthcoming.
170. Sørensen P. Dual Income Taxation: Why and how? CESifo Working Paper № 1551. Category 1: Public Finance, 2005. 34 pp.
171. Sørensen P. Dual income taxes: a Nordic tax system. Tax Reform in Open Economies Edward Elgar, 2010. 34 pp.
172. Sørensen P. From the Global Income Tax to the Dual Income Tax: Recent Tax Reforms in the Nordic Countries. International Tax and Public Finance. February 1994. Vol. 1 (1). Pp. 57-79.
173. Statista. Advertising markets with the highest major media expenditure growth worldwide between 2018 and 2021, 2018. [online] <https://www.statista.com> [Accessed 26 May 2019].
174. Statista. Digital advertising. Digital Market Outlook, 2018. [online] <https://www.statista.com/outlook/digital-markets> [Accessed 26 May 2019].

-
-
175. Statista. Digital media. Digital Market Outlook, 2018. [online] <https://www.statista.com/outlook/digital-markets> [Accessed 26 May 2019].
 176. Statista. European countries ranked by digital advertising spending in 2017, 2018. [online] <https://www.statista.com/statistics/448891/largest-digital-ad-markets-in-europe/> [Accessed 26 May 2019].
 177. Statista. Facebook. Statista, 2018. [online] <https://www.statista.com> [Accessed 26 May 2019].
 178. Statista. Google. Alphabet, 2019. [online] <https://www.statista.com> [Accessed 05 Mar. 2019].
 179. Stellar. The future of banking is here. [online] <https://www.stellar.org/> [Accessed 3 Jun. 2019].
 180. Steveni J., Smith P. Blockchain – will it revolutionize tax? Paying Taxes, 2016. Available at: <http://pwc.blogs.com/tax/2016/07/blockchain-willit-revolutionise-tax.html> [Accessed 20 Aug. 2018].
 181. Tadviser. Corda R3. Платежная система на блокчейне. [online] http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Corda_R3_Платежная_система_на_блокчейне [Accessed 26 May 2019].
 182. Tax Challenges Arising from Digitalisation – Interim Report 2018. OECD, 2018.
 183. Tax on corporate profits. OECD, 2018. [online] <https://data.oecd.org/tax/tax-on-corporate-profits.htm> [Accessed 20 Aug. 2018].
 184. Tax Policy Reforms 2017. OECD and Selected Partner Economies. OECD, 2017. [online] <http://www.oecd.org/tax/tax-policy-reforms-2017-9789264279919-en.htm> [Accessed 20 Aug. 2018].
 185. Taxation and Skills 2017. OECD. [online] <http://www.oecd.org/ctp/taxation-and-skills-9789264269385-en.htm> [Accessed 7 Nov. 2018].
 186. Taxation of a scholarship/grant 2017. [online] <https://www.jyu.fi/en/workwithus/international-staff-guide/living-in-finland/taxation/taxation-of-a-scholarship-grant> [Accessed 3 Dec. 2018].

-
-
187. Taxing the digital economy: Part 1. [online] <https://www.grantthornton.co.th/insights/articles/taxing-the-digital-economy-part-1/> [Accessed 3 Dec. 2018].
 188. Teller L. The Flat Tax: An Analysis of America's Most Controversial Tax Reform Idea. [online] <https://www.american.edu/spa/publicpurpose/upload/2011-Public-Purpose-Flat-Tax.pdf> [Accessed 25 Oct. 2018].
 189. The Asia Internet Coalition. Indirect Taxation Challenges in the Digital Economy. AIC Tax Policy. 2017. 4 pp.
 190. The CanCode program. Innovation, Science and Economic Development Canada. Government of Canada. [online] <https://www.ic.gc.ca/eic/site/121.nsf/eng/home> [Accessed 8 Nov. 2018].
 191. The Council of the European Union Council Directive 2006/112/EC of 28 November 2006 on the common system of value added tax. Official Journal of the European Union. 2006, 11 December. L 347/1. 118 pp.
 192. The Council of the European Union. Council Regulation (EU) No 967/2012 of 9 October 2012. Official Journal of the European Union. L 290/1. 7 pp.
 193. The Estonian Lifelong Learning Strategy 2020. [online] https://www.hm.ee/sites/default/files/estonian_lifelong_strategy.pdf [Accessed 05 Nov. 2018].
 194. The Global Human Capital Report 2017. World Economic Forum. [online] http://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Human_Capital_Report_2017.pdf [Accessed 05 Nov. 2018].
 195. The role of public procurement policy in driving industrial development: Working paper 8/2017. United Nations Industrial Organization, 2018. [online] https://www.unido.org/sites/default/files/2017-07/WP_8_FINAL_0.pdf [Accessed 20 August 2018].
 196. The Singapore Smart Industry Readiness Index: Catalysing the transformation of manufacturing. Singapore Economic Development Board. [online] https://www.gov.sg/~/sgpcmedia/media_releases/edb/press_release/P-20171113-

- 1/attachment/The%20Singapore%20Smart%20Industry%20Readiness%20Index%20-%20Whitepaper_final.pdf. [Accessed 26 May 2019].
197. The Ultimate List of Blockchain Statistics for 2019. The Coin Offering. [online] <https://thecoinoffering.com/learn/blockchain-statistics/> [Accessed 3 Jun. 2019].
198. Thomson Reuters. Know Your Customer Surveys Reveal Escalating Costs and Complexity. Thomson Reuters, 2016. [online] <https://www.thomsonreuters.com/en/press-releases/2016/may/thomson-reuters-2016-know-your-customer-surveys.html> [Accessed 3 Jun. 2019].
199. United States. Individual – Taxes on personal income. PwC. [online] <http://taxsummaries.pwc.com/ID/United-States-Individual-Taxes-on-personal-income#> [Accessed 10 Nov. 2018].
200. Valente P. The Italian Web Tax from a National and International Perspective, 2018. [online] https://static1.squarespace.com/static/55a50b8ee4b00f4e23b93618/t/5b30c65388251b30912b77ea/1529923158712/2018_05_PV_The+Italian+Web+Tax+from+a+National+and+International+Perspective.pdf [Accessed 20 Aug. 2018].
201. VAT GST in A Global Digital Economy: Eucotax Series on European Taxation (Book 43). 2015, 19 August. Eds. M. Lang & I. Legeune. Alphen aan den Rijn, The Netherlands: Walters Kluwer Law & Business. 256 pp.
202. Visvanathan, C. & Norbu, T. Reduce, reuse, and recycle: the 3Rs in South Asia. IGES: Institute for global environmental strategies, 2006. [online] www.iges.or.jp/en [Accessed 05 Nov. 2018].
203. Walker J. Robot Tax – A Summary of Arguments "For" and "Against". 2017. [online] TechEmergence. Available at: <https://www.techemergence.com/robot-tax-summary-arguments/> [Accessed 13 Feb. 2018].
204. Walls M. Deposit-refund systems in practice and theory. Research for the future. Discussion paper N DP 11-47. 2011, November. 15 pp.

-
-
205. Williams A. Product-service systems in the automotive industry: the case of micro-factory retailing. *Journal of Cleaner Production*. 2016. 14. P. 172-184. DOI: 10.1016/j.jclepro.2004.09.003
206. World Bank Country and Lending Groups, 2017. The World Bank. [online] <https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/906519> [Accessed 05 Nov. 2018].
207. World Economic Forum. The Global Competitiveness Report 2017–2018. [online] <http://www3.weforum.org/docs/GCR2017-2018/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2017%E2%80%932018.pdf> [Accessed 05 Nov. 2018].
208. Zalan T., Toufaily E. The promise of Fintech in emerging markets: Not as disruptive. *Contemporary Economics*. 2017. 11(4). Pp. 415-430. DOI: 10.5709/ce.1897-9254.253.
209. Аджемоглу Д., Робинсон Дж. А. Почему одни страны богатые, а другие бедные. Происхождение власти, процветания и нищеты; пер. с англ. Д. Литвинова, П. Миронова, С. Сановича. М.: АСТ. 2016. 693 с.
210. Аналитики НЕБР. Почему банки монополизуют блокчейн? *Habr*, 2019. URL: <https://habr.com/ru/post/440910/> (дата обращения: 12.06.2019).
211. Бахарева Т.В. Неформальные институты как объект научного анализа. *Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета*. 2012. №.5. С. 12-16.
212. Виєцкая О. Современные тенденции в налогообложении прибыли корпораций: перспективы налога на выведенный капитал. *Економіка промисловості*. 2018. № 3. С. 24-49.
213. Вишневський В.П., Збарзська Л.О., Заніздра М.Ю., Чекіна В.Д. та ін. Національна модель неоіндустріального розвитку України: монографія; за заг. ред. В.П. Вишневського. НАН України, Ін-т економіки пром-сті. Київ, 2016. 519 с.
214. Вишневський В.П, Вієцька О.В., Гаркушенко О.М., Князев С.І., Лях О.В., Чекіна В.Д., Череватський Д.Ю. Смарт-промисловість в епоху цифрової економіки: перспективи, напрями і механізми розвитку: монографія; за ред. В.П. Вишневського. НАН України, Ін-т економіки пром-сті, 2018. 192 с.

215. Вишневський В.П., Князев С.І. Як підвищити готовність промисловості України до смарт-трансформацій. *Nauka innov.* 2018. № 14(4). С. 55-69.
216. Гаркушенко О.М. Перспективи застосування в Україні зворотного механізму нарахування зобов'язань з податку на додану вартість. *Фінанси України.* 2015. № 5. С. 81-91.
217. Гаркушенко О.М. Регулювання утворення та поведження з твердими побутовими відходами: необхідність або чинник політичного тиску. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія "Економіка".* 2014. № 2(43). С. 215-218.
218. Генкин А. Блокчейн-скептики: реальные ли угрозы и риски? *Деловой журнал "Инвест-Форсайт",* 2017. URL: <https://www.if24.ru/blokchejnskeptiki-realny-li-ugro-zy-i-riski/> (дата обращения: 20.08.2018).
219. Заниздра М.Ю. Оценка готовности к смарт-трансформациям, с учетом экологической составляющей. *Экономика промышленности.* 2018. № 4(84). С. 5-25. doi: <http://doi.org/10.15407/econindustry2018.04.005>
220. Заниздра М.Ю. Концептуальні положення "зеленої смарт" промисловості. *Економіка промисловості.* 2018. №1(8). С. 61-85.
221. Звіт сфери публічних закупівель за 2017 рік. 2017. Міністерство економічного розвитку і торгівлі, 2018. URL: <http://www.me.gov.ua/Documents/Detail?lang=uk-UA&id=86f9b4de-bb4c-4004-a563-cd4fe4fa4773&title=ZvitSferiPublichnihZakupivelZa2017-Rik> (дата звернення: 20.08.2018).
222. Индекс готовности к будущему. Международный дискуссионный клуб ВАЛДАЙ и ВЦИОМ. URL: https://wciom.ru/fileadmin/file/reports_conferences/2017/2017-10-18_igb.pdf. (дата обращения: 26.05.2019).
223. Индекс экологической эффективности. Центр гуманитарных технологий. URL: <https://gtmarket.ru/ratings/environmental-performance-index/info> (дата обращения: 26.05.2019).
224. Исследование INSEAD: Глобальный индекс инноваций. Центр гуманитарных технологий. URL: <https://gtmarket.ru/news/2014/07/18/6841>. (дата обращения: 26.05.2019).

225. Кондратюк А. Рост цены биткоина может стать одним из итогов торговой войны США и Китая. ForkLog, 2019. URL: <https://forklog.com/pochemu-vozmozhnym-itogom-torgovoj-vojny-ssha-i-kitaya-stanet-rost-tseny-bitkoina/> (дата обращения: 03.06.2019).
226. Министерство по охране окружающей среды Финляндии. Краткая характеристика инструментов экологической политики в Финляндии, 2004. 13 с.
227. Обухова Е. Эпоха реставрации. Expert.ru, 2019. URL: <https://expert.ru/expert/2019/16/epoha-restavratsii/> (дата обращения: 08.06.2019).
228. Coinlife. Количество криптовалютных бирж стремительно растёт. 2019. URL: <https://coinlife.com/news/kolichestvo-kriptovaljutnyh-birzh-stre/> (дата обращения: 03.06.2019).
229. Свон М. Блокчейн. Схема новой экономики. М.: Олимп-Бизнес, 2015. 142 с.
230. Секретариат Энергетической Хартии. Углублённый обзор политики и программ в области энергоэффективности. Протокол к Энергетической Хартии ПЭЭСЭА по вопросам энергетической эффективности и соответствующим экологическим аспектам. Брюссель, 2006. 80 с.
231. Скрипин В. Китай планирует запретить майнинг Bitcoin и других криптовалют. 2019. URL: <https://itc.ua/news/kitay-planiruet-zapretit-mayning-bitcoin-i-drugih-kripto-valyut/> (дата обращения: 03.06.2019).
232. Центр гуманитарных технологий. Индекс экономики знаний, 2019. URL: <https://gtmarket.ru/ratings/knowledge-economy-index/knowledge-economy-index-info> (дата обращения: 26.05.2019).
233. Центр гуманитарных технологий. Рейтинг стран мира по уровню валового внутреннего продукта. 2019. URL: <https://gtmarket.ru/ratings/rating-countries-gdp/ratingcountries-gdp-info> (дата обращения: 26.05.2019).
234. Центр гуманитарных технологий. Рейтинг стран мира по уровню потребления электроэнергии. 2019. URL:

- <https://gtmarket.ru/ratings/electric-power-consumption/info>
(дата обращения: 26.05.2019).
235. Центр гуманитарных технологий. Рейтинг стран мира по уровню развития Интернета. 2019. URL: <https://gtmarket.ru/ratings/internet-development/info> (дата обращения: 26.05.2019).
236. Центр гуманитарных технологий. Рейтинг стран мира по уровню развития информационно-коммуникационных технологий. 2019. URL: <https://gtmarket.ru/ratings/ict-development-index/ict-development-index-info> (дата обращения: 26.05.2019).
237. Центр гуманитарных технологий. Рейтинги стран и регионов. 2019. URL: <https://gtmarket.ru/research/countries-ranking#t4> (дата обращения: 26.05.2019).
238. 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.
239. Шувалов С. Контрактная система как механизм государственного регулирования экономики: монография. М.: ИЭ РАН, 2017. 224 с.

4. ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗВИТКУ СМАРТ-ПРОМИСЛОВОСТІ

4.1. Науково-методичні підходи до економіко-математичного моделювання "розумних" виробничих систем

Одним із найпоширеніших наукових підходів до дослідження економічних явищ є використання методології економіко-математичного моделювання, яка дозволяє досліджувати властивості економічних систем і прогнозувати їх розвиток на основі математичних моделей, що враховують основні особливості досліджуваних систем. Економіко-математичні моделі являють собою математичний опис економічного об'єкта або процесу з метою їх дослідження й управління ними. Вони дозволяють описувати і визначати вплив окремих чинників на узагальнюючі економічні показники діяльності економічних систем (наприклад, підприємств, галузей економіки чи економіки цілих країн або регіонів).

Головною перевагою використання економіко-математичних моделей є можливість досліджувати економічні системи та оцінювати потенційний вплив окремих чинників без необхідності втручання в роботу чи ставити експерименти на самих економічних системах. Основними принципами побудови економіко-математичних моделей є повнота вхідної інформації, абстракція (включення в модель лише важливих для конкретного дослідження характеристик), ізоморфізм (відповідність структури моделі структурі досліджуваної системи чи процесу).

Зазначені властивості та переваги інструментарію економіко-математичного моделювання дозволяють використовувати його для дослідження та оптимізації процесів упровадження "розумних" виробничих систем для вирішення таких завдань: ідентифікація та оцінка впливу інформаційних чинників, що є рушійними силами формування смарт-промисловості; оптимізація витрат ресурсів шляхом їх орієнтації на найбільш перспективні напрями з позиції впливу на розвиток смарт-промисловості; прогнозування розвитку економіки з урахуванням впливу інформаційних чинників тощо.

Перед побудовою власних моделей для конкретної сфери необхідно проаналізувати існуючі підходи до моделювання такої сфери та встановити, чи вже існують моделі, які можна використувати для дослідження смарт-промисловості, тобто підтвердити доцільність створення нових моделей (якщо існуючі моделі не задовольняють потреби дослідження).

Дослідження науково-методичних підходів до економіко-математичного моделювання "розумних" виробничих систем доцільно розпочати з класифікації різноманіття наукових публікацій, присвячених проблемам їх постановки і реалізації, та виокремити ті найбільш важливі напрями, які стосуються проблем становлення смарт-промисловості в Україні.

За об'єктами дослідження виокремлено три основних напрями економіко-математичного моделювання:

техніко-технологічний – проектування й упровадження високотехнологічних фізичних систем;

інформаційний – накопичення, обробка і передача інформації;

економічний – зміни в забезпеченні благами й урахування економічних інтересів окремих людей і соціальних груп.

Об'єкти аналізу, що розглядаються за даними напрями, наведено на рис. 4.1. Усі публікації, присвячені смарт-підприємствам, розподілено за завданнями, що в них вирішуються, на такі:

1) описово-ознайомчі, метою яких є первинне ознайомлення дослідника з тими чи іншими об'єктами та/або явищами у сфері смарт-індустріалізації. Такі публікації не мають прямого відношення до економіко-математичного моделювання, але знайомство із суттю даних об'єктів і явищ дозволяє ідентифікувати проблеми, вирішення яких можливе із застосуванням математичного методологічного апарату;

2) інженерні, метою яких є опис фізичних і кібернетичних процесів. У таких публікаціях у великій кількості зустрічаються описи різних моделей, у тому числі математичних, але ці моделі мають переважно інженерний характер і ніяких економічних завдань як таких вони не вирішують. Однак, як і в попередньому випадку, їх аналіз дозволяє ідентифікувати виникнення супутніх економічних завдань;

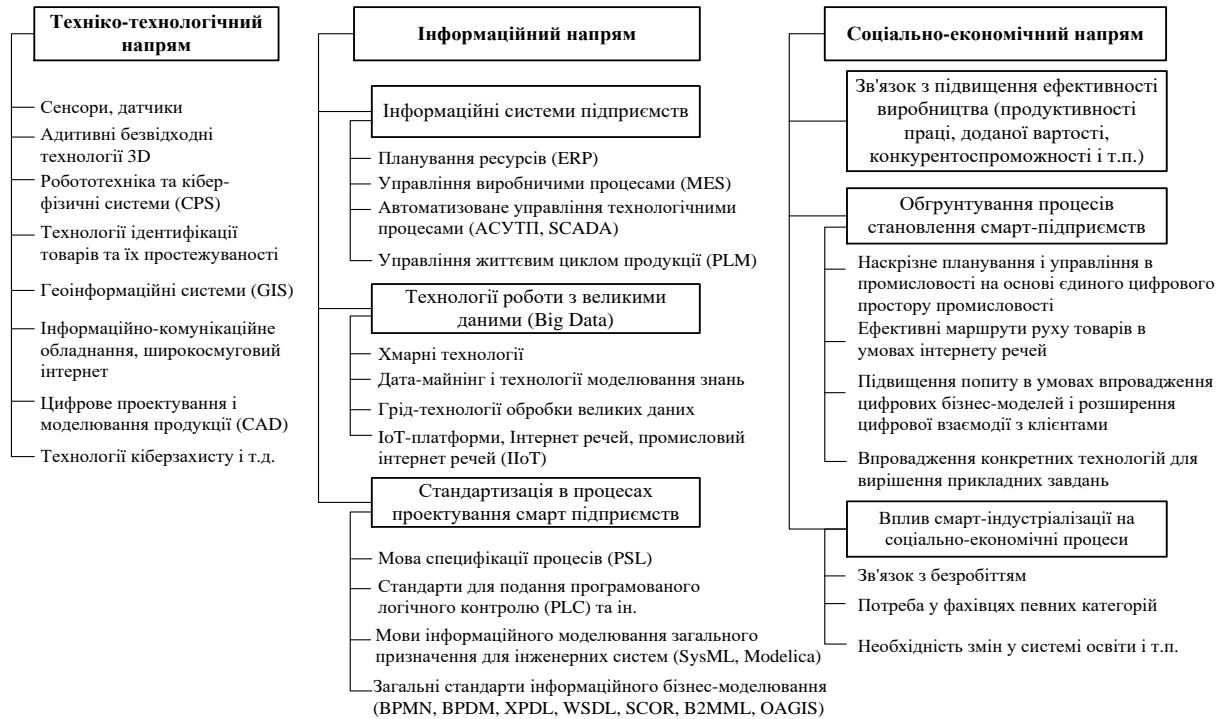


Рис. 4.1. Основна об'єктна спрямованість публікацій, присвячених дослідженню проблем економіко-математичного моделювання смарт-промисловості

3) публікації з економічною аргументацією, в яких визначається економічна доцільність упровадження тих чи інших кіберфізичних процесів або обґрунтовується виникнення нових завдань, щодо економіко-соціальної проблематики. Такі публікації мають безпосереднє відношення до предмета даного дослідження, однак відрізняються нечисленністю, несистемністю і недостатньою відпрацьованістю порушених у них проблем.

Публікації другої та третьої груп, як правило, включають також описово-ознайомчу частину, а отже, можуть перетинатися з роботами першої групи. Однак явного перетинання досліджень другої та третьої груп, у яких би розглядалася проблематика інженерного проектування smart-підприємств через призму вирішення економічних завдань, не виявилось.

Зв'язок характеру публікацій за важливістю завдань, що в них вирішуються, з їх напрямками за об'єктами дослідження відображено на рис. 4.2.



Рис. 4.2. Зв'язок характеру публікацій за завданнями, що в них вирішуються, з напрямками за об'єктами дослідження

Описово-ознайомчі роботи спрямовані на ідентифікацію ознак smart-підприємств і принципів їх функціонування і формують базове уявлення про модель функціонування таких підприємств.

Принципами проектування Індустрії 4.0 є такі [21]:

взаємодія – здатність машин, пристроїв, датчиків і людей підключатися та взаємодіяти один з одним через Інтернет речей або Інтернет людей;

інформаційна прозорість – здатність інформаційних систем створювати віртуальну копію фізичного світу шляхом наповнення цифрових моделей підприємств даними датчиків. Це потребує агре-

гування необроблених даних датчиків у контекстну інформацію з більш високою корисністю;

технічна допомога – по-перше, це здатність систем підтримки допомагати людям шляхом агрегування і візуалізації інформації для прийняття обґрунтованих рішень і швидкого вирішення термінових проблем у короткий період; по-друге, здатність кіберфізичних систем фізично підтримувати людей, виконуючи ряд завдань, які є неприємними, виснажливими або небезпечними для людей;

децентралізовані рішення – здатність кіберфізичних систем самостійно приймати рішення і виконувати свої завдання якомога більш автономно. Завдання передаються на вищий рівень тільки в разі позаштатних ситуацій, перешкод або конфліктних цілей.

У роботі [25] виокремлено три сфери смарт-фабрики, які відрізняють їх від традиційного підприємства: моніторинг та управління; обмін інформацією та взаємодія; великі дані й аналіз цих даних.

Моніторинг та управління – це системи моніторингу й управління, впроваджені на смарт-підприємствах, які в режимі реального часу збирають і передають широкий спектр даних про стан об'єктів, їх роботу, використання ресурсів, стан навколишнього середовища, що дозволяє оперативно реагувати на зміни.

Обмін інформацією та взаємодія – це сучасна інформаційна інфраструктура, яка дозволяє здійснювати обмін великими обсягами інформації між людьми, людьми і фізичними об'єктами, а також між фізичними об'єктами без втручання людей. Найчастіше компоненти обміну інформацією і співпраці об'єднані з компонентами моніторингу й управління, ініціюючи обмін інформацією або певні дії в разі настання певної ситуації, зафіксованої датчиками. Це дозволяє автоматизувати управління виробництвом, так що втручання людей може бути необхідним тільки при настанні певних подій, а в решту часу обмін інформацією обмежений фізичними об'єктами.

Збір великих обсягів даних про стан об'єктів, процесів і зовнішнього середовища, а також збільшення потужності систем обробки даних дозволяють розширити застосування аналітичних засобів для поліпшення бізнес-процесів на всіх стадіях, включаючи розробку, виробництво і реалізацію продукції.

Виходячи з вищенаведеного критеріями віднесення підприємств до категорії "смарт" є: використання інтелектуальних датчиків для моніторингу й управління процесами; автоматизація процесів обміну інформацією та взаємодії працівників один з одним, працівників із фізичними об'єктами (переважно машинами та комп'ютерними системами), а також фізичних об'єктів один з одним; використання великих даних для безперервного аналізу, моделювання й удосконалення техніко-технологічних і соціально-економічних процесів.

Таким чином, ключовим чинником у моделюванні смарт-підприємств стає робота з великими даними, дослідженню яких присвячено велику кількість публікацій щодо становлення та розвитку смарт-промисловості.

При цьому важливо враховувати, що робота з великими даними, які разом із програмним забезпеченням кіберфізичних систем становлять основу інформаційного забезпечення смарт-промисловості, пов'язана зі значними труднощами при їх обробці традиційними способами. Ці труднощі пояснюються не тільки великим обсягом даних, але і їх неструктурованістю (зібрані дані не генеруються відповідно до заздалегідь встановлених правил побудови баз даних), відсутністю централізованого збору й обробки (можуть використовуватися дані з безлічі різних джерел), а також слабким взаємозв'язком між самими даними (дані отримують з різних сфер діяльності).

Аналіз великих даних з метою отримання практичних висновків безпосередньо пов'язаний із технологіями дата-майнінгу (data mining – видобуток даних). Дата-майнінг – це збірна назва, що використовується для позначення сукупності методів виявлення в даних раніше невідомих, нетривіальних, практично корисних і доступних інтерпретації знань, необхідних для прийняття рішень [106]. У рамках упровадження дата-майнінгу в управління промисловим виробництвом автори роботи [20] пропонують платформу поглибленої виробничої аналітики (advanced manufacturing analytics) для усунення таких недоліків існуючих підходів, як ізольований розгляд окремих наборів даних, обмеженість використовуваного інструментарію, недостатність засобів для створення звітів і візуалізації, відсутність механізмів одержання конкретних рекомендацій на основі результатів аналізу. Як інструментарій аналізу даних про-

понується використовувати стандартні моделі та методи, такі як нейронні мережі, опорні вектори, дерева рішень, байєсовські класифікації та створення правил прийняття рішень. Основною перевагою запропонованого підходу є виокремлення рівнів системи використання великих даних при вдосконаленні виробничих процесів й акцент на необхідності створення репозиторіїв виробничої аналітики. Недолік – відсутність конкретних моделей або авторських способів підтримки прийняття рішень.

Що стосується обробки великих даних, то основним підходом, який використовується в даний час для розподіленої обробки великих обсягів даних, є архітектура MapReduce, що просувається такими провідними компаніями, як Google та IBM [23].

У роботі [36] проаналізовано застосування великих даних у виробництві й наголошено на тому, що дані стали важливим чинником виробництва разом із матеріальними активами і людським капіталом, а великі дані дозволяють компаніям створювати нові та поліпшувати існуючі продукти і послуги, а також винаходити нові бізнес-моделі. Загальний висновок зводиться до того, що використання великих даних найближчим часом стане ключовим чинником конкурентоспроможності в усіх сферах економіки, включаючи промисловість.

Аналітики консалтингової компанії McKinsey [3] відзначають, що галузями промисловості з максимальним потенціалом для впровадження аналітики на основі великих даних є фармацевтична, хімічна і видобувна. Саме в цих галузях, на їх думку, незначні зміни характеристик процесу здатні істотно вплинути на результат, що створює умови для застосування "поглибленої аналітики" (advanced analytics) – обробки економічних даних за допомогою статистичних та інших математичних інструментів для оцінки й удосконалення різних сфер діяльності.

Традиційні підходи до централізованого контролю і жорсткого управління не можуть впоратися з великою екосистемою мережових систем, які набувають усе більшого поширення в економіці загалом та виробничій сфері зокрема, що потребує використання інструментарію моделювання для передбачення поведінки таких систем у різних ситуаціях і розробки оптимальних управлінських впливів. Однак оскільки інструменти моделювання, як правило, створюються для застосування в конкретній сфері, то виникають труднощі

з розробкою типових моделей, адже необхідно моделювати як фізичні, так і кібернетичні аспекти таких систем [17]. При моделюванні кіберфізичних систем використовуються такі інструменти моделювання, як гібридні мережі Петрі, гібридні автомати і гібридні процеси, техніки агрегованого моделювання (включаючи такі інструменти, як Dymola і gPROMS) [46].

Слід підкреслити, що в даному випадку йдеться про моделювання саме кіберфізичних систем, а не економічних аспектів функціонування підприємств, у виробничих процесах яких застосовуються такі системи.

Основною тенденцією останнього часу у сфері моделювання є використання при роботі з мовами моделювання тих переваг, які властиві сучасним мовам програмування і засобам розробки [76]: об'єктна орієнтованість, використання бібліотеки класів і візуальних середовищ. Наприклад, один із найпопулярніших сьогодні засобів Modelica є середовищем візуального моделювання, який включає універсальну об'єктно-орієнтовану мову Modelica для моделювання складних фізичних систем і власні інструментальні засоби, такі як пакети Dymola або MathModelica. Пакет Dymola (Dynamic Modeling Laboratory), що підтримує мову моделювання Modelica, є комплексним інструментом для моделювання і дослідження складних систем у таких сферах, як мехатроніка, автоматика, аерокосмічні дослідження тощо. Можливість об'єднання в одній моделі компонентів різної фізичної природи дозволяє будувати моделі складних систем, які краще відповідають дійсності, й отримувати більш точні та прозорі результати [13].

На важливості розвитку кіберфізичних систем з точки зору національних інтересів наголошено в роботі [97], у першу чергу для створення нових цифрових виробництв із небаченою раніше економічною ефективністю. Однак розрахунки наслідків впливу цифрових технологій на економіку виконуються на базі точкового практичного досвіду функціонування існуючих цифрових виробництв без використання інструментарію економіко-математичного моделювання.

Автори роботи [61] представляють моделі цифрової трансформації промисловості на макрорівні в рамках процесного, галузевого і технологічного підходів. Модель процесного підходу заснована на розгляді промисловості як виробничого ланцюжка – від

розробки промислової продукції до її продажу і сервісного обслуговування. До елементів цифрової трансформації промисловості віднесено: цифровий R&D центр, цифрову фабрику, цифровий склад і транспорт, електронну торгівлю і цифрові послуги. Відзначено, що першими інструментами цифрової трансформації промисловості можуть стати створення Євразійської мережі трансферу технологій і Євразійської мережі промислової кооперації та субконтрактації. Однак слід відзначити, що в цій публікації моделі цифрової трансформації промисловості в рамках процесного, галузевого і технологічного підходів представлені тільки в об'єктному вигляді. Економіко-математичні моделі власне цифрової трансформації промисловості відсутні, але йдеться про підтримку таких ініціатив у сфері моделювання.

Що стосується моделей мікрорівня, то в роботі [38] запропоновано так звану "Модель С" цифрового виробництва, назва якої символізує статистичну обробку та симуляцію (моделювання). У рамках даного підходу для створення гнучкого й ефективного ланцюжка створення вартості рекомендовано цифрову виробничу систему із замкнутим циклом, автономним модулем статистичної аналітики й автономним модулем моделювання дискретних подій. Розроблена модель не є економіко-математичною, а скоріше авторським баченням використання економіко-математичних моделей в управлінні виробництвом: на основі аналізу статистичної інформації запропоновано прогнозувати кризові ситуації (вихід обладнання з ладу), попит та інші чинники, а планування виробництва – зробити інтерактивним і коригувати в режимі реального часу з використанням відповідного інтерфейсу.

Прикладом практичної реалізації концепції смарт-підприємства є програмний засіб від компанії Pharaos Navigator [49], призначений для підприємств різних сфер діяльності (виробництва, послуг тощо). Він візуалізує роботу смарт-підприємства, виводячи в наочній формі результати знімання даних із розумних датчиків, встановлених на всьому обладнанні, дозволяючи тим самим керівництву отримувати інформацію в режимі реального часу.

Найбільший інтерес з точки зору економіко-математичного моделювання становлять дослідження, присвячені економічному обґрунтуванню ефективності впровадження смарт-індустрії та її впливу на економіку країни і соціально-економічні процеси.

У роботі [48] на основі опитування нідерландських компаній, які працюють у різних сферах, встановлено, що вони активно здійснюють упровадження елементів смарт-промисловості, причому чим більшою є компанія, тим активніше вона працює в цій сфері. Увага акцентується на тому, що впровадження цифрових технологій зачіпає всі аспекти діяльності підприємства: продукцію, виробничі процеси тощо. Проте не наведено жодних розрахунків або навіть оціночного судження про якісні або кількісні показники впровадження смарт-технологій або економічного ефекту від їх упровадження.

Отже, переважна кількість робіт щодо смарт-промисловості зводяться до того, щоб переконати читача у важливості цього напрямку, проте позбавлені суттєвої наукової або практичної новизни.

Наступні кілька робіт являють собою виняток із зазначеної тенденції. Так, у корейському дослідженні, присвяченому впливу смарт-промисловості на розвиток міст й економіку країни загалом [29], виокремлено ключові галузі-постачальники і галузі-споживачі смарт-продукції (перш за все комп'ютерної техніки, мікросхем, промислової автоматичної, комунікаційного обладнання тощо) і на основі таблиць "витрати-випуск" проаналізовано вплив попиту на таку продукцію на обсяги виробництва в місті, додану вартість тощо. Безумовною перевагою цієї роботи є спроба дати кількісну оцінку смарт-виробництву (на відміну від абстрактного підходу, властивого багатьом іншим публікаціям), а також визначення конкретного переліку смарт-продукції. На прикладі реалізації програми розвитку смарт-міст у Кореї показано відповідний економічний ефект – вкладання 10 млн дол. США у таку програму дозволило збільшити випуск продукції на 19 млн дол. за рахунок зростання попиту в суміжних галузях. Недоліком дослідження є те, що не здійснено порівняння інвестицій у смарт-галузі з інвестиціями у традиційні галузі.

У роботі [5] відповідно до статистичних даних, що характеризують діяльність промислових підприємств США, проаналізовано вплив прийняття рішень на основі великих даних на додану вартість, створену на підприємстві, та встановлено, що впровадження практики прийняття рішень на основі даних у середньому збільшує показник доданої вартості на 3%. Для оцінки використано регресійний аналіз на основі виробничої функції (подібної до

функції Коба-Дугласа) з доданою вартістю як залежною змінною і такими чинниками як продуктивність праці, капіталу, трудових ресурсів, споживання енергії, ІТ-капітал (у вигляді вартості апаратного та програмного забезпечення), ступінь структурованості управління (ступінь автономності персоналу середньої ланки у прийнятті рішень) і прийняття рішень на основі даних. Перевагою запропонованого підходу є спроба проаналізувати вплив на ефективність виробництва не просто інвестицій в ІТ-інфраструктуру, а саме використання результатів аналізу даних у прийнятті рішень. Недоліки полягають в абстрактності самого поняття "прийняття рішень на основі даних", а також у тому, що як параметр використовується сам факт запровадження такого підходу (для кожного окремого підприємства цей параметр може бути оцінений як 0 або 1), встановлений за результатами анкетування підприємств. Крім того, недоліком є включення до функції таких чинників, що слабо піддаються оцінці, а саме: ступінь структурованості управління і прийняття рішень на основі даних, а також використання чисельності персоналу як показника трудових ресурсів.

У публікації [83] приділено увагу впливу цифрової трансформації (цифрових технологій, інтернету) на ринок праці та її продуктивність. Відзначено, що деякі передбачувані вигоди цифрових технологій зводяться нанівещь виникаючими ризиками. Багато розвинутих країн стикаються з наростаючою поляризацією ринків праці та збільшенням нерівності, тому що нові технології доповнюють більш кваліфіковану працю і в той же час заміщують стандартні трудові операції, змушуючи багатьох працівників конкурувати один з одним за низькооплачувані робочі місця.

Безпосередньо у сфері цифрових технологій створюється досить "скромна" кількість робочих місць, проте кількість робочих місць, створенню яких ці технології сприяють, може бути чималою. Так, у Кенії система цифрових платежів M-Pesa забезпечує додатковий дохід більш ніж 80 тис. її агентів. А за даними Китайського державного інформаційного центру, недавнє стрімке зростання в секторі електронної торгівлі в країні привело до створення 10 млн робочих місць в онлайн-магазинах і суміжних службах, що становить близько 1,3% всіх робочих місць у країні.

Виникає питання: якщо цифрові технології сприяють економічному зростанню, то як розподіляються ці вигоди на ринку праці?

Уже очевидно, що цифрові технології підвищують продуктивність і збільшують загальний добробут, проте потрясіння на ринку праці можуть спричинити посилення нерівності. Одним із підтверджень цьому є той факт, що частка праці в національному доході, перш за все праці, яка передбачає виконання рутинних операцій, у багатьох країнах, що розвиваються, різко знизилася. Частка робочих місць, що потребують навичок як висококваліфікованої, так і низькокваліфікованої праці, зростає. Частка ж робочих місць, для яких потрібен середній рівень кваліфікації, навпаки, скорочується в більшості країн, що розвиваються.

Навіть якщо істотних змін структури зайнятості не відбувається, змінюється характер робочих місць, потребуючи навичок, з якими технології поки не в силах змагатися, – сучасних когнітивних і соціально-емоційних. Відповідні заходи політики (крім перегляду систем соціального захисту) полягають у підвищенні якості та актуальності освіти і професійної підготовки, а це саме ті сфери, реформування яких може принести плоди лише через багато років.

Таким чином, ще одним напрямом використання економіко-математичного моделювання смарт-підприємств є врахування впливу цифрових технологій на ринок праці, структуру зайнятості та продуктивність праці.

У цілому характер публікацій, присвячених моделюванню смарт-промисловості та процесів її впровадження, є несистемним, уривчастим і незавершеним. Це наслідок того, що даний науковий напрям ще дуже "молодий", усталені концепції впровадження смарт-промисловості та її моделювання відсутні, а існуючі приклади практичної реалізації смарт-підприємств базуються більшою мірою на евристичних методах, ніж на точних математичних обґрунтуваннях.

Більшість публікацій, присвячених становленню смарт-індустрії, або мають описово-ознайомчий характер, або в них розглядається цей процес з інженерної точки зору, яка охоплює переважно техніко-технологічний та інформаційний напрями. Математичні моделі, які в них згадуються (але не наводяться у явному вигляді), є суто прикладними і вирішують технічні завдання. Публікації ж, у яких зачіпаються економічні аспекти Індустрії 4.0, взагалі є нечисленними. При цьому якщо і зустрічається математичне обґрунтування певних висновків, то мають вони, як правило, емпіричний

дескриптивний характер, заснований на існуючих спостереженнях, а методична різноманітність економіко-математичних моделей у кращому випадку охоплює кореляційно-регресійний аналіз.

Слід зауважити, що умови для смарт-індустріалізації в Україні істотно відрізняються від таких у країнах Заходу. Це не тільки технологічне відставання [80], але і слабкість державних інститутів, незахищеність капіталу й інвестицій, непередбачуваність державної політики (у сферах податків, фінансів, торгівлі, міжнародних відносин), фактична відсутність державної фінансової підтримки, корупція у всіх сферах діяльності потенційних стейкхолдерів.

Стрімкий розвиток інформаційних технологій зумовлює все більшу взаємозалежність соціально-економічного потенціалу держав і такого загальноприйнятого у світовій спільноті показника, як рейтинг розвитку ІКТ. Даний факт підтверджується на прикладі всіх розвинутих країн (Сінгапур, Фінляндія, США, Японія, Ізраїль) і деяких країн, що розвиваються, де пріоритетний розвиток ІКТ дозволив забезпечити їх стабільне економічне зростання. Україна в цьому рейтингу є майже аутсайдером і посідає за даними Всесвітнього економічного форуму 71 місце з 143 [37]. У роботі [87] також підкреслюється зв'язок рейтингу ІКТ з індексом конкурентоспроможності економіки. Причому просторова вибірка по великій кількості країн свідчить про дуже тісну залежність глобальної конкурентоспроможності країни від індексу ІКТ. Україна в рейтингу глобальної конкурентоспроможності країн у 2013 р. втратила 11 позицій порівняно з 2012 р. і посіла 84 місце з 148, а в 2016 р. – взагалі 59 місце з 61, обігнавши тільки Монголію і Венесуелу [52].

Отже, за роки незалежності Україна не змогла скористатися позитивними чинниками суспільного розвитку, забезпечити скорочення розриву з розвинутими країнами у сфері інформатизації економіки і суспільства, не сформувала і не втілила в життя політику пріоритетного науково-технологічного прогресу. У зв'язку з цим можна констатувати відсутність послідовної державної політики, спрямованої на розвиток інформаційного суспільства та суспільства, побудованого на знаннях [3]. Спроби підвищення конкурентоспроможності в Україні зводяться здебільшого до застосування механізму "податкові пільги та преференції". Однак для подолання розриву, який склався з розвинутими країнами, цього недостатньо. Разом із преференціями компанії також потребують перш за все

прозорих і довгих правил гри, зниження адміністративного тиску і здешевлення фінансових ресурсів [87].

У даний час чи не єдиною конкурентною перевагою України все ще залишається людський капітал. Основою для такої переваги стала дешевизна робочої сили, українська академічна школа, яка дає теоретичну базу, а також здібності людей. Проте, з урахуванням дослідження портрета IT-фахівця [109], слід відзначити наявність значної кількості респондентів, які бажають виїхати за кордон на постійне місце проживання. Якщо кардинально не змінити ситуацію, то проблема відпливу фахівців тільки посилюватиметься.

Таким чином, особливості функціонування економіки України, специфіка та рівень розвитку її інститутів унеможливають пряме "перекладання" західного досвіду здійснення смарт-індустриалізації і потребують більш ретельного наукового обґрунтування доцільності й економічної ефективності реалізації заходів щодо розвитку смарт-промисловості в Україні.

У результаті аналізу актуальних напрямів дослідження становлення смарт-промисловості на Заході та з урахуванням вищевикладених особливостей української економіки визначено такі перспективні напрями економіко-математичного моделювання смарт-підприємств.

1. У зв'язку з переходом до неоіндустріальної смарт-економіки передусім викликає інтерес еволюція макроекономічної виробничої функції. Використання цих методів економіко-математичного моделювання дозволяє теоретично обґрунтувати якісні зміни цієї функції внаслідок появи нових технологічних комбінацій класичних чинників виробництва і можливої появи нового чинника виробництва у вигляді інформатизації або штучного інтелекту.

Слід зауважити, що в рамках класичної маржиналістської теорії традиційно виокремлюють чотири чинники виробництва:

земля, або природні ресурси, – природний матеріальний чинник;

капітал – матеріальні ресурси, здатні приносити дохід;

праця – інтелектуальна і фізична діяльність, спрямована на виготовлення благ і надання послуг;

підприємницька діяльність – здатність найбільш ефективним чином поєднувати попередні три чинники.

Із певним ступенем спрощення виробничу функцію, яка описувала ці чинники, представлено класичною моделлю мультиплікативної функції Коба-Дугласа

$$y = a_0 K^{\alpha_1} L^{\alpha_2},$$

де K – включає і капітал, і природні ресурси, якщо останні мають значення;

a_0 – відображає підприємницьку діяльність як мультиплікатор дії інших чинників.

У різні періоди розвитку продуктивних сил значення кожного з чинників було різним, а також принципово відрізнялася можливість взаємозаміни одного чинника виробництва іншим. Цілком можливо, що використання економіко-математичного моделювання для побудови виробничих функцій, які є тими чи іншими модифікаціями функції Коба-Дугласа, дозволить обґрунтувати появу нового чинника виробництва (ймовірно, інформатизації або штучного інтелекту) [100], здатного замінити домінуючий наразі капітал.

Можна запропонувати кілька специфікацій виробничої функції підприємств з урахуванням дії цього нового чинника (I):

мультиплікативною функцією (аналог Коба-Дугласа)

$$y = \alpha_0 K^{\alpha_1} L^{\alpha_2} I^{\alpha_3},$$

де чинники виробництва представлені в натуральному вимірі; адитивно-мультиплікативною функцією

$$y = a_1 K + a_2 L + a_3 I + a_4 KL + a_5 KI + a_6 LI + a_7 KLI,$$

де чинники виробництва представлені у стандартизованому вигляді.

Другий варіант може виявитися більш інформативним для статичних моделей, оскільки здатен відобразити різні мультиплікативні ефекти від різних поєднань чинників. Якщо ж розглядати розвиток виробничої функції в динаміці, то більш інформативним може стати перший варіант, оскільки є підстави вважати, що параметр α_3 описується S -подібною кривою, яка залежить від часу, наприклад, кривою Гомперца або логістичною кривою

$$\alpha_3 = \frac{1}{1 + b e^{-at}}.$$

Вибір S -подібної кривої обумовлений обвальним характером процесів інформатизації та, можливо, розвитком штучного інтелекту, коли прирости залежать від досягнутого рівня і спочатку відбуваються з прискоренням розвитку, а потім у міру насичення – з уповільненням. Параметризація моделей і в першому, і в другому випадках можлива стандартними способами регресійного аналізу, а саме методом найменших квадратів.

Інші напрями використання економіко-математичного моделювання смарт-підприємств мають уже більш практичну спрямованість.

2. Варіації моделі Леонтєєва "Витрати-Випуск" і міжгалузевого балансу, за допомогою яких можна вирішувати, як мінімум, три завдання:

наскрізне планування й управління промисловістю на основі єдиного цифрового простору промисловості;

обґрунтування визначення підприємств, які потребують першочергової цифрової інтеграції, оцінки втрат від збереження "несмартизованих" учасників створення ланцюжків вартості тощо;

підвищення попиту в умовах упровадження цифрових бізнес-моделей і розширення цифрової взаємодії з клієнтами за рахунок скорочення транзакційних витрат.

На рис. 4.3 наведено загальну схему міжгалузевого балансу економіки.

При цьому важливими співвідношеннями, які становлять інтерес для даного дослідження, є:

рівність виробництва і розподілу продукції в матеріально-речовій формі

$$X_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} + \sum_{k=1}^k y_{ik}, \quad i = \overline{1, n};$$

вартісний склад валового продукту

$$X_j = \sum_{i=1}^n x_{ij} + \sum_{p=1}^p z_{pj}, \quad j = \overline{1, n};$$

баланс первинного розподілу національного доходу і споживання

$$\sum_i \sum_k y_{ik} = \sum_p \sum_j z_{pj};$$

власне модель Леонтєєва $X = (E - A)^{-1}Y$, де $A = (a_{ij})_{n \times n}$, технологічна матриця, елементи якої $a_{ij} = x_{ij}/X_j$ показують, скільки продукції

галузі i необхідно витратити на виробництво однієї одиниці продукції галузі j ; $Y_{n \times 1}$ – вектор-стовпець кінцевої продукції.

Галузі виробництва	Галузі споживання (j)				Σ	Структура кінцевого продукту (k)	Σ	Валовий продукт			
	1 ... j ... n										
	1 ... K										
1	x_{11}	\dots	x_{1j}	\dots	x_{1n}	$\sum_j x_{1j}$	y_{11}	\dots	y_{1K}	$\sum_k y_{1k}$	X_1
...
i	x_{i1}	\dots	x_{ij}	\dots	x_{in}	$\sum_j x_{ij}$	y_{i1}	\dots	y_{iK}	$\sum_k y_{ik}$	X_i
...
n	x_{n1}	\dots	x_{nj}	\dots	x_{nn}	$\sum_j x_{nj}$	y_{n1}	\dots	y_{nK}	$\sum_k y_{nk}$	X_n
Σ	$\sum_i x_{i1}$	$\sum_i x_{ij}$	\dots	$\sum_i x_{in}$	$\sum_i \sum_j x_{ij}$	$\sum_i y_{i1}$	\dots	$\sum_i y_{iK}$	$\sum_i \sum_k y_{ik}$	$\sum_i X_i$	
Національний дохід (p)	z_{11}	\dots	z_{1j}	\dots	z_{1n}	$\sum_j z_{1j}$	u_{11}	\dots	u_{1K}	$\sum_k u_{1k}$	
	
	z_{p1}	\dots	z_{pj}	\dots	z_{pn}	$\sum_j z_{pj}$	u_{p1}	\dots	u_{pK}	$\sum_k u_{pk}$	
Σ	$\sum_p z_{p1}$	\dots	$\sum_p z_{pj}$	\dots	$\sum_p z_{pn}$	$\sum_p \sum_j z_{pj}$	$\sum_p u_{p1}$	\dots	$\sum_p u_{pK}$	$\sum_p \sum_k u_{pk}$	
	X_1	\dots	X_j	\dots	X_n	$\sum_j X_j$					

Рис. 4.3. Загальний вид міжгалузевого балансу

Як коефіцієнти технологічної матриці можна використовувати не тільки натуральне вимірювання витрат, але і грошове. У грошовому вираженні коефіцієнта витрат можна виокремити певні вартісні компоненти, наприклад: витрати праці (l_{ij}), витрати на транспортування (tr_{ij}), транзакційні витрати, пов'язані з проміжним і кінцевим споживанням продукції (z_{ij}). Таким самим чином можна розглядати чинник часу (t_{ij}), як елемент витрат, пов'язаний з організацією ланцюжка створення вартості. Це відкриває цілий пласт уже

оптимізаційних задач, що дозволяють визначити взаємопов'язані галузі та споживачів, які найбільшою мірою потребують інтеграції на підставі єдиного цифрового простору промисловості.

Розглянемо один із варіантів загальної математичної постановки таких задач. Припустимо, що витрати z_{ij} матриці витрат міжгалузевого балансу можна зменшити за рахунок використання "розумних" кіберфізичних технологій (смартизації виробництва) у галузях i та j : $z'_{ij} = z_{ij} (1 - S_i S_j)$, де S_i, S_j – рівень смартизації підприємств, що вимірюється величиною в діапазоні $(0; 1)$. Причому слід зауважити: якщо одна із взаємодіючих сторін не є смарт-підприємством, то ефект скорочення витрат не спостерігатиметься.

Сам же рівень смартизації підприємств є деякою S -подібною функцією від інвестиційних витрат K , пов'язаних із перетворенням традиційного підприємства на смарт-підприємство

$$S_i = \frac{1}{1 + b_i e^{-m_i K_i}}, \quad S_j = \frac{1}{1 + b_j e^{-m_j K_j}}.$$

Є підстави припустити, що в рамках однієї галузі зв'язок інвестиційних витрат із рівнем смартизації описується однією і тією самою функцією (параметр b є однаковим) і відрізняється лише параметром масштабу виробництва (m_i, m_j), оскільки очевидно: чим більшим є підприємство, тим більше "розумного" обладнання необхідно впровадити, щоб досягти того самого рівня смартизації виробництва.

Тоді задача щодо зменшення витрат виробництва за рахунок упровадження смарт-індустріалізації в рамках обмежених інвестиційних ресурсів виглядатиме таким чином:

$$\begin{aligned} \sum_i X_i \sum_j z'_{ij} &\Rightarrow \min ; \\ X &= (E - A)^{-1} Y ; \\ z'_{ij} &= z_{ij} \left(1 - \frac{1}{1 + b_i e^{-m_i K_i}} \times \frac{1}{1 + b_j e^{-m_j K_j}} \right) ; \\ \sum_{\forall i} K_i &\leq K_{\text{lim}} . \end{aligned}$$

Роботи зі створення цифрових B2B-майданчиків уже ведуться не тільки в країнах Заходу, але і в емерджентних економіках. Взаємодія смарт-підприємств у рамках таких цифрових майданчиків суттєво скорочує транзакційні витрати, створює умови для розвитку системи наскрізного планування й управління у промисловості, вивільняє у вартості продукції ресурси, які збільшують національний дохід (квадрант 2), а отже, обсяг кінцевого споживання, що теж може бути оцінений балансовими моделями.

3. Варіації мережевих моделей, транспортної задачі, задачі про призначення тощо. Побудова мережевого графа взаємодій споживачів, виробників та інших контрагентів, наприклад у якійсь конкретній галузі, дозволить вирішити такі проблеми:

обґрунтування мережевих ефектів при створенні смарт-підприємств у даній галузі й оцінки мінімально необхідного рівня цифровізації мережі, при якому витрати від подальшого впровадження "розумних" технологій компенсуватимуться зростанням ефективності мережі загалом;

у рамках обмежень на обсяг доступних інвестиційних ресурсів визначення підприємств, які потребують першочергової цифровізації своїх виробництв, щоб шлях проходження замовлення від заявки до його отримання супроводжувався мінімальними витратами;

оптимізація руху товарів (від їх проектування до споживання кінцевими клієнтами) в умовах інтернету речей і "розумної" інфраструктури.

Стандартна цільова функція в таких задачах полягає в мінімізації витрат при русі з початкової до кінцевої вершини:

$$Z = \sum_i \sum_j c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min, \text{ де } x_{ij} - \text{обсяг вантажу, який переміщується з}$$

i -ї вершини в j -ту; c_{ij} – витрати на це переміщення (для різних дуг можуть бути як постійними, так і залежати від обсягу переміщуваного вантажу).

Стандартні обмеження: усі споживачі мають бути задоволені, сумарне виробництво дорівнює сумарному споживанню. Очевидним розширенням цієї задачі є визначення ефективного шляху в умовах можливості смартизації окремих підприємств, що входять у дану мережу. Тоді додаються обмеження

$$c'_{ij} = c_{ij} \left(1 - \frac{1}{1 + b_i e^{-m_i K_i}} \cdot \frac{1}{1 + b_j e^{-m_j K_j}} \right);$$

$$\sum_{\forall i} K_i \leq K_{\text{lim}}.$$

Цифровізація та інтернет речей здатні зменшувати практично до нуля вартість руху через деякі проміжні вершини, пов'язані з транзакційними й організаційними витратами. Крім того, вони розширюють для споживача доступну для аналізу кількість вершин, збільшуючи розмірність графа, а отже, роблячи вибір більш обґрунтованим й ефективним. Чим більше цифровізація мережі, тим більше вершин стають доступнішими для розгляду споживачем і тим простіше виявити більш ефективне рішення.

4. Оцінка соціальних ефектів, пов'язаних із наслідками впливу цифровізації економіки на зайнятість населення. Заміна кіберфізичними системами людської праці несе ризики масового вивільнення працівників із сфери виробництва – сфери первинного розподілу доходів. У цьому випадку ефекти від скорочення транзакційних витрат в умовах інтернету речей можуть виявитися меншими, ніж негативні ефекти від зниження платоспроможного попиту, пов'язаного зі скороченням первинних доходів населення, зайнятого у сфері виробництва.

Інструментарієм для оцінки подібних ефектів може стати стохастичне моделювання, зокрема кореляційно-регресійні моделі для оцінки стохастичних залежностей, а також імітаційні моделі для оцінки наслідків тих чи інших сценаріїв здійснення смарт-індустріалізації для зайнятості, доходів населення й економіки загалом.

У рамках даного напрямку дослідження потребують оцінки, специфікації та параметризації такі залежності:

витрати праці (L_i) в галузі i залежно від ступеня смартизації цієї галузі (S_i) (оцінка вивільнення фахівців) $L_i = f_i(S_i, \varepsilon), \forall i$;

потреби у праці (L) залежно від ступеня смартизації різних галузей певного регіону (оцінка появи нових вакансій) $L = f(S_1, S_2, \dots, S_i, \dots, \varepsilon)$;

обсяги виробництва (Q) в регіоні залежно від ступеня смартизації різних галузей цього регіону (оцінка змін) $Q = f(S_1, S_2, \dots, S_i, \dots, \varepsilon)$;

оподатковувані доходи населення залежно від зростання обсягів виробництва і змін у витратах праці (оцінка змін) $P = f(Q, L, \sum_i L_i, \dots, \varepsilon)$;

відрахування з доходів населення (оцінка змін у відповідних фондах j); $N_j = f_j(P), \forall j$;

обсяги споживання домогосподарств залежно від доходів населення (оцінка змін) $D = f(P, \varepsilon)$;

навантаження на соціальні фонди залежно від кількості населення (N) і рівня його зайнятості $V = f(N, L, \sum_i L_i, \dots, \varepsilon)$.

Усі наведені залежності можна об'єднати в єдину імітаційну модель, аналіз якої уможливить оцінку збалансованості розвитку смарт-економіки, як мінімум, за двома контурами: баланс доходів населення і витрат на розширене споживання; баланс надходжень до бюджетів, соціальних фондів і потреб у витрачанні коштів із них.

Таким чином, використання запропонованого апарату економіко-математичного моделювання при розробці програм смарт-індустріалізації економіки України і стратегій розвитку смарт-підприємств сприятиме підвищенню ступеня їх наукового обґрунтування.

4.2. Макроекономічні моделі смарт-промисловості

Промислова революція 4.0, яка відкриває принципово нові можливості організації виробництва з використанням кіберфізичних систем, великих даних, штучного інтелекту, тотальної автоматизації тощо, приводить до необхідності перегляду впливу традиційних чинників виробництва на додану вартість. Виробництво потребує все меншої кількості людської праці, яка заміщується кіберфізичними системами. При цьому в капіталі істотно зростає частка нематеріального капіталу, пов'язаного з володінням інформацією та технологіями її обробки. Даний вид капіталу настільки відрізняється від традиційного за динамікою своєї зміни і впливу на виробництво, що доцільним є розгляд його як окремого чинника виробництва, значення якого в інформаційну епоху тільки зростатиме.

Усе це обумовлює доцільність кількісного визначення такого інформаційного чинника й обґрунтування його місця у виробничих функціях нового технологічного укладу.

Традиційними чинниками виробництва, що використовуються у класичних виробничих функціях, виступають праця, земля та капітал [68]. Причому саме праця та капітал є керованими чинниками, тобто становлять інтерес для дослідників. Той факт, що одна й та сама кількість праці та капіталу для різних виробництв і різних часових періодів дає різний обсяг виробництва, спричинив викремлення ще двох, подекуди штучних, чинників виробництва: підприємницької здатності як вміння правильно скомбінувати інші чинники і науково-технічного прогресу як певної функції від інших зростаючих чинників (наприклад, інвестицій, але частіше просто натурального ряду – шкали часу). Їх можна вважати штучними, тому що вони не мають у своїй основі чітких вимірюваних у грошових одиницях економічних характеристик, якими можна було б управляти або хоча б відстежувати і вивчати.

Починаючи з моделі Солоу [50], який включив технічний прогрес як чинник економічного зростання в модель виробничої функції Коба-Дугласа, згодом було опубліковано багато робіт, присвячених моделюванню економічного зростання та впливу на нього науково-технічного прогресу (НТП) [2; 32; 34; 45; 63; 105; 119]. Однак більшість із них по суті розглядають НТП як різницю між величиною зростання обсягу виробництва і величиною зростання праці та капіталу, тобто як міру незнання причин економічного зростання ("залишок Солоу"). При цьому оскільки в інформаційну епоху переходу до четвертої промислової революції НТП має дуже сильно корелювати з інформаційною забезпеченістю і розвиненістю інформаційних технологій, можливо оцінити його явно, через економічні категорії. Тому на даному етапі доцільно здійснити спробу врахувати НТП ("чинник цифровізації") у виробництві саме в період становлення нового виробничого укладу, пов'язаного з інформаційною революцією та розвитком кіберфізичних систем.

Дуже важливим аспектом є вибір об'єкта моделювання, у даному випадку – країни, на прикладі якої моделюватиметься вплив чинника цифровізації. Очевидно, що це має бути розвинута країна, в якій: процеси цифровізації економіки тривають уже досить давно; ведеться повний і різнобічний статистичний облік; на державному

рівні проголошені та реалізуються програми розвитку смарт-промисловості. Після розробки моделей та підтвердження їх необхідних властивостей можна буде застосовувати їх і для інших країн, які ще не досягли істотного прогресу на шляху впровадження смарт-промисловості, зокрема для України.

Перспективною країною для дослідження виступає Німеччина, у якій у 2011 р. на офіційному рівні було проголошено четверту промислову революцію (Industrie 4.0), спрямовану на смартизацію виробництв [11; 24]. Оскільки йдеться про цифровізацію промисловості, об'єктом дослідження обрано переробну промисловість Німеччини, адже саме у переробній промисловості цифровізація дає безпосередній ефект на виробництво та виключається вплив забезпеченості країни природними ресурсами (що є більш вагомим чинником для добувної промисловості). У класичних роботах [12; 19; 50] зазначено, що основними чинниками виробництва в переробній промисловості є праця та капітал.

Ідентифікація кореляційно-регресійних залежностей у рядах динаміки потребує великої обережності, оскільки в таких рядах часто спостерігається мультиколінеарність насправді абсолютно незалежних один від одного чинників, що викликано дією третього загального неврахованого чинника [60; 120]. Така сама помилка відбувається, якщо розглядати ряди динаміки з економічними чинниками в поточних цінах [64; 69; 86]. Наявність навіть невеликої інфляції (3-4%), яка впливає на зростання цін по всій економіці, на видовженому періоді часу в 15-20 років за рахунок ефекту геометричної прогресії дає крутий висхідний тренд із різницею між початковими і кінцевими спостереженнями в рази. Це призводить до кореляції практично всіх грошових індикаторів. Тому показники, які мають вартісне вимірювання, мають бути виражені у порівнянних цінах.

Методичною складністю є те, що статистичні дані в порівнянних цінах отримати набагато складніше, ніж у поточних [64; 116]; вони представлені по набагато меншій кількості показників. Інколи може здатися можливим використання одного з показників у поточних цінах, якщо інший представлений у порівнянних, – тоді не буде кореляції, викликаній загальним інфляційним трендом. Однак таке припущення є некоректним, тому що інфляційний тренд навіть одного з показників істотно викривляє можливі причинно-наслід-

кові зв'язки. На рис. 4.4 наведено динаміку доданої вартості (ДВ) у переробній промисловості (ПП) Німеччини у цінах 2010 р. і вартості основних фондів (ОФ) у переробній промисловості Німеччини в поточних і порівнянних цінах.

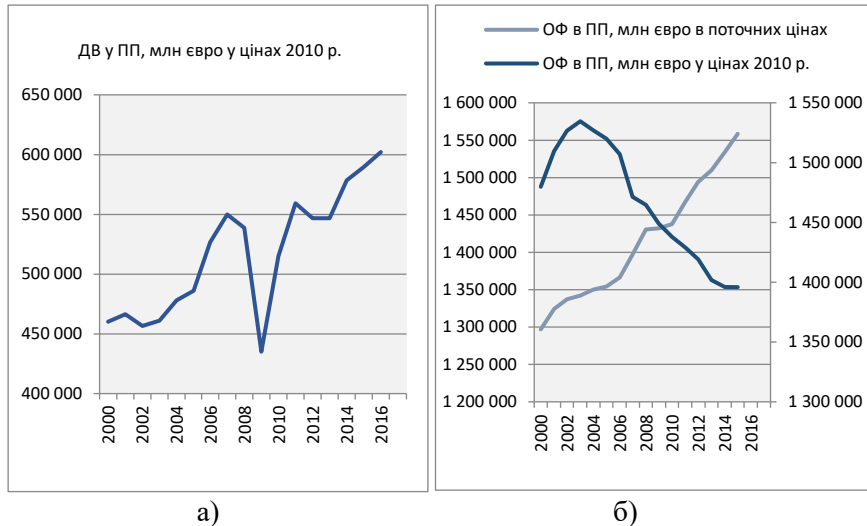


Рис. 4.4. Динаміка економічних показників Німеччини: а) доданої вартості у переробній промисловості в цінах 2010 р.; б) основних фондів у переробній промисловості в поточних цінах і цінах 2010 р. [41; 43]

Отже, основні фонди у поточних цінах набагато точніше описують поведінку доданої вартості, оскільки і там, і там спостерігається явний висхідний тренд, і залежність доданої вартості від основних фондів у поточних цінах статистично буде набагато більш достовірною, ніж у порівнянних. Більше того, через те що основні фонди в порівнянних цінах мають явно спадний тренд, статистично вони матимуть негативний вплив на поведінку доданої вартості. Це, безсумнівно, є нонсенсом. Тому з аналітичної точки зору очевидно, що основні фонди необхідно використовувати саме в порівнянних цінах.

Обґрунтування вибору показників оцінки витрат праці

Простим, очевидним і доступним показником, що відображає витрати праці в переробній промисловості, є фонд заробітної плати. Виходячи з попередніх аргументів, відразу виникає питання про виключення інфляційного тренду, який призводить до номінального зростання заробітної плати, що не завжди просто зробити в рамках певної галузі. Однак навіть якщо вдасться отримати індекси реального зростання заробітної плати по переробній промисловості, виникає проблема зіставлення витрат праці для різних економік. Відомо, що вартість праці в різних країнах відрізняється і залежить як від паритету купівельної спроможності різних валют, так і від загального "багатства" країни [59]. Тому одна й та сама фізична кількість праці може відрізнитися у вартісному вираженні для різних економік у рази. У підсумку це потенційно закладає для майбутніх моделей виробничої функції неможливість поширення одержаних для Німеччини висновків на інші країни.

Працю доцільно оцінювати в натуральних одиницях, які за необхідності можна легко перевести у вартісні. Із доступних показників найбільш простими й очевидними є чисельність зайнятих у переробній промисловості та кількість відпрацьованих годин. На рис. 4.5 наведено динаміку доданої вартості в переробній промисловості Німеччини у порівнянних цінах 2010 р., а також чисельність зайнятих і кількість відпрацьованих годин у переробній промисловості Німеччини.

Криза 2008-2009 рр. дала багатий матеріал для ідентифікації причинно-наслідкових залежностей, коли такі коливання є суттєвими і не губляться серед статистичних похибок і впливів інших неврахованих чинників [15]. Так, при схожості графіків на частині б) рис. 4.5 помітно, що в 2008-2011 рр. фази коливань доданої вартості та кількості відпрацьованих годин повністю збігаються, а обидва показники досягають мінімуму в 2009 р. А чисельність зайнятих повторює цю саму динаміку вже на відрізку у 2009-2012 рр., тобто з лагом в 1 рік, досягаючи свого мінімуму в 2010 р. Це можна пояснити тим, що різке падіння попиту в 2009 р. призвело до "обвалу" виробленої доданої вартості та, як наслідок, зменшення кількості фактично відпрацьованих годин. Звільнення та скорочення персо-

налу відбувалося не відразу, а лише після певного періоду усвідомлення глибини падіння та пошуку нової рівноважної точки відповідності кількості праці та обсягу випуску, що зменшився [35].

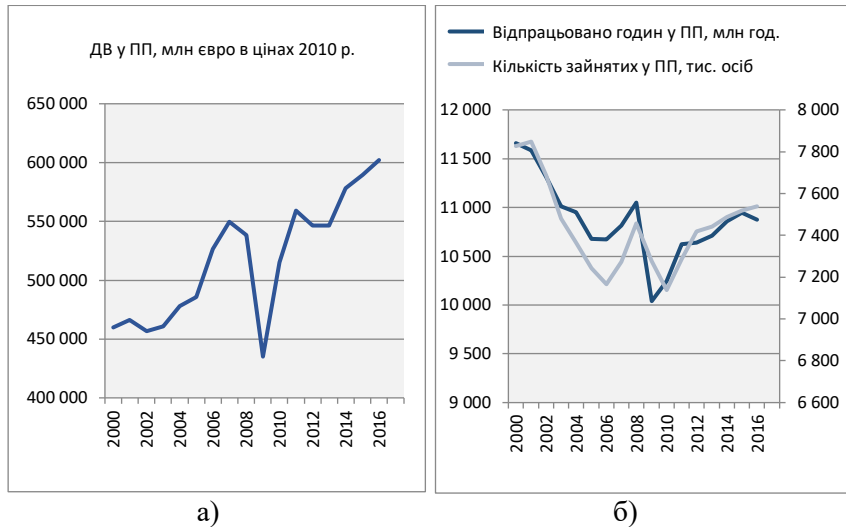


Рис. 4.5. Динаміка економічних показників Німеччини: а) доданої вартості у переробній промисловості в цінах 2010 р.; б) чисельності зайнятих і кількості відпрацьованих годин у переробній промисловості Німеччини [42; 43]

Таким чином, кількість відпрацьованих годин є більш інформативним показником зв'язку витрат праці та виробленої продукції, оскільки більш гнучко реагує на зменшення або збільшення обсягів виробництва.

Обґрунтування вибору показників оцінки витрат капіталу

Оцінка впливу капіталу на додану вартість у переробній промисловості з використанням показника вартості основних фондів (нехай навіть у порівнянних цінах) є дуже поверхневим рішенням для побудови виробничої функції. Справа в тому, що основні фонди в цілому дозволяють варіювати випуск продукції в досить широ-

кому діапазоні. Основні фонди в частині будівель і споруд взагалі не проявляють гнучкості у зв'язку зі зміною обсягів виробництва: вони перебувають на балансі підприємств десятиліттями і реагують на зміну попиту з великим лагом, що вимірюється роками. У деяких дослідженнях, наприклад [116], ця проблема вирішується введенням коефіцієнта використання основних фондів, на який коригується вартість основних фондів, що бере участь в оцінці впливу на ендогенну змінну у виробничих функціях. Проте такий коефіцієнт статистичні служби не розраховують, і одержати його можливо лише на підставі відомого обсягу випуску продукції порівняно з потенційно можливим. Однак ані європейська, ані українська державна статистика не публікують даних про максимально можливі обсяги виробництва, за якими можна було б розрахувати цей коефіцієнт.

Не ідеальним, але все ж певним виходом із даної ситуації є використання як показника капіталу тільки частини основних фондів у вигляді машин і устаткування, з виключенням усього іншого. Незважаючи на те що одна й та сама кількість машин і обладнання також дозволяє варіювати випуск у досить широкому діапазоні, можна припускати, що підприємства схильні оптимізувати витрати на цю частину основних фондів і не будуть тримати систематично невикористане обладнання, і навпаки, довгий час використовувати наявне обладнання в режимі екстремального завантаження. Тобто припущення про те, що витрати капіталу на машини й обладнання більш гнучко реагують на потреби у випуску продукції, є розумним, і саме цей показник пропонується використовувати для оцінки витрат капіталу у виробничій функції.

Такі висновки підтверджує динаміка вартості основних фондів загалом і вартості машин та обладнання у переробній промисловості в цінах 2010 р. (рис. 4.6).

Отже, в кризові та посткризові 2008-2012 рр. динаміка вартості основних фондів загалом ніяк не реагує на значні зміни доданої вартості, демонструючи стабільне зниження. Навпаки, динаміка вартості машин та обладнання демонструє велику гнучкість і в цілому повторює піки коливання доданої вартості. Однак можна помітити, що є певний лаг приблизно в один рік, і падіння витрат на машини та обладнання тривало також у 2010 р., хоча за доданою вартістю в 2010 р. вже почалося зростання.

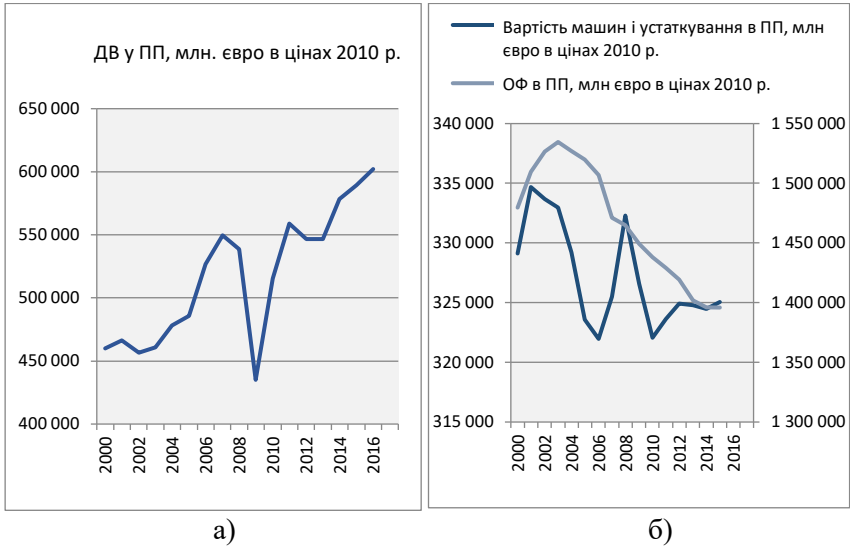


Рис. 4.6. Динаміка економічних показників Німеччини: а) доданої вартості у переробній промисловості в цінах 2010 р. б) вартості основних фондів загалом і вартості машин й устаткування у переробній промисловості в цінах 2010 р. [41; 43]

Обґрунтування вибору показників оцінки витрат на інформацію, інформатизацію, автоматизацію, цифровізацію, штучний інтелект

Третій чинник виробництва, пов'язаний зі створенням смарт-індустрії, має відображати різні аспекти використання інформаційних технологій у виробництві. Так, наприклад, цифрове обладнання вже кілька десятиліть використовується у виробництві, а поява у виробництві систем управління із штучним інтелектом тільки очікується в найближчому майбутньому. Тому до вибору одного універсального показника, що відображає внесок у процес виробництва такого "інформаційного" чинника, слід підходити дуже обережно.

По-перше, бажано, щоб цей показник був не експертним, а статистичним, тобто вимірювався за певною незмінною методикою протягом багатьох років.

По-друге, цей показник не повинен бути синтетичним, тобто включати кілька інших показників, що відображають внесок різних аспектів інформатизації. Інакше виникає питання про те, чому ці показники треба брати саме з такими вагами. І, можливо, ці ваги стають з часом неактуальними, оскільки значимість одного аспекту може збільшитися відносно іншого.

По-третє, оскільки йдеться про чинник виробництва, даний показник має відображати певні витрати підприємства на використання цього чинника. І якщо він навіть не вимірюється в грошах, то має бути відносно легко в них переведений (як праця в людино-годинах). Через це абсолютно непридатними є відносні показники, такі як відсоток співробітників, які регулярно використовують комп'ютер для роботи в переробній промисловості, або відсоток співробітників, які використовують комп'ютер із доступом в інтернет у переробній промисловості (ці показники враховуються в Німеччині з 2005 р.).

Деякі з доступних показників, незважаючи на те що вони непогано характеризують певні аспекти смарт-індустрії, також виявляються непридатними. Серед них відсоток компаній, які здійснювали аналіз великих даних, і відсоток компаній, які купували послуги хмарних обчислень. Вони не лише не відповідають попередньому критерію, але і не мають достатньої кількості спостережень (ці показники почали вимірюватися в Німеччині тільки в 2016 р.).

Витрати на комп'ютерну техніку, засоби комунікації та подібне "залізо" також не дуже підходять для відображення чинника інформатизації. Справа в тому, що постійне вдосконалення комп'ютерної техніки і взагалі цифрового обладнання приводить до здешевлення вартості "інформаційного ресурсу". Тобто за одні й ті самі гроші зараз можна отримати набагато більше можливостей від цифрових технологій, ніж у попередніх періодах (і чим більш віддаленим є цей попередній період, тим більше відмінність в інформаційній забезпеченості при одних і тих самих витратах у порівнянних цінах). У зв'язку з цим може не спостерігатися значного збільшення витрат на цифрове обладнання при тому, що чинник інформатизації з кожним роком суттєво зростає [54; 107].

Якщо ж припустити, що з використанням комп'ютерної техніки та цифрового обладнання при розвитку інформаційних технологій (застосування великих даних, хмарних обчислень, штучного

інтелекту) можна вирішувати все нові завдання – а саме це і є критерієм зростання інформатизації – то, очевидно, мають зростати і витрати на розробку програмного забезпечення, що дозволяє ці нові завдання вирішувати. Однакові комп'ютери можна використовувати з різною ефективністю: як калькулятор чи друкарську машинку, як систему автоматизованого управління складним виробництвом або інженерну лабораторію з моделювання кіберфізичних систем. Вартість "заліза" при цьому буде однаковою, а ось вартість відповідного програмного забезпечення може відрізнятись суттєво.

Таким чином, найкращим показником для оцінки інформаційного чинника виробництва з тих, що пропонує статистика Німеччини, є вартість комп'ютерного програмного забезпечення і баз даних у переробній промисловості.

Аналіз впливу на додану вартість традиційних чинників виробництва

Вище обґрунтовано, що як ендогенну змінну слід використовувати додану вартість у переробній промисловості Німеччини в цінах 2010 р. (Y), а як екзогенні (чинники виробництва):

для праці – кількість відпрацьованих годин у переробній промисловості (L);

для капіталу – вартість машин і устаткування в переробній промисловості в цінах 2010 р. (K).

Значення показників наведено в табл. 4.1.

Як свідчать дані рис. 4.4-4.6, за обома чинниками виробництва спостерігається явний спадний тренд при тому, що ендогенна змінна має тренд висхідний. Будь-яка економетрична модель, побудована за цими двома чинниками виробництва, покаже, що між ендогенною змінною і, як мінімум, одним із чинників виробництва буде зворотний зв'язок. Тобто зі зростанням доданої вартості кількість праці або капіталу (або того й іншого) має зменшуватися. Однак зворотний вплив чинника виробництва на випуск продукції є нонсенсом. Це може означати лише одне: на випуск продукції діє ще мінімум один дуже значимий чинник, який має яскраво виражену зростаючу динаміку, здатну навіть компенсувати падіння випуску від зворотного впливу основних чинників виробництва. Подальший аналіз впливу праці та капіталу на випуск продукції є недоцільним без урахування цього третього чинника.

Таблиця 4.1.

Вхідні дані для аналізу та моделювання

Рік	Додана вартість у ПП, млн євро в цінах 2010 р. (Y)	Кількість відпрацьованих годин у ПП, млн год. (L)	Вартість машин і обладнання в ПП, млн. євро в цінах 2010 р. (K)	Вартість комп'ютерного програмного забезпечення і баз даних у ПП, млн євро в цінах 2010 р. (J)
2000	460102,79	11659	329117,46	15936
2001	466336,41	11583	334680,09	17638
2002	456651,12	11312	333669,51	19192
2003	460978,59	11013	332983,57	20618
2004	478185,44	10953	329205,39	21826
2005	485861,54	10676	323578,00	22937
2006	526714,92	10672	321963,53	24073
2007	549743,24	10813	325513,94	25288
2008	538512,43	11051	332300,65	26532
2009	435065,29	10040	326551,31	27499
2010	515175,00	10246	322073,00	28246
2011	559067,91	10623	323617,62	28890
2012	546600,68	10637	324941,82	29516
2013	546652,19	10711	324780,22	30113
2014	578386,97	10860	324487,63	30763
2015	589514,75	10945	325066,33	31443

Як відзначено вище, найкращим змістовним показником для оцінки інформаційного чинника виробництва є вартість комп'ютерного програмного забезпечення і баз даних у переробній промисловості (J).

На рис. 4.7 відображено залежність доданої вартості від запропонованого інформаційного чинника. Коефіцієнт кореляції становить 0,77, що свідчить про сильний зв'язок. Однак очевидною є аномальна точка, яка значною мірою впливає на оцінку тісноти зв'язку. Ця точка відповідає 2009 р.

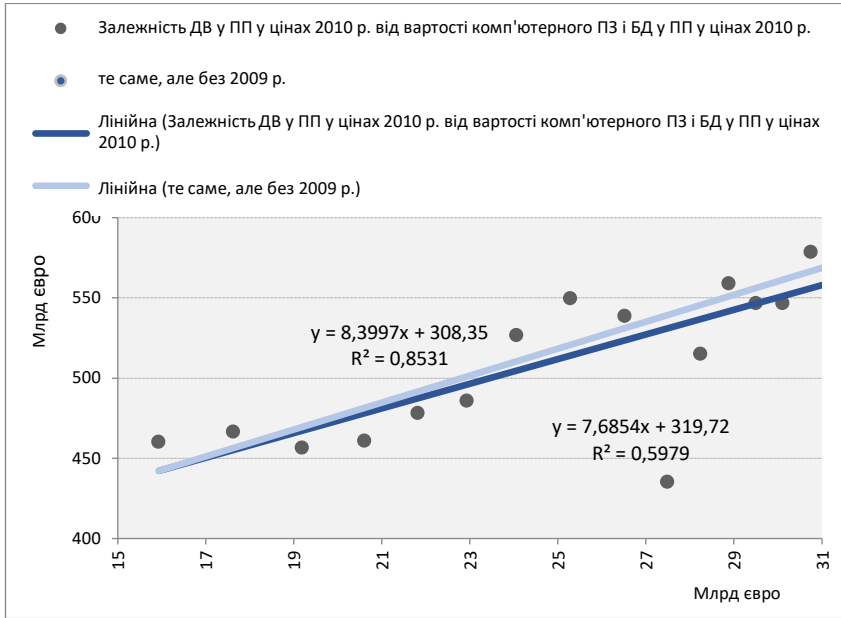


Рис. 4.7. Статистичний зв'язок доданої вартості в переробній промисловості в цінах 2010 р. і вартості комп'ютерного програмного забезпечення (ПЗ) та баз даних (БД) у переробній промисловості в цінах 2010 р.

Статистична теорія дозволяє виключати подібні аномальні точки з дослідження, так звані "викиди", якщо вони не пов'язані з досліджуваною тенденцією, а є результатом одиначної дії деяких неврахованих чинників [60; 69; 116]. Таким чинником є криза 2008-2009 рр., її вплив істотно більше досліджуваної залежності. Якщо виключити точку 2009 р., то зв'язок між доданою вартістю та вартістю комп'ютерного програмного забезпечення і баз даних виявиться істотно більш вираженим. Коефіцієнт кореляції складе 0,92, що вказує на дуже тісний статистичний зв'язок між цими чинниками.

Отже, маємо аналітичне обґрунтування і статистичну специфікацію всіх чинників, які (поки що теоретично) здатні описати виробничу функцію переробної промисловості в умовах технологічного укладу, сформованого четвертою промисловою революцією.

Будувати адитивні виробничі функції за визначеними чинниками недоцільно, оскільки вони показуватимуть зворотну залежність між працею/капіталом і доданою вартістю. Пряма залежність між цими чинниками і доданою вартістю, яка б не суперечила економічному змісту виробничої функції, може проявитися тільки в результаті мультиплікативного ефекту від зв'язку цих чинників зі зростаючим чинником інформатизації. У зв'язку з цим побудовано трифакторну мультиплікативну функцію

$$\tilde{Y} = a_0 L^\alpha K^\beta J^\gamma. \quad (4.1)$$

Це аналог функції Коба-Дугласа для трифакторного випадку, де \tilde{Y} – модельні значення доданої вартості в переробній промисловості; L, K, J – витрати чинників праці, капіталу та інформатизації відповідно.

Для знаходження параметрів моделі слід зменшити розмірність чинників у 1000 разів, поділивши всі значення спостережень на 1000, тобто привівши одиниці виміру до мільярдів, після чого лінеаризувати модель, прологарифмувавши обидві частини рівності. Прямий розв'язок лінеаризованої задачі (4.1) за методом найменших квадратів (МНК) [70; 79] дає такий результат: $\ln a_0 = 19,37$, $\alpha = 2,34$, $\beta = -3,52$, $\gamma = 0,51$. Усі одержані коефіцієнти є статистично достовірними з надійністю не менше 95%, але цей результат не можна вважати прийнятним, оскільки капітал зворотно впливає на додану вартість, а значення параметрів більше одиниці погано піддаються економічній інтерпретації.

Повертаючись до рис. 4.6 і беручи до уваги, що зв'язок капіталу з доданою вартістю проявляє себе з лагом в 1 рік, урахуємо цей факт:

$$\tilde{Y} = 0,004766 \cdot L^{1,7} K^{0,96} J^{0,62}. \quad (4.2)$$

Дана модель у цілому є статистично достовірною за критерієм Фішера; множинний коефіцієнт кореляції дорівнює 0,8938, а детермінації – 0,7989. Усі коефіцієнти є додатними, що відображає економічно коректний прямий зв'язок між чинниками виробництва і результуючою змінною. Відносна помилка апроксимації становить 3,21%, що свідчить про високу точність моделі.

Однак слід відзначити абсолютну ненадійність оцінки впливу капіталу, яка статистично незначуще відрізняється від нуля, а також ненадійну оцінку параметра a_0 , який статистично незначуще відрізняється від 1 (при фактичному значенні, близькому до нуля). Оцінка впливу праці також викликає недовіру: її значення істотно перевищує 1, і хоча вона статистично значуще відрізняється від нуля, тим не менш 95-відсоткові довірчі інтервали для даної оцінки лежать у дуже широкому діапазоні: від 0,39 (це вписується у класичну модель Коба-Дугласа з параметрами до одиниці) до 3,01, що інтерпретувати економічно вкрай проблематично.

Не викликає сумнівів лише якість оцінки чинника інформатизації: 95-відсоткові довірчі інтервали 0,40-0,83 свідчать про надійну та стійку оцінку впливу цього чинника на додану вартість.

Для уточнення параметрів даної моделі накладемо в MS Excel у вихідній задачі пошуку оптимальних параметрів α , β , γ обмеження на їх значення у класичному діапазоні від 0 до 1 і знайдемо локальний оптимум, розв'язавши відповідну задачу нелінійної оптимізації за методом узагальненого приведенного градієнта (УПГ). У результаті одержано такі оцінки параметрів: $a_0 = 1,15$, $\alpha = 1$, $\beta = 0,36$, $\gamma = 0,50$, а отже, модель

$$\tilde{Y} = 1,15 \cdot LK^{0,36} J^{0,50} . \quad (4.3)$$

Оскільки для оцінки параметрів у цій моделі лінеаризація не використовувалася, про коефіцієнт кореляції говорити немає сенсу. Однак тут 77,56% загальної дисперсії ендогенної змінної пояснюється модельною залежністю, що відповідає коефіцієнту детермінації 0,7756. Модель у цілому є статистично достовірною за критерієм Фішера. При цьому відносна помилка апроксимації склала лише 3,14%, що свідчить про високу точність моделі.

Для того щоб поліпшити цю нелінійну модель з обмеженнями на значення параметрів, слід урахувати в ній вплив капіталу з лагом в один рік. Одержуємо: $a_0 = 0,886$, $\alpha = 1$, $\beta = 0,415$, $\gamma = 0,49$ і модель

$$\tilde{Y} = 0,886 \cdot LK^{0,415} J^{0,49} . \quad (4.4)$$

При цьому коефіцієнт детермінації (R^2) дорівнює 0,764, а відносна помилка зменшилася до 2,98%. Дана модель якісно не сильно

відрізняється від попередньої, але роль капіталу в ній є дещо більшою.

Оскільки 2009 р. був аномальним і різкий стрибок значень спостережень у цьому році може істотно викривити шукані закономірності, слід скористатися правом виключити даний "викид" зі спостережень і побудувати нелінійну модель вихідної задачі (4.3) з обмеженнями на значення змінних без точки 2009 р. Одержуємо: $a_0 = 1,15$, $\alpha = 1$, $\beta = 0,36$, $\gamma = 0,52$ і модель

$$\tilde{Y} = 1,15 \cdot LK^{0,36} J^{0,52} . \quad (4.5)$$

При цьому коефіцієнт детермінації (R^2) збільшився до 0,88, а відносна помилка зменшилася до 2,34%. Дана модель якісно не відрізняється від моделі (4.3), але дає більш точні оцінки у всіх спостереженнях (крім 2009 р.).

Якщо в моделі (4.5) з виключенням 2009 р. урахувати ще й вплив капіталу з лагом в 1 рік, то одержуємо: $a_0 = 0,962$, $\alpha = 0,716$, $\beta = 0,523$, $\gamma = 0,48$ і модель

$$\tilde{Y} = 0,962 \cdot L^{0,716} K^{0,523} J^{0,48} . \quad (4.6)$$

При цьому коефіцієнт детермінації (R^2) дорівнює 0,886, а відносна помилка (А) – 2,33%.

Остання модель за точністю практично ідентична попередній, однак має якісно інше рішення, в якому коефіцієнт еластичності праці стає значно менше одиниці, а роль капіталу відчутно зростає. Такі параметри моделі є переважними з точки зору класичної економічної інтерпретації, тому є підстави вважати модель (4.6) найбільш якісним описом виробничої функції переробної промисловості Німеччини в умовах четвертої промислової революції.

Оскільки метод узагальненого наведеного градієнта, вбудований у пакет "пошук рішення" пакета MS Excel, знаходить не глобальний, а локальний оптимум нелінійної цільової функції поблизу заданої початкової точки, для методу УПП задано початкові значення, які відповідають середнім очікуваним значенням.

Результати моделювання узагальнено в табл. 4.2. Графічно якість апроксимації деяких моделей відображено на рис. 4.8.

Таблиця 4.2.

Узагальнення результатів моделювання

Опис	Метод розв'язання	Параметри	Якість апроксимації	Висновки про релевантність
1. Лінеаризована логарифмуванням, за всіма точками, без обмежень на значення параметрів	МНК	$\tilde{Y} = 2,6 \cdot 10^8 \cdot \frac{L^{2,34} J^{0,51}}{K^{3,52}}$	R ² = 0,93, A = 2,12	Одержані коефіцієнти не мають сенсу
2. Лінеаризована логарифмуванням, за всіма точками, без обмежень на значення параметрів, з лагом для капіталу в 1 рік	МНК	$\tilde{Y} = 0,00476 \cdot L^{1,7} K^{0,96} J^{0,62}$	R ² = 0,80, A = 3,21	Деякі коефіцієнти є статистично недостовірними і не піддаються економічній інтерпретації
3. Нелінійна за всіма точками, з обмеженням на значення параметрів >0 та <1	УПГ з початковими значеннями 1; 0,5; 0,5; 0,5	$\tilde{Y} = 1,15 \cdot LK^{0,36} J^{0,50}$	R ² = 0,78, A = 3,14	Коефіцієнт еластичності праці погано піддається економічній інтерпретації
4. Нелінійна за всіма точками, з обмеженням на значення параметрів >0 та <1, з лагом для капіталу в 1 рік	УПГ з початковими значеннями 1; 0,5; 0,5; 0,5	$\tilde{Y} = 0,886 \cdot LK^{0,415} J^{0,49}$	R ² = 0,76, A = 2,98	Коефіцієнт еластичності праці погано піддається економічній інтерпретації
5. Нелінійна з виключеним 2009 р., з обмеженням на значення параметрів >0 та <1	УПГ з початковими значеннями 1; 0,5; 0,5; 0,5	$\tilde{Y} = 1,15 \cdot LK^{0,36} J^{0,52}$	R ² = 0,88, A = 2,34	Коефіцієнт еластичності праці погано піддається економічній інтерпретації
6. Нелінійна з виключеним 2009 р., з обмеженням на значення параметрів >0 та <1, з лагом для капіталу в 1 рік	УПГ з початковими значеннями 1; 0,5; 0,5; 0,5	$\tilde{Y} = 0,962 \cdot L^{0,716} K^{0,523} J^{0,48}$	R ² = 0,89, A = 2,33	Доведено стійкість основних параметрів моделі; всі коефіцієнти піддаються економічній інтерпретації

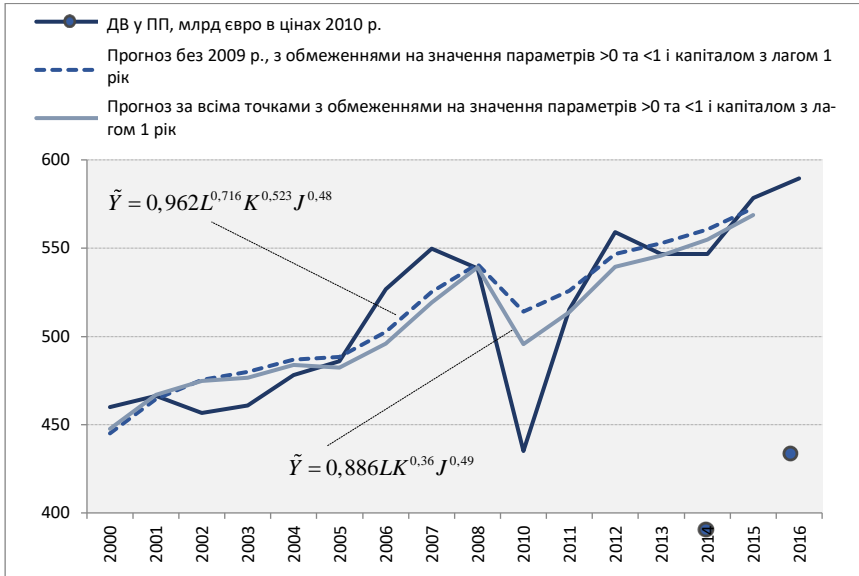


Рис. 4.8. Моделювання доданої вартості в переробній промисловості Німеччини мультиплікативними виробничими функціями

Одержана виробнича функція $\tilde{Y} = 0,962L^{0,716} K^{0,523} J^{0,48}$ належить до неокласичних виробничих, що мають набір певних відомих властивостей [88]. Зокрема, вона є однорідною, безпервною, двічі диференційованою, перші похідні є додатними функціями (це означає зростання випуску при збільшенні витрат чинників). Другі похідні – від’ємні (це означає зменшення граничної продуктивності при збільшенні витрат чинників), виробництво неможливе, якщо хоча б один із чинників набуває нульового значення.

Аналіз параметризованої виробничої функції

Ступінь однорідності ε даної функції знаходиться зі співвідношення $f(\lambda x) = \lambda^\varepsilon f(x)$. Звідси $f(\lambda L, \lambda K, \lambda J) = a_0 L^\alpha K^\beta J^\gamma \lambda^{\alpha+\beta+\gamma}$, тобто $\varepsilon = \alpha + \beta + \gamma$.

Таким чином, для моделі (4.6) ступінь однорідності становить $\varepsilon = 0,716 + 0,52 + 0,48 = 1,719$. Ця ж величина показує ефект від

масштабу виробництва, який для даного виду виробничої функції є постійним і не залежить від обсягу випуску

$$\varepsilon = \frac{dy}{y} \bigg/ \frac{dx}{x} = \alpha + \beta + \gamma = 1,719.$$

Величина ефекту від масштабу виробництва, що перевищує одиницю, свідчить про зростаючу віддачу чинників виробництва при одночасному зростанні їх кількості.

Очевидними також є висновки про еластичність випуску за чинниками виробництва. Для виробничої функції Коба-Дугласа вона збігається з параметрами ступенів відповідних чинників

$$\varepsilon_L = \frac{\partial Y}{\partial L} \cdot \frac{Y}{L} = a_0 \alpha \frac{K^\beta J^\gamma}{L^{1-\alpha}} \cdot \frac{L}{a_0 L^\alpha K^\beta J^\gamma} = \alpha.$$

Аналогічно: $\varepsilon_K = \beta$, $\varepsilon_J = \gamma$.

Таким чином, при збільшенні витрат праці на 1% випуск зростає на 0,716%, при збільшенні на 1% вартості машин та обладнання – на 0,52 і при збільшенні на 1% вартості комп'ютерного програмного забезпечення і баз даних – на 0,48%.

У контексті дослідження впливу на виробництво чинника інформаційного забезпечення особливий інтерес становлять питання можливого заміщення ним традиційних чинників виробництва – праці та капіталу.

Розглянемо граничну норму заміщення (MRS) інформаційним чинником праці та капіталу:

$$MRS_{LJ} = -\frac{dL}{dJ} = -\left(-\frac{\partial Y}{\partial J} \bigg/ \frac{\partial Y}{\partial L}\right) = \frac{a_0 \gamma L^\alpha K^\beta J^{\gamma-1}}{a_0 \alpha L^{\alpha-1} K^\beta J^\gamma} = \frac{\gamma}{\alpha} \frac{L}{J} = 0,67 \frac{L}{J};$$

$$MRS_{KJ} = -\frac{dK}{dJ} = -\left(-\frac{\partial Y}{\partial J} \bigg/ \frac{\partial Y}{\partial K}\right) = \frac{a_0 \gamma L^\alpha K^{\beta-1} J^{\gamma-1}}{a_0 \beta L^\alpha K^{\beta-1} J^\gamma} = \frac{\gamma}{\beta} \frac{K}{J} = 0,923 \frac{K}{J}.$$

У 2015 р., коли витрати праці в переробній промисловості Німеччини становили 10,945 млрд год., машин і устаткування – 3250,1 млрд євро, комп'ютерного програмного забезпечення і баз даних – 31,44 млрд євро, гранична норма заміщення інформаційним

чинником праці дорівнювала $MRS_{LJ} = 0,233$; капіталу – $MRS_{KJ} = 95,415$.

Отже, зростання витрат на програмне забезпечення та бази даних на 1 млн євро здатне забезпечити заміщення праці на 233 тис. год. або витрат на машини й обладнання на приблизно 95 млн євро.

Якщо ефект від заміщення капіталу є очевидним, то від заміщення праці ефект теж нескладно розрахувати. При середньогодинній оплаті в Німеччині в 2015 р. по промисловості 29,4 євро [16] отримуємо грошовий еквівалент заміщення праці в 6,850 млн євро. Слід відзначити, що в умовах дешевої праці в Україні такого ефекту не буде. При середньомісячній зарплаті в промисловості в 2015 р. 4791 грн [81], що еквівалентно приблизно 1,24 євро на годину, грошовий еквівалент заміщення праці становитиме 0,285 млн євро. Це з одного боку, але з іншого – витрати на власні розробки програмного забезпечення і бази даних в Україні будуть значно меншими, тому гранична норма заміщення для України може виявитися зовсім іншою. Усе це свідчить про те, що використання цифрових технологій, автоматизації, технологій обробки великих даних, розвиток інтелектуальних кіберфізичних систем тощо здатні забезпечити економію витрат на традиційних чинниках виробництва, яка в десятки разів перевищить витрати на впровадження відповідних інформаційних технологій.

Таким чином, зростання рівня інформатизації, показником якої є вартість програмного забезпечення та баз даних, є одним із найважливіших критеріїв НТП в умовах четвертої промислової революції. На основі статистичних даних Німеччини встановлено, що при зменшенні витрат праці, вартості машин й обладнання саме цей показник забезпечує зростання доданої вартості в переробній промисловості. У результаті побудови серії економетричних моделей із різними початковими умовами та припущеннями встановлено, що найбільш адекватною з точки зору якості апроксимації та економічної інтерпретації результатів є функція Коба-Дугласа з обмеженнями на значення параметрів чинників виробництва в межах від 0 до 1, виключеним викидом аномального спостереження в 2009 р. та врахуванням лагу зв'язку капіталу з доданою вартістю в 1 рік. Параметри моделі є досить стійкими до зміни вихідних даних й умов моделювання, що свідчить про достатню релевантність моделі.

Показник інформатизації у вигляді частки вартості програмного забезпечення і баз даних у загальному капіталі (або вартості машин і устаткування) може бути покладено в основу розробки критеріїв оцінки ступеня смартизації підприємств на мікрорівні, їх мереж та/або кластерів. Це дозволить оцінити обсяг необхідних інвестицій для переходу таких підприємств на новий рівень виробничих відносин, пов'язаний із четвертою промисловою революцією, а також обґрунтувати необхідність і доцільність першочергової смартизації підприємств тієї чи іншої мережі (кластера) з метою максимізації ефекту для економіки країни.

У Україні досліджений інформаційний чинник у вигляді вартості програмного забезпечення і баз даних, для якого виявлено значені ефекти, не відстежується статистичними органами, а схожі показники, які у статистиці представлені, значною мірою викривляють сенс цього чинника, що унеможлиблює їх використання. У зв'язку з цим доцільно рекомендувати Державній службі статистики України додати до переліку показників, що враховуються, вартість програмного забезпечення і баз даних (аналогічно до того, як цей показник ураховується ОЕСР [41]).

4.3. Моделювання оцінки відповідності промислового виробництва критеріям смарт-індустріалізації

У підрозділі 4.2, а також у роботах [99; 100] обґрунтовано, що на додану вартість у переробній промисловості на сучасному етапі розвитку виробництва, крім традиційних чинників, значною мірою впливає інформаційний, або чинник смартизації виробництва. Як традиційні чинники виробництва використано кількість відпрацьованих годин у ПП (чинник "праця") і вартість машин та обладнання у порівнянних цінах (чинник "капітал"). Також доведено, що найкращою оцінкою інформаційного чинника є вартість комп'ютерного програмного забезпечення і баз даних (КПЗ і БД) у переробній промисловості у порівнянних цінах.

Таким чином, теоретично досліджуючи рівень використання даного інформаційного чинника в економіках різних країн або різних виробництвах, можна оцінити ступінь відповідності цих еконо-

мік (виробництв) критеріям смарт-індустріалізації, або ступінь їх смартизації.

Розглянемо промислове виробництво трьох розвинутих країн: Німеччини, Чехії та Австралії. Німеччину обрано як еталон процесів інформаційного розвитку в Європі [11; 24]; Чехію – як зразок розвинутої країни з особливим, соціалістичним, минулим; Австралію – як представника розвинутої економіки, значною мірою відокремленою від європейської. Крім того, вибір саме цих країн пов'язаний із наявністю необхідної статистики за вартістю КПЗ і БД, яку представлено за досить обмеженою кількістю країн.

Відмінності в розвитку цих економік продемонстровано на рис. 4.9, де наведено динаміку виробленої доданої вартості в переробній промисловості у порівнянних цінах.

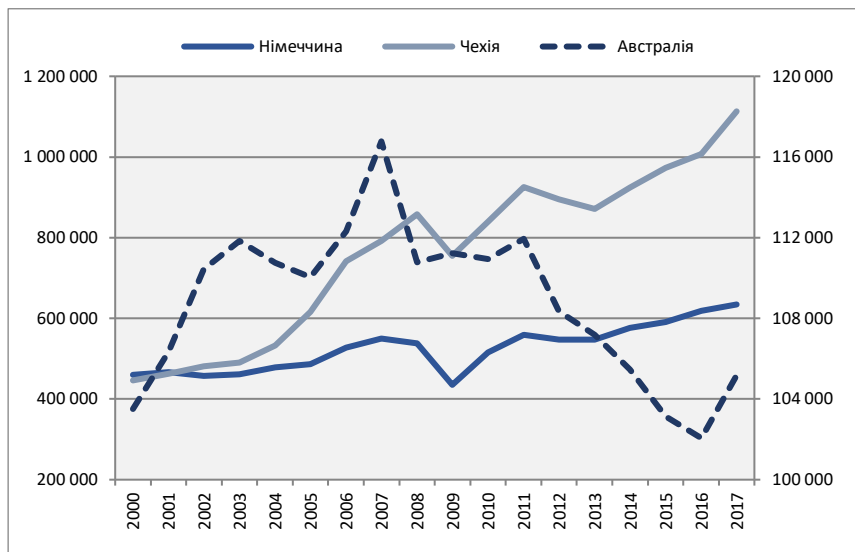


Рис. 4.9. Динаміка виробленої ДВ у ПП у порівнянних цінах¹ [43]

¹ На рис. 4.9 і 4.10 Німеччину представлено по лівій осі в млн євро, Чехію – по лівій осі у млн крон, Австралію – по правій осі у млн австралійських доларів. У зв'язку з цим дані графіки не можна порівнювати один з одним за абсолютною величиною – вони лише відображають динаміку показника в часі.

Отже, реальне промислове виробництво Німеччини з 2000 по 2017 р. зросло на 38% (у 1,38 раза), Чехії – на 150% (у 2,5 раза), Австралії – на 1,6% (якщо розглядати з 2003 р., то скоротилося на 6%, а з 2007 по 2016 р. – на 13%).

Тобто три різних економіки: Німеччина демонструє помірне зростання ПП; Чехія – дуже інтенсивне зростання практично з таким самим характером коливань, що і в Німеччині; в Австралії спостерігається стагнація, а в останні десять років – істотне падіння ПП.

На рис. 4.10 наведено динаміку інформаційного чинника виробництва – вартості КПЗ і БД у порівнянних цінах. Вартість КПЗ і БД у Німеччині та Австралії зростає з року в рік: для Німеччини збільшення склало 110% (у 2,1 раза), для Австралії – 168% (у 2,68 раза). У Чехії ж при загальному зростанні в 146% воно не було стійким і спостерігалось в 2003-2009 і 2013-2017 рр., в інші періоди відбувалося зниження цього показника.

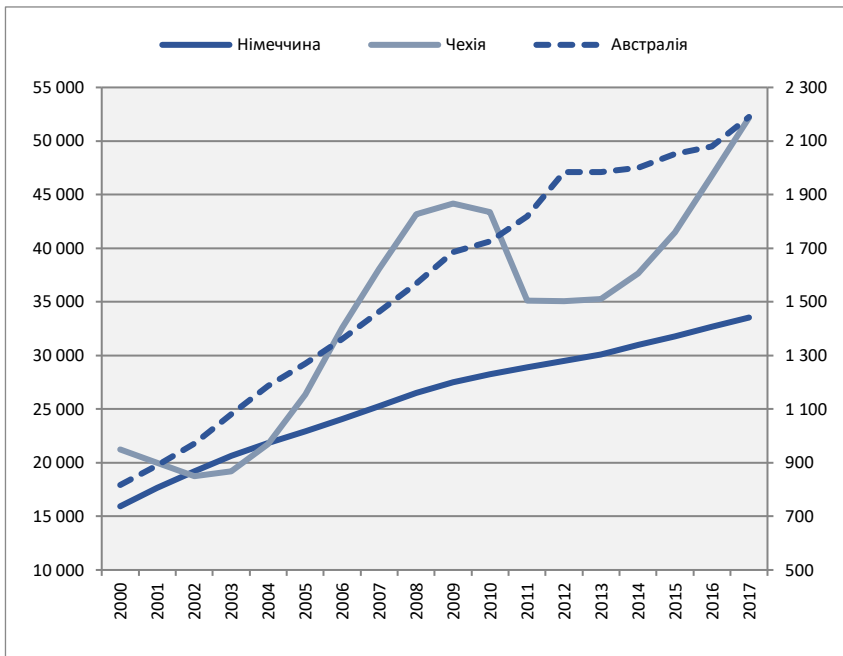


Рис. 4.10. Динаміки КПЗ і БД у ПП у порівнянних цінах [41]

Для оцінки впливу інформаційного чинника на ПП аналізованих країн побудовано виробничі функції, що включають даний чинник виробництва разом із традиційними, за методикою, обґрунтованою у джерелі [99]:

$$\tilde{Y}_{\text{Німеччина}} = 0,816 \cdot L^{0,799} K^{0,507} J^{0,502},$$

$$\tilde{Y}_{\text{Чехія}} = 0,187 \cdot L^{0,766} K J^{0,216},$$

$$\tilde{Y}_{\text{Австралія}} = 20,89 \cdot L^{0,535} K^{0,29} J^{0,099}.$$

Моделі виробничих функцій для Чехії та Австралії не можна вважати надійними. Для Чехії чинники капіталу та вартості КПЗ і БД сильно корельовані ($r = 0,92$), а капітал має дуже тісний зв'язок із доданою вартістю ($r > 0,97$), що унеможливує достовірне встановлення параметрів моделі з використанням статистичних методів через мультиколінеарність [116]. Для Австралії сильно корельованими виявилися чинники праці та вартості КПЗ і БД ($r < -0,93$).

Незважаючи на ненадійність параметрів a_0 , a_1 , a_2 , оцінка параметру a_3 , що визначає внесок інформаційного чинника, виявилася цілком стійкою до різних модифікацій моделі та початкових значень при пошуку оптимальних параметрів за методом узагальненого приведенного градієнта. Отже, для цих країн дана оцінка може бути використана для судження про ступінь смартизації їх промислового виробництва. Згідно з нею Австралія є аутсайдером за рівнем смартизації, а Німеччина – лідером.

Проте труднощі, з якими можна зіткнутися при використанні такої методики оцінки рівня смартизації, пов'язані з мультиколінеарністю чинників і ненадійністю статистичних оцінок параметрів виробничих функцій, не дозволяють говорити про її універсальність і достовірність одержаних результатів. Якщо врахувати, що a_3 може виявитися статистично ненадійною і нестійкою та при різних модифікаціях моделі відрізнятись в рази, то очевидно, що такий критерій відповідності промислового виробництва критеріям смарт-індустриалізації ніяк не можна вважати задовільним. Крім цього, є інші причини неможливості використання такого підходу:

економічна інтерпретація коефіцієнтів a_3 є такою, що за їх значенням важко судити про можливість кількісного порівняння різних економік. Якщо a_3 для Німеччини більше Чехії в 2,5 рази, а для

Австралії – в 5 разів, то це навряд чи означає, що ступінь смартизації економіки Німеччини у 2,5 раза вище Чехії та в 5 разів – Австралії (відповідно Чехії – у 2 рази більше, ніж Австралії);

проблематично і практично неможливо відстежити динаміку процесу смартизації та порівняти, наскільки змінився її рівень у конкретній економіці за останній рік, два, п'ять;

моделі типу Коба-Дугласа є макроекономічними [12; 19; 50], тому вони не підходять для дослідження та порівняння окремих виробництв і підприємств.

Як інший підхід до оцінки відповідності промислових підприємств критеріям смарт-індустріалізації можна запропонувати відношення ($k_{J/K}$) вартості (J) КППЗ і БД до вартості (K) машин і обладнання (у порівнянних цінах), яке цілком адекватно відображає використання інформаційних технологій у виробництві. Даний підхід має такі переваги:

якщо врахувати, що вартість КППЗ і БД корелює зі складністю й різноманітністю вирішуваних завдань, то даний показник у динаміці відображає зростання складності виконуваних завдань на одиницю обладнання, що використовується, зокрема інтелектуалізацію машин, які застосовуються;

усуваються вищезазначені проблеми для підходу із застосуванням виробничих функцій – такий показник є порівнянним для різних економік і виробництв, які можна порівняти в динаміці, його можна використовувати на мікрорівні для оцінки смартизації окремих підприємств;

даний показник набагато надійніше і достовірніше;

якщо припустити, що рівень зростання цін (з огляду на інфляційні процеси) на машини й обладнання приблизно збігається зі зростанням цін на КППЗ і БД, то для обчислення $k_{J/K}$ можна використовувати чинники в поточних цінах, а не обов'язково у порівнянних;

даний показник є надзвичайно простим в обчисленні та не потребує громіздких розрахунків.

Розглянемо динаміку запропонованого показника для промислових виробництв Німеччини, Чехії та Австралії (рис. 4.11).

У 2017 р. величина $k_{J/K}$ практично зрівнялася в Чехії та Австралії (при тому, що Австралія у 2000 р. відставала від Чехії майже в 3 рази, але до 2012 р. скоротила це відставання до мінімуму). Ні-

меччина ж у 2,5 рази випереджає Чехію та Австралію. Слід зауважити, що ці результати дуже схожі на ті, що одержані з використанням виробничих функцій, однак вони є набагато надійнішими, інформативнішими та простішими в отриманні, що підтверджує доцільність застосування даного підходу до оцінки рівня смартизації виробництва.

Недоліком такого підходу є той факт, що запропонований показник ніяк не характеризує продуктивність економіки, її капіталомісткість і капіталовіддачу. Він відображає рівень смартизації капіталу ("смарттоозброєність" капіталу), але не виробництва / економіки. Якщо в економіці (не важливо, мікро- або макрорівня) вплив чинника виробництва "машини та обладнання" на додану вартість є мінімальним і переважно використовується ручна праця, то якими б не були високими показники k_{JK} , стверджувати про наявність сучасної смарт-економіки в такому випадку складно. Так, при приблизно однаковій частці k_{JK} в Чехії та Австралії ніяк не можна сказати, що економіка Чехії за показником капіталовіддачі є вдвічі менш продуктивною.

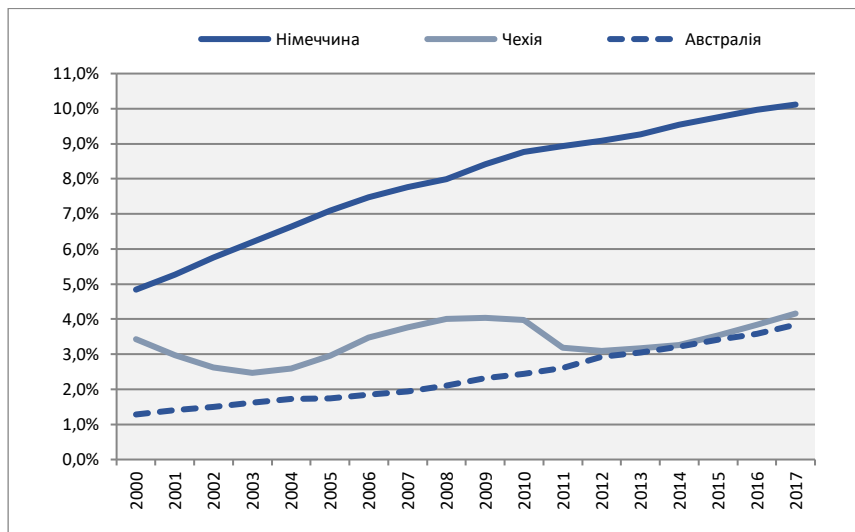


Рис. 4.11. Динаміка відношення вартості КІЗ і БД до вартості машин і обладнання (у порівнянних цінах)

Зв'язок показника $k_{J/K}$ з капіталовіддачею проілюстровано на рис. 4.12. Капіталовіддачу оцінено відношенням доданої вартості (Y) до вартості машин й обладнання (K).

Має місце пряма залежність зростання капіталовіддачі від зростання рівня смартизації капіталу переробної промисловості. Кількісно цей зв'язок можна оцінити коефіцієнтом кореляції, який для Німеччини становить 0,85 (тісний зв'язок), для Чехії – 0,66 і для Австралії – 0,52 (помірний зв'язок). Слід зауважити, що невисокі коефіцієнти кореляції для Австралії пов'язані з кризовою ситуацією в галузі (див. рис. 4.9), тому для більшої наочності векторами на рис. 4.12 позначено напрямки тенденції в цих країнах у посткризовий для них період. У даному випадку для всіх країн простежується дуже тісний зв'язок (див. коефіцієнти детермінації на графіку).

Таким чином, щоб обійти проблему зв'язку показника смартизації капіталу $k_{J/K}$ з рівнем смартизації виробництва/економіки, необхідно враховувати вплив самого чинника капіталу на додану вартість, тобто капіталомісткість. У тих виробництвах, де капіталомісткість є високою, рівень смартизації капіталу $k_{J/K}$ тією чи іншою

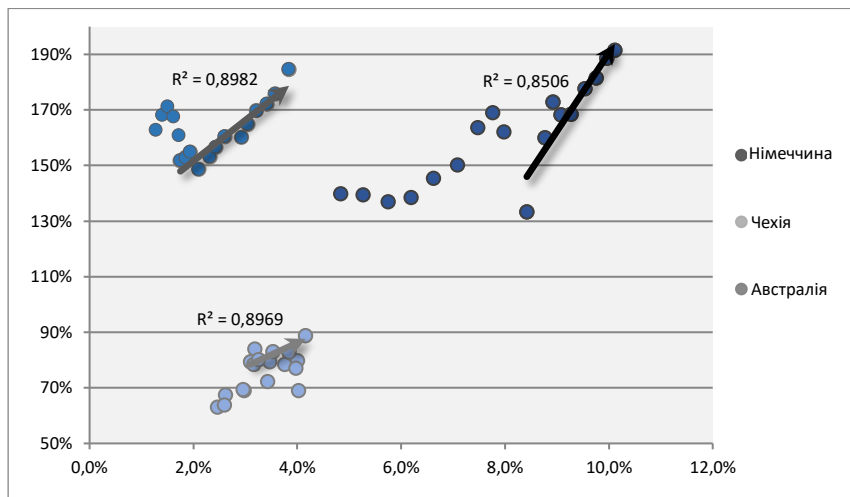


Рис. 4.12. Зв'язок капіталовіддачі в переробній промисловості (вісь Y) з рівнем смартизації капіталу (вісь X) у 2000-2017 рр.

мірою буде відображати і смартизацію виробництва. Там же, де капіталомісткість є невисокою, однозначних висновків за величиною $k_{J/K}$ зробити не можна. Показник $k_{J/K}$, зважений на капіталомісткість виробництва (рис. 4.13), по суті являє собою частку витрат на КПЗ і БД у доданій вартості ($k_{J/Y}$), або "смартоємність"

$$k_{J/Y} = k_{J/K} \cdot K/Y = J/K \cdot K/Y = J/Y.$$

Чехія, яка має більш капіталомістке виробництво, вже не так сильно відстає від Німеччини (див. рис. 4.11) за впливом витрат на КПЗ і БД на додану вартість і в докризові роки навіть наздоганяла Німеччину. А ось вплив смартизації на економіку Австралії явно нижче розглянутих європейських країн.

Однак показник "смартоємності" виробництва $k_{J/Y}$ теж не можна ізольовано використовувати для оцінки відповідності підприємств критеріям смарт-індустріалізації, оскільки множник капіталоемності, що збільшує цей показник, може також свідчити про неефективність виробництва (у даному випадку показник рівня смартизації капіталу $k_{J/K}$ буде більш інформативним).

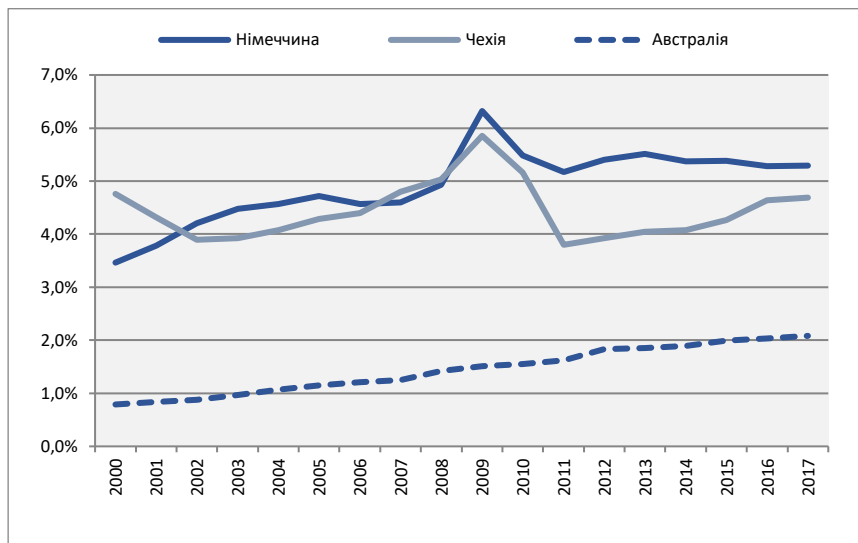


Рис. 4.13. Динаміка частки витрат на КПЗ і БД у доданій вартості переробної промисловості за 2000-2017 рр.

Для усунення цих протиріч можна відмовитися від ідеї виведення єдиного показника рівня смартизації, а користуватися одночасно обома, відображаючи становище виробництва точкою на площині (рис. 4.14). Як і на рис. 4.12, тут векторами показано напрямок розвитку тенденції в посткризові для даної країни роки. Звертає на себе увагу той факт, що в Німеччині, незважаючи на триваюче останні 8 років підвищення рівня смартизації капіталу, збільшення "смартості" виробництва не спостерігається. Це означає, що зростання смартизації машин й обладнання супроводжується еквівалентним зниженням капіталомісткості виробництва. У Чехії ж та Австралії ці процеси ще не ввійшли у рівноважну стадію і смартизація капіталу супроводжується також збільшенням "смартості" виробництва, що спостерігалось і в Німеччині в докризові роки.

Необхідність одержати єдиний показник відповідності підприємств критеріям смарт-індустріалізації (позначимо його k_J) на основі інтеграції обох показників $k_{J/Y}$ і $k_{J/K}$ можна задовольнити, якщо шукати функціональну залежність у вигляді білінійної форми (лінійної щодо кожної змінної)

$$k_J = a_1 k_{J/K} + a_2 k_{J/Y} + a_3 k_{J/K} \cdot k_{J/Y}. \quad (4.7)$$

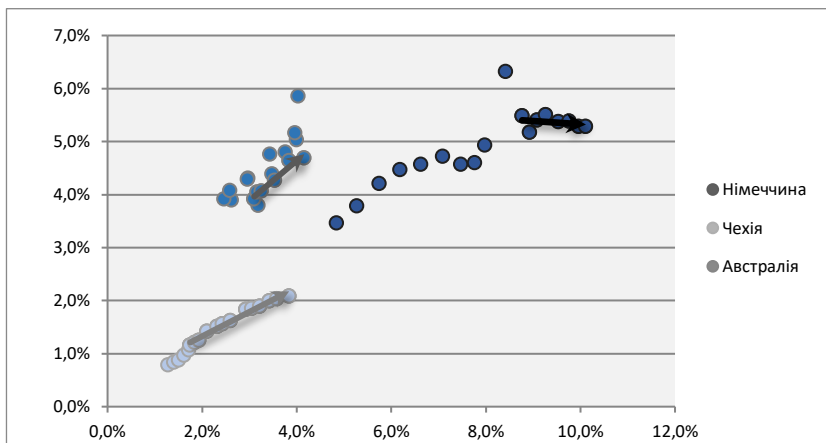


Рис. 4.14. Зв'язок "смартості" переробної промисловості (вісь Y) з рівнем смартизації капіталу (вісь X) у 2000-2017 рр.

Оскільки значення змінних за змістом обмежені знизу і згори значеннями 0 і 1, розглянемо, якого значення має набувати функція в цих крайніх точках. На цій підставі можна одержати систему рівнянь, що дозволяє знайти функцію (4.7) у явному вигляді. Такими крайніми значеннями k_J в точках $(k_{J/K}; k_{J/Y})$ будуть:

$(0; 0)$ – позначає ситуацію, тільки коли витрати на КПЗ і БД дорівнюють нулю, а отже, нулю має дорівнювати і рівень смартизації виробництва. Тож $k_J(0; 0) = 0$, за рівнянням (4.7) маємо тотожність;

$(0; 1)$ – така ситуація неможлива, оскільки означає, що частка витрат на КПЗ і БД у капіталі дорівнює нулю, а в доданій вартості – одиниці. Проте якщо припустити, що капіталомісткість можна збільшувати нескінченно і розглядати межу $\lim_{\substack{k_{J/Y} \rightarrow 1 \\ k_{J/K} \rightarrow 0}} k_J(k_{J/K}; k_{J/Y})$, то

при $k_{J/K} \rightarrow 0$ рівень смартизації k_J має прагнути до нуля при будь-яких значеннях $k_{J/Y}$. Таким чином, $k_J(0; 1) = 0$, тобто з виразу (4.7) випливає, що $a_2 = 0$;

$(1; 1)$ – означає, що частка витрат на КПЗ і БД в капіталі та доданій вартості дорівнює одиниці (одиниці дорівнює і капіталомісткість). Така ситуація теж в чистому вигляді неможлива, але якщо розглядати межу $\lim_{\substack{k_{J/Y} \rightarrow 1 \\ k_{J/K} \rightarrow 1}} k_J(k_{J/K}; k_{J/Y})$, то рівень смартизації k_J

має збільшуватися зі зростанням $k_{J/K} \rightarrow 1$ і точно не зменшуватися зі зростанням $k_{J/Y}$, а отже, при максимальних їх значеннях, очевидно, рівень смартизації виробництва дорівнюватиме одиниці; тобто $k_J(1; 1) = 1$, а отже, з виразу (4.7), з урахуванням того, що $a_2 = 0$, випливає, що $a_1 + a_3 = 1$;

$(1; 0)$ – означає, що витрати КПЗ і БД становлять 100% капіталу, при цьому капітал дорівнює нулю (або не використовується у створенні ДВ). Знову ж таки в явному вигляді ситуація неможлива. Проте розглянемо гіпотетичну поведінку функції при наближенні до граничних значень одного з аргументів, коли інший є фіксованим. При $k_{J/K} = 1$, $k_J = 1$, у будь-якій точці, поки $k_{J/Y}$ залишається більше нуля (при будь-якій найменшій капіталоемності)

$k_J(1; k_{J/Y})|_{k_{J/Y} > 0} = 1$. Це з одного боку, а з іншого – якщо капітал не використовується у виробництві ($k_{J/Y} = 0$), якою б не була високою його "смартизація", про смартизацію виробництва мову вести не можна, тобто $k_J(k_{J/K}; 0)|_{\forall k_{J/K}} = 0$. Таким чином, у точці (1; 0) відбувається біфуркація, і висновки про смартизацію виробництва зроби не можна, тобто з виразу (4.7) маємо співвідношення $a_1 = k_J$.

Підставивши всі ці відношення у формулу (4.7), одержуємо

$$k_J = k_J \cdot k_{J/K} + (1 - k_J) k_{J/K} \cdot k_{J/Y} \Rightarrow$$

$$k_J = \frac{k_{J/K} \cdot k_{J/Y}}{1 + k_{J/K} \cdot k_{J/Y} - k_{J/K}} = \frac{k_{J/K} \cdot k_{J/Y}}{1 + k_{J/K} (k_{J/Y} - 1)}$$

Динаміку даного показника наведено на рис. 4.15.

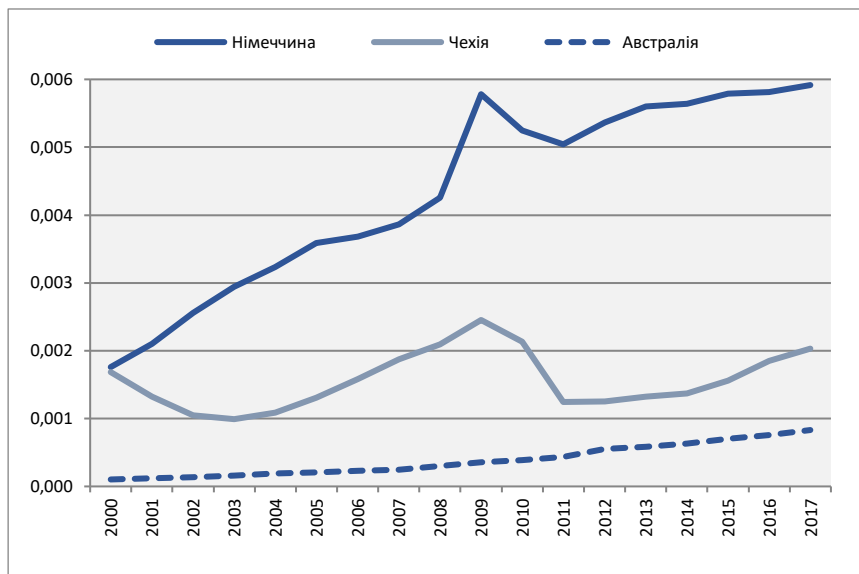


Рис. 4.15. Динаміка інтегрального показника смартизації виробництва в переробній промисловості за 2000-2017 рр.

Одержаний показник відповідності підприємств критеріям смарт-індустріалізації k_J цілком адекватно інтегрує показники смартизації капіталу та "смартості" виробництва (див. рис. 4.11 і 4.13) і дозволяє порівнювати за цим критерієм будь-які виробництва незалежно від їх масштабів. Порівнювати в рамках порядкового підходу, але не кількісно. Коефіцієнти, одержані при порівнянні різних економік, не будуть лінійно відображати рівень відставання, оскільки в чисельнику даного показника міститься квадрат величини $k_{J/K}$:

$$k_{J/K} \cdot k_{J/Y} = k_{J/K} \cdot k_{J/K} \cdot \frac{K}{Y} = k_{J/K}^2 \frac{K}{Y}.$$

Отже, за співвідношенням (4.8) при порівнянні економік будуть виходити величини, за якими не можна сказати, у скільки разів одна економіка за критерієм смарт-індустріалізації випереджає іншу. Дану невідповідність легко усунути, якщо як критерій смартизації використовувати корінь квадратний із величини

$$k_J = \sqrt{\frac{k_{J/K} \cdot k_{J/Y}}{1 + k_{J/K} \cdot k_{J/Y} - k_{J/K}}} = \sqrt{\frac{k_{J/K} \cdot k_{J/Y}}{1 + k_{J/K} (k_{J/Y} - 1)}}. \quad (4.8)$$

Показник (4.8) дозволяє вже кількісно порівнювати будь-які економіки незалежно від масштабу виробництва і рівня розвитку смарт-промисловості.

При цьому слід відзначити, що за цим критерієм переробна промисловість Чехії приблизно в 1,5 раза є більш розвинутою, ніж Австралії (а не у два, як впливає з рис. 4.15), а Німеччини – в 1,5 раза більш розвинутою, ніж Чехії (а не в три, як впливає з рис. 4.15).

Що стосується України, то повноцінно реалізувати запропонований підхід до оцінки смартизації переробної промисловості неможливо через відсутність статистичних даних – Державна служба статистики України не збирає і не розміщує на своєму сайті або в збірниках показники вартості КПЗ і БД. Із показників, які тією чи іншою мірою мають відношення до необхідних, слід відзначити

"капітальні інвестиції у програмне забезпечення і бази даних" (доступні по економіці загалом, але не в розрізі видів економічної діяльності – табл. 4.3).

Таблиця 4.3.
Деякі показники капітальних інвестицій по економіці України загалом, млн грн [90]

Рік	Валова додана вартість	Капітальні інвестиції	Капітальні інвестиції в машини, обладнання та інвентар	Капітальні інвестиції у програмне забезпечення і бази даних
1	2	3	4	5
2001	180490	-	-	-
2002	201194	-	-	-
2003	240217	-	-	-
2004	313046	-	-	-
2005	388601	-	-	-
2006	474123	-	-	-
2007	634794	-	-	-
2008	824176	-	-	-
2009	796481	-	-	-
2010	954472	180575,5	54059,2	2802,4
2011	1122558	241286,0	71771,4	3254,0
2012	1213069	273256,0	77015,4	3409,1
2013	1283812	249873,4	79032,9	3477,6
2014	1382719	219419,9	68948,8	3207,3
2015	1689387	273116,4	84423,2	4908,4
2016	2023228	359216,1	123133,3	6315,5
2017	2519561	448461,5	154721,7	8196,4
2018	-	526341,8	174156,2	10719,9

На основі наявних даних можна розрахувати певні показники, які не є безпосередньою реалізацією розробленого підходу, проте дозволяють зробити певні висновки про темпи смарт-індустріалізації (табл. 4.4).

Таблиця 4.4.

**Деякі відносні показники капітальних інвестицій по економіці
України загалом, %¹**

Рік	Частка інвестицій у КПЗ і БД у капітальних інвестиціях	Частка інвестицій у машини, обладнання та інвентар у капітальних інвестиціях	Співвідношення інвестицій у КПЗ і БД та інвестицій у машини, обладнання та інвентар
2010	1,55	29,94	5,18
2011	1,35	29,75	4,53
2012	1,25	28,18	4,43
2013	1,39	31,63	4,40
2014	1,46	31,42	4,65
2015	1,80	30,91	5,81
2016	1,76	34,28	5,13
2017	1,83	34,50	5,30

¹ Розраховано авторами.

Безумовно, наявність показників тільки щодо інвестицій унеможливує оцінку поточного рівня смарт-індустріалізації економіки України, проте співвідношення інвестицій дозволяють оцінити тенденції: очевидно, що з часом, у міру вибуття нинішніх основних засобів та їх заміщення новими (що відображається у здійсненні інвестицій), співвідношення активів будуть прагнути до нинішніх співвідношень інвестицій.

Аналіз даних табл. 4.4 дозволяє дійти таких висновків:

структура інвестицій у контексті оцінки смарт-індустріалізації з 2010 по 2017 р. не зазнала істотних змін: частка інвестицій у КПЗ і БД у капітальних інвестиціях коливалася в межах 1,5%; частка інвестицій у машини, обладнання й інвентар у капітальних інвестиціях – близько 32%, а співвідношення інвестицій в КПЗ і БД та інвестицій у машини, обладнання й інвентар – у межах 5%;

співвідношення інвестицій у КПЗ і БД та інвестицій у машини, обладнання й інвентар (див. табл. 4.4) з 2010 р. не змінилося і коливається в межах 5%. Якщо його порівнювати зі "смарт-озброєністю" машин й устаткування в розглянутих країнах, то ця величина поступається лише Німеччині (див. рис. 4.11).

Ще раз слід підкреслити, що для України потенційно можливим є співвідношення витрат чинників виробництва в майбутньому – у міру повного заміщення машин й обладнання. Динаміка співвідношення інвестицій свідчить про те, що придбання машин та обладнання не супроводжується зростанням частки КПЗ, – це дозволяло б використовувати таке обладнання відповідно до парадигми смарт-індустріалізації (інтернет речей, великі дані, автоматизоване прийняття рішень, штучний інтелект). Можна припустити, що в більшості випадків це обладнання не є передовим, оскільки не потребує паралельної закупівлі КПЗ і БД, що дозволяють об'єднувати таке обладнання в мережі Інтернету речей або керувати ним на основі аналізу великих даних.

Незмінність співвідношень дозволяє зробити непрямий, проте досить обґрунтований висновок: якщо за останні 10 років структура інвестицій залишалася без змін, то і структура активів також залишилася такою, тобто, на відміну від розглянутих більш розвинутих країн, "смарттоозброєність" машин і обладнання в економіці України не зростає.

Оскільки запропонований підхід до оцінки рівня смартизації виробництва є інваріантним до масштабів виробництва, можна поррахувати дані показники по окремих провідних промислових підприємствах України. Це побічно також може бути оцінкою рівня смартизації галузі. Як таке підприємство розглянемо ПрАТ "Новокраматорський машинобудівний завод" (НКМЗ) – один із найбільших в Україні та світі заводів важкого машинобудування. Статистику витрат досліджуваних чинників виробництва наведено в табл. 4.5.

Таблиця 4.5.

Витрати чинників виробництва на НКМЗ, тис. грн [103; 104]

Рік	Випуск продукції за рік	Матеріальні витрати	Вартість машин і устаткування	Вартість КПЗ і БД
2015	2465593,4	1322233	3097953	4580
2016	2579574,4	1673574	3151449	4578
2017	3577994,9	2365039	3329997	4458

Розрахунки за даними табл. 4.5 свідчать, що рівень "смарт-озброєності" машин і устаткування k_{JK} у 2015-2017 рр. становив 0,148; 0,145 і 0,134% відповідно. Якщо додати цей показник до даних на рис. 4.11, то одержимо місце України серед розвинутих країн за рівнем використання "розумних" машин (рис. 4.16).

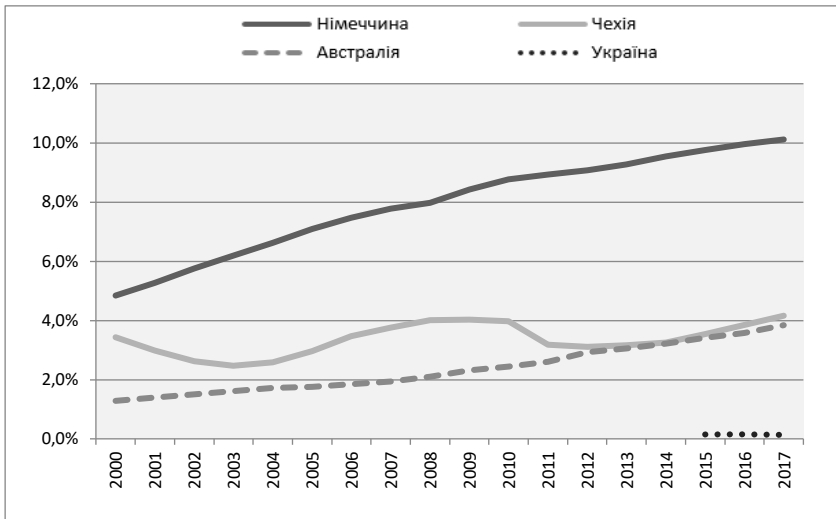


Рис. 4.16. Місце України в динаміці відношення вартості КІЗ і БД до вартості машин та обладнання

З урахуванням того, що НКМЗ – підприємство важкого машинобудування, яке має об'єктивно значно вищий рівень капіталомісткості виробництва, ніж середньоєвропейський по переробній промисловості, застосовувати такий підхід до порівняння рівня смартизації виробництва не зовсім коректно. Саме тому запропоновано інший показник k_J , що враховує факт капіталомісткості. Так, "смартємність" виробництва НКМЗ у 2015-2017 рр. (k_{JY}) склала 0,4; 0,51 і 0,37%. Динаміку відповідного інтегрального показника смартизації виробництва k_J наведено на рис. 4.17.

Таким чином, у 2017 р. рівень відповідності критеріям смарт-індустріалізації аналізованого підприємства, як провідного представника галузі важкого машинобудування в Україні, у 13 разів

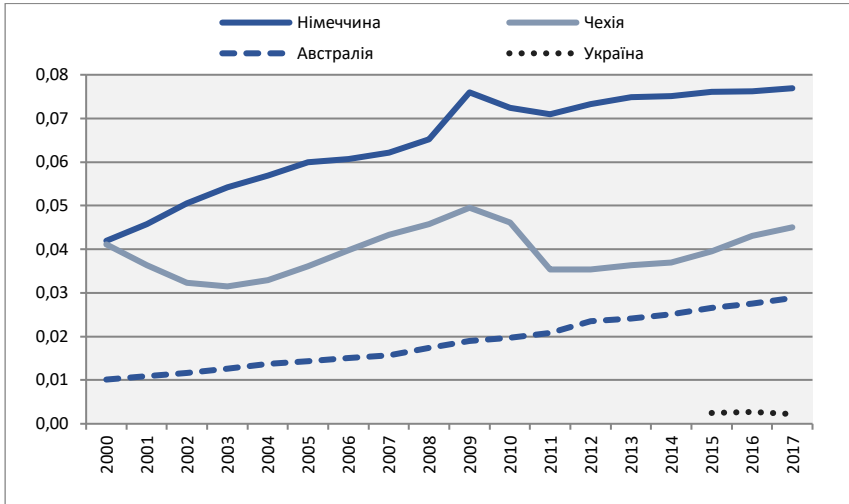


Рис. 4.17. Динаміка інтегрального показника смартизації виробництва в переробній промисловості розвинутих країн за 2000-2017 рр. і НКМЗ за 2015-2017 рр.

менше, ніж у переробній промисловості Австралії, у 20 – Чехії та в 36 разів менше Німеччини. Хоча за трьома точками не можна говорити про динаміку, проте явних передумов суттєвого покращення цієї ситуації з наведених даних не видно. Загальний висновок полягає в тому, що, судячи з показників капітальних інвестицій в економіці України загалом та показників діяльності вітчизняного лідера важкого машинобудування, прискорення смарт-індустріалізації останнім часом не відбувалось, тому вести мову про масштабну побудову сучасного кіберфізичного виробництва в Україні поки що зарано. При вирішенні завдання розвитку смарт-економіки матиме місце збільшення частки інвестицій у КПЗ і БД у капітальних інвестиціях, а також відношення інвестицій у КПЗ і БД до інвестицій у машини і обладнання, чого наразі не спостерігається.

Більш ґрунтовні висновки щодо поточної ситуації можливо було б зробити при повноцінному використанні розробленого підходу до оцінки смартизації. Однак цьому перешкоджає відсутність необхідної статистичної інформації. Тому, як відзначено вище,

розпочинати управління процесами становлення смарт-промисловості в Україні необхідно з формування відповідних даних про кіберфізичну трансформацію її економіки.

4.4. Мікроекономічні моделі та інформаційно-комунікаційні технології розвитку смарт-виробництв

4.4.1. Математичне моделювання передових машинобудівних технологій для смарт-підприємств

Відмітною особливістю смарт-промисловості є формування інтегрованої мережі кіберфізичних систем (КФС) та їх взаємодія в єдиному інформаційному просторі для забезпечення ефективності виробництва [27; 73]. Ключовою ланкою будь-якої КФС є математичні моделі об'єктів та / або процесів, у рамках параметрів яких "розумні" предмети можуть спілкуватися та взаємодіяти один з одним у мережевому просторі. Використання математичних моделей у процесі створення та функціонування КФС дозволяє обробляти інформацію з датчиків, актуаторів і передавати її по мережі для подальшої обробки та аналізу, забезпечувати взаємодію інформаційних технологій та автоматизованих систем управління технологічними процесами.

Моделювання смарт-виробництв належить до формалізованого підходу, заснованого на специфікації всіх систем підприємства або його частин. Особливості математичних моделей промислових виробництв залежать від особливостей складу, структури і функціонування конкретних систем. Розроблені до сьогодення моделі та методи опису й аналізу основних процесів на машинобудівних підприємствах [10; 14; 27; 62; 96] охоплюють різні інженерні, економічні та програмні аспекти.

Інженерні аспекти КФС для виробництва на підприємствах досліджують А. Фіні, С. Фрешетт, В. Срінівасан [27, с. 81]. М. Рен'єрс, Ж. Мортель-Фрончак, К. Рулофс розглядають питання моделювання роботи контролерів для КФС [1, с. 111]. М. Вейрих, М. Кляйн, Дж.-П. Шмідт та ін. запропонували моделі оцінки кіберфізичних виробничих систем [1, с. 169; 7; 8]. Однак представлені науковцями результати моделювання часто мають загальний ха-

рактер. Крім того, відсутня формалізація ключових параметрів виробничих систем, що ускладнює їх застосування на підприємствах.

У роботі [33] на основі узагальнення світового досвіду економіко-математичного моделювання розумних підприємств доведено, що методичний апарат для моделювання цих процесів наразі є безсистемним і недостатньо надійним [33, с. 45]. Наведені авторами загальні рекомендації щодо економіко-математичного моделювання смарт-підприємств стосуються смарт-виробництва, які вже функціонують. Однак питання створення таких смарт-підприємств із використанням математичного апарату залишається відкритим, що не дозволяє спуститися на рівень вирішення конкретних виробничих завдань на підприємствах машинобудування при переході до Індустрії 4.0.

У цілому можна виокремити три основних класи типових завдань, що зазвичай вирішуються на машинобудівному виробництві, у тому числі організованому за принципами КФС:

1) контроль якості, простежування продукції, контроль за наявністю об'єктів, вимірювання геометричних розмірів, порівняння зі зразком, підрахунок об'єктів, ідентифікація об'єктів, класифікація об'єктів, відбраковування виробів, інспекція об'єктів з усіх ракурсів, високоточні вимірювання елементів (наприклад заготовок або окремих деталей), стеження за об'єктами та ін. [27; 114]. Такі завдання в автоматизованих системах на виробництвах найчастіше вирішуються з використанням технологій машинного зору [72];

2) завдання, пов'язані з основними технологічними процесами, тобто послідовною зміною форм, розмірів, властивостей матеріалів для отримання готових деталей із заданими технічними характеристиками. При цьому останнім словом техніки в цій сфері є використання як технологічного обладнання роботів, роботизованих систем і мобільних роботизованих комплексів, які все частіше базуються на системах штучного інтелекту [7; 10; 14; 96];

3) визначення, встановлення та підтримка екологічно безпечних й економічно ефективних режимів функціонування технологічного обладнання, у тому числі верстатів із числовим програмним керуванням (ЧПК), з урахуванням накладених на них екологічних й економічних обмежень [7; 14; 27]. При цьому технологічне обладнання на машинобудівних підприємствах може характеризуватися різним ступенем автоматизації, зокрема:

застосуванням контролерів й актуаторів;
автоматизацією систем управління виробничими процесами (АСУ ВП) з використанням SCADA-систем (supervisory control and data acquisition);

інтеграцією технологічних даних АСУ ВП у корпоративну систему даних підприємства на основі великих баз даних і знань;

моніторингом стану обладнання і реалізації технології з поданням автоматично сформованих звітів для менеджерського складу.

У зв'язку з різноманітністю методів моделювання актуальним стає аналіз математичних моделей, які дозволяють вирішувати зазначені типові завдання і забезпечити можливість параметризації основних процесів для їх подальшого використання в мережевій взаємодії при побудові смарт-виробництв.

Математичне моделювання технологій машинного зору

Системи машинного (технічного) зору дозволяють автоматизувати контроль продукції, що випускається, й управління виробничими процесами шляхом аналізу візуальної інформації. Для формування зображень використовуються промислові відеокамери. Програмне забезпечення систем машинного зору аналізує побачене і передає цю інформацію оператору, автоматизованій системі управління, роботу або безпосередньо виконавчим механізмам для управління виробничим процесом. Системи машинного зору є особливо ефективними у випадках, коли обсяг, швидкість або складність аналізованої інформації істотно перевищують здібності оператора [114].

У процесі розробки та реалізації таких систем широко використовуються методи стохастичною геометрії, інтерполяційні моделі на регулярних решітках, методи кластерного аналізу, нейромережеві технології та ін. [22; 51; 57; 71; 72; 84; 91; 112].

Методи стохастичної геометрії базуються на теорії геометричних імовірностей, які вирішують питання моделювання випадкових множин просторових об'єктів на основі аналізу зображення структур різних матеріалів, ландшафтів, ґрунтів, гірських порід, руд, біологічних тканин тощо [72; 91; 112]. При цьому стохастична геометрія використовується як для опису просторової впорядкованості об'єктів, так і для оцінки їх якісних і кількісних ха-

рактистик у задачах розпізнавання і розуміння образів, що знайшло застосування в системах машинного зору [22].

Основною сферою вивчення стохастичної геометрії є випадкова замкнута множина, тобто деяке сімейство об'єктів із заданим розподілом імовірностей, на які накладаються додаткові обмеження відповідно до завдань, що розглядаються. У таких моделях найчастіше просторові дані та попередній опис випадкових замкнутих множин виконується у вигляді діаграм Вороного [72], які є універсальною структурою подання даних і можуть бути застосовані практично до будь-якої сфери промислового виробництва.

Крім того, широкого застосування в моделях машинного зору набули інтерполяційні моделі на регулярних решітках. У процесі інтерполяції точок даних, розсіяних у просторі та часі, значення й атрибути точок перетворюються на безперервний масив або матрицю численних значень вузлів решітки-грід. Точки даних при цьому мають місце розташування з деякими координатами X, Y, Z і вимірюваними значеннями атрибута. При інтерполяції даних у вузли регулярних решіток моделей використовуються: метод зворотних відстаней; лінійна інтерполяція по мережі трикутників (2D) і тетраєдрів (3D); метод ближньої точки; геостатичний метод мінімізації дисперсії – крігінг; метод найближчих сусідів по полігонах (2D) і поліедрах (3D) Вороного; поліноміальна регресія [72].

Застосування перелічених методів дозволяє будувати моделі просторових об'єктів будь-якої детальності та складності з багатозначними і багаторівневими зв'язками, що уможливило вирішення великого комплексу аналітичних завдань як щодо визначення об'ємних характеристик просторових об'єктів, так і щодо картографічної візуалізації територій із динамічною оцінкою їх функціонального стану.

У роботі [71] для вирішення завдання машинного зору в автоматичному розпізнаванні дефектів заготовок запропоновано використання методу кластерного аналізу. Розглядаються множини об'єктів $V = \{1, \dots, n\}$, які визначено як ознаки зображень і відстані між ними. При цьому розглядається повний зважений орієнтований граф $G(V, A)$, де V – безліч вершин графа, $A = \{uv : u \in V, v \in V, u \neq v\}$ – множина дуг графа і $w_{uv} = d(u, v)$ –

ваги дуг (відстані між об'єктами). Вводяться бінарні змінні $y_u(x_{uv})$, які відповідають вершинам $u \in V$ (дугам $uv \in A$). Змінна y_u дорівнює 1, якщо вершина u є медіаною. Змінна x_{uv} дорівнює 1, якщо вершина v належить до кластера, який визначається медіаною u . У цих позначеннях задача кластерного аналізу формулюється як задача цілочисельного програмування:

$$\begin{aligned} \sum_{uv \in A} w_{uv} x_{uv} &\rightarrow \min_{(x,y)}, \\ \sum_{u \in V, u \neq v} x_{uv} + y_v &= 1, \forall v \in V, \\ x_{uv} &\leq y_u, \forall uv \in A, u \in V, \\ \sum_{u \in V} y_u &= p, \quad y_u \in \{0,1\}, \forall u \in V, \\ x_{uv} &\in \{0,1\}, \forall uv \in A. \end{aligned}$$

Дана методика загалом є досить ефективною, але дещо громіздкою в розрахунках. Для зменшення часу на виконання розрахунків усе частіше при розв'язку задач розпізнавання образів використовують методи штучного інтелекту, зокрема нейронні мережі.

Штучні нейронні мережі являють собою мережі елементів – штучних нейронів, пов'язаних один з одним. Мережі обробляють вхідну інформацію та в процесі зміни свого стану в часі формують сукупність вихідних сигналів [84]. Кожен нейрон характеризується своїм поточним станом. Він складається з елементів трьох типів [51]: помножувачів – аналогів синапсів біологічного нейрона; суматора (у біологічному нейроні функцію суматора виконує аксонний горбок); нелінійного перетворювача – порога нервового імпульсу біологічного нейрона.

Синапси здійснюють зв'язок між нейронами, помножуючи вхідний сигнал на число, що характеризує силу зв'язку. Це число називають вагою синапсу, або ваговим коефіцієнтом.

Суматор виконує додавання сигналів, що надходять по синаптичних зв'язках від інших нейронів і зовнішніх вхідних сигналів.

Нелінійний перетворювач реалізує нелінійну функцію одного аргументу – виходу суматора. Ця функція називається функцією активації нейрона, або активаційною функцією.

Нейрон у цілому реалізує скалярну функцію деякого аргументу, тобто $y = F(x_1, x_2, \dots, x_n)$, де F – функція "вхід-вихід нейрона". Визначити дану функцію можна за допомогою математичної моделі нейрона

$$\begin{cases} s = \sum_{i=1}^n w_i x_i, \\ y_j = f(s) \end{cases}$$

де x_i – компонента вхідного вектора (вхідний сигнал) $i = \overline{1, n}$;

w_i – синаптичні ваги;

s – результат підсумовування;

$f(s)$ – функція активації;

y_j – вихідний сигнал нейрона, $j = \overline{1, m}$.

У системах машинного (технічного) зору для нейромереж типові постановки завдань є такими [84]:

апроксимація функцій відповідно до набору точок (регресія);

класифікація даних відповідно до заданого набору класів;

кластеризація даних із виявленням заздалегідь невідомих класів-прототипів;

стиснення інформації;

відновлення втрачених даних;

асоціативна пам'ять;

оптимізація, оптимальне управління.

Залежно від типу розв'язуваної задачі використовуються різні топології (структури) і типи нейронних мереж. Технології машинного зору на основі нейронних мереж застосовуються для діагностики та контролю якості у промисловості, зокрема в машинобудуванні, та мають безліч переваг перед такими класичними моделями, як градієнтні, статистичні, локальної адаптації, шаблонні та ін. Так, після навчання нейронні мережі здатні сприймати тільки потрібну їм інформацію, незважаючи на сторонні шуми. Крім того, можли-

вість адаптації нейромереж до змін формує здатність до самонавчання і є найважливішою властивістю штучних нейронних мереж. Отже, ключові переваги нейронних мереж перед іншими математичними моделями для використання на смарт-підприємствах полягають у самонавчанні, відмовостійкості та швидкості роботи.

Технології машинного зору, які реалізують нейронні мережі, є актуальними для вирішення певних категорій завдань на промислових виробництвах: зчитування текстового маркування з поверхні заготовок і готової продукції у процесі виробництва безпосередньо на конвеєрі або виробничій лінії; зчитування 1D- і 2D-кодів; простежування продукції; контроль за наявністю об'єктів; вимірювання геометричних розмірів; порівняння зі зразком; підрахунок об'єктів; ідентифікація об'єктів; контроль кольору; зір промислових роботів; контроль якості – "комплексна інспекція"; інспекція поверхонь; хронометраж робочого часу; рішення на базі 3D-сканерів; логістика тощо [51; 57; 114].

Системи машинного зору, що використовуються спільно з роботами, дозволяють істотно розширити спектр вирішуваних завдань на виробництві. Завданнями системи "зір + робот" є такі: переміщення продукції, завантаження / розвантаження, класифікація об'єктів, відбраковування виробів, інспекція об'єктів з усіх ракурсів. Переваги використання машинного зору для роботів полягають у такому: управління роботом у процесі виробництва, всебічний контроль продукції, точність роботи, запобігання випадковим зіткненням роботів, усунення необхідності купувати високоточне обладнання, можливість обробляти різні об'єкти без складного переналагоджування тощо.

Математичне моделювання мехатронних і робототехнічних систем

Як зазначено вище, для вирішення різних завдань у машинобудуванні все частіше застосовуються роботи, мехатронні та робототехнічні системи. Це пов'язано з їх зростаючими функціональними можливостями, зумовленими використанням більш досконалих систем управління, розвиток яких базується на відомих досягненнях засобів обчислювальної техніки.

У роботі [93] наведено математичну модель виконавчого механізму, яку одержано з використанням методики складання блоч-

но-матричних математичних моделей виконавчих механізмів, що мають розгалужену кінематичну структуру. Кінематичну схему виконавчого механізму представлено у вигляді деревоподібного спрямованого графа; ланки в такому графі – вершинами, а зчленування, що їх з'єднують, – дугами. Це дозволяє сформулювати рівняння виконавчого механізму, який має деревоподібну кінематичну структуру, щодо узагальнених координат [94]

$$A(q) \cdot \ddot{q} + B(q, \dot{q}) - C(q) \cdot {}^0 f_g - H(q) \cdot {}^0 n_g = \tau,$$

де q – вектор узагальнених координат виконавчого механізму в початковий момент часу;

\dot{q} , \ddot{q} – вектори узагальнених координат виконавчого механізму в наступні моменти часу відповідно до кількості точок над q ;

τ – вектор сил, моментів, що розвиваються приводами робота;

${}^0 f_g$, ${}^0 n_g$ – блокові матриці зовнішніх сил і моментів, прикладених до ланок з боку навколишнього середовища;

$A(q)$, $B(q, \dot{q})$, $C(q)$, $H(q)$ – матричні коефіцієнти, що обчислюються відповідно до визначених залежностей, дозволяють розраховувати моменти і потужності, які розвиваються приводами та необхідні для забезпечення заданих програмних рухів робота.

Традиційна форма подання моделей роботів із лінійним кінематичним ланцюгом дозволяє використовувати стандартні методи та програмне забезпечення для здійснення подальших досліджень і формування алгоритмів управління роботом [111]. Розраховані при різних зовнішніх навантаженнях на ланки виконавчого механізму робота необхідні моменти і потужності, що розвиваються приводами в ступенях рухливості робота, можуть стати основою для проєктування його системи приводів і підключення відповідних елементів до єдиної мережі підприємства для забезпечення поточного контролю за виконанням тих чи інших виробничих завдань.

Часто для розробки інтелектуальних систем управління автономними роботами використовуються моделі різних нейронних мереж [108; 110; 111]. Так, у дослідженнях [78; 108; 110; 111] у рамках інтелектуальної системи управління роботом розглянуто застосу-

вання тривимірної нейромережі. Загальну структуру таких інтелектуальних систем управління наведено на рис. 4.18.

Плануюча підсистема являє собою багатоярусну нейронну мережу. За прийняття рішення про напрямок руху апарату на кожному елементарному кроці переміщення відповідає нейронна мережа Хопфілда, яка в структурі інтелектуальної системи управління представлена блоком "плануюча система".

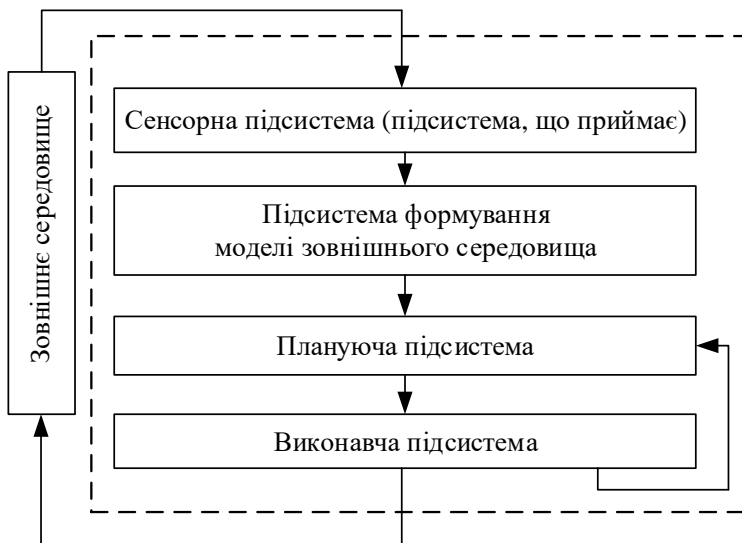


Рис. 4.18. Структура інтелектуальної системи управління роботом

Структура відповідного програмного комплексу для моделювання системи нейромережевого інтелектуального управління роботом містить:

модуль емуляції сенсорної підсистеми – програмна емуляція моделі, що відповідає за одержання даних про зовнішнє середовище;

модуль 3D-емуляції зовнішнього середовища – призначений для відображення зовнішнього середовища та взаємодії робота із зовнішнім середовищем;

модуль нейромережевого планування – реалізує описані алгоритми і відповідає за вибір напрямку переміщення робота на кожному кроці;

модуль формування моделі прохідності зовнішнього середовища – відповідає за інтерпретацію даних про зовнішнє середовище, отриманих від модуля емуляції сенсорної системи, виділяючи перешкоди і вільні ділянки для формування масиву перешкод;

ядро – відповідає за синхронізацію роботи всіх модулів і містить інтерфейс для підключення / відключення різних модулів системи.

Наведена структура інтелектуальної системи планування й управління рухом автономного апарату (робота) дозволяє скласти загальне уявлення про подібні інтелектуальні системи управління, у тому числі промислового призначення.

Проблема автоматизації виробництва в машинобудуванні є самостійним комплексним питанням, а його вирішення в рамках побудови смарт-підприємств на базі кіберфізичних систем за допомогою математичних моделей роботизованої техніки дозволяє створювати нове обладнання, вдосконалювати технологічні процеси та системи організації виробництва та об'єднувати ці системи в рамках мережевого простору підприємства на базі їх ключових параметрів. Результати таких нововведень – поліпшення умов праці, зростання якості продукції, скорочення потреби в робочій силі та систематичне підвищення прибутку підприємств машинобудування [66].

Однак застосування роботів на вітчизняних підприємствах промисловості хоч і має місце, але тільки починає розвиватися. У даний час на машинобудівних підприємствах більшого поширення набули автоматизовані системи виробництва та складання деталей і машин, автоматизовані системи управління виробничими процесами, які, діставши розвитку, набувають вигляду інтелектуальних виробничих систем.

Математичне моделювання інтелектуальних виробничих систем

Поняття інтелектуальної виробничої системи (ІВС) сформувалося під впливом зростаючих можливостей інформаційних технологій. Аналіз етапів розвитку ІВС свідчить, що основним її елемен-

том є комп'ютерна система управління. Крім програмного управління та інтеграційних функцій, ІВС вирішують завдання сприйняття, розпізнавання та відображення інформації, а також формування управлінських рішень щодо доцільної поведінки в різних ситуаціях розвитку виробничого процесу. Основою функціонування даних елементів є математична модель, а саме моделювання здійснюється з використанням комп'ютерної техніки, оскільки потребує значних обсягів обчислень.

Для моделювання інтелектуальних виробничих систем використовується широкий спектр математичних моделей. Різноманітність обладнання та способів організації робіт на машинобудівному підприємстві потребує багатоваріантного аналізу технологічних процесів і вибору найбільш ефективного у конкретному випадку варіанта структури ІВС. У виробничих системах такі операції, як установка-зняття заготовки з верстату, підвід-відвід інструмента, обточування, контроль, є типовими функціями, що виконуються дискретними виробничими процесами. Досвід моделювання таких процесів і різних типів дискретних подієвих систем свідчить про те, що близько 80% цих моделей засновані на теорії систем масового обслуговування (СМО) [92].

У роботі [85] автоматизовані виробничі системи представлені у вигляді мереж багатофазних одно- і багатоканальних СМО без відмов із найпростішою чергою обслуговування FIFO й обмеженим вхідним потоком заявок, який відповідає плану виробництва. При цьому множину технологічних параметрів автоматизованої виробничої системи розбито на пересічні підмножини, кожна з яких зведена до часу обслуговування заявки у СМО. Тривалість технологічних процесів відображається введенням випадкових тимчасових затримок у приладі СМО, що імітують обладнання автоматизованої виробничої системи. Час виготовлення кожного виробу визначається сумою

$$T_0 = \sum_{i=1}^N t_i + \sum_{j=2}^P t_j + \sum_{k=0}^Q t_k + \sum_{n=0}^S t_n ,$$

де t_i – тривалість кожної операції з обробки заготовки, включаючи час на її установку / зняття;

N – загальна кількість операцій, необхідних для виготовлення деталі;

t_j – тривалість транспортування заготовки між робочими місцями;

P – число j -х переміщень заготовки;

Q – загальна кількість простоїв;

t_k – час очікування заготовки перед робочим місцем або перед транспортуванням, $t_k = f(\lambda, t_i, n)$;

λ – інтенсивність надходження заявок;

n – кількість верстатів або транспортних засобів, які працюють паралельно;

t_n – інший час простоїв (позациклові втрати).

При цьому вид транспортного засобу та планування ділянки задаються структурою СМО. Вихідний потік представляють готові вироби, а обслуговуючі пристрої імітують відповідно транспортний засіб та i -те робоче місце. Кожен такий S_i пристрій – це система масового обслуговування, в якій паралельно працюють n приладів St_i , які відображають верстати, що обслуговуються одним приладом – T_i -м роботом-маніпулятором.

Для розрахунків у таких мережах використовується теорія імовірнісних мереж, заснована на марківських і напівмарківських процесах [85], але більшість результатів одержано тільки для експоненційних законів розподілу. При кількості вузлів мережі більше трьох для розрахунків застосовуються чисельні наближені методи. У роботі [98] для моделювання дискретної системи розглянуто використання мови імітаційного моделювання GPSS / H. Аналіз часу проходження динамічних об'єктів у моделі та часу зайнятості приладу при функціонуванні моделі дозволяє одержати такі важливі характеристики автоматизованої виробничої системи, як продуктивність і ступінь використання обладнання.

Моделі автоматизованих виробничих систем, представлені у вигляді мереж багатофазних одно- і багатоканальних СМО, дозволяють:

здійснювати порівняльну оцінку варіантів автоматизації виробничих систем й обирати найбільш ефективний;

оцінювати продуктивність автоматизованої системи при обліку позациклових втрат;

знаходити шляхи підвищення ступеня використання обладнання шляхом узгодження технологічних операцій у часі та просторі;

виявляти й усувати "вузькі" місця у технологічному процесі; вибирати найкращу структуру виробничого процесу при проектуванні.

У роботі [98] висвітлено проблему модельно-орієнтованого управління в ІВС, яка полягає у використанні широкого спектра комп'ютерних моделей на всіх рівнях прийняття рішень. У публікації [66] наведено завдання, які вирішують сучасні програмні комплекси на виробництві, а також розглянуто застосування мереж Петрі та компонентно-орієнтованого підходу для моделювання, аналізу, верифікації технологічного процесу складання.

Аналогічно в джерелі [39] досліджено завдання симуляції та верифікації результатів складання виробу. Система дозволяє моделювати технологічні процеси складання, здійснювати верифікацію процесу, аналізувати вироби, які збирають на виробництві, оцінювати виробничі ресурси, обладнання, інструмент і пристосування, розраховувати часові характеристики технологічних операцій складання [4]. Такі системи включено до складу систем PLM (product lifecycle management – прикладне програмне забезпечення для управління життєвим циклом продукції), вони тісно взаємодіють із різними САД-системами (AutoCAD, T-flex CAD, SolidWorks, CATIA та ін.), САПР ТП/САРР (системи автоматизованого проектування технологічних процесів / Computer-Aided Process Planning – Техно-Про, Вертикаль, Timeline), різними базами даних, PDM-системами (product data management – системи управління даними про виріб: Simatic PDM, ENOVIA Smarteam та ін.) [85].

У роботі [82] розглянуто принцип формування багаторівневих комп'ютерних моделей SCADA-систем (supervisory control and data acquisition – програмно-апаратний комплекс збору даних і диспетчерського контролю), що дозволяють за допомогою математичних моделей об'єктів управління визначати, встановлювати і під-

тримувати в технологічному обладнанні підприємств промисловості екологічно безпечні й економічно ефективні режими функціонування з урахуванням накладених на них обмежень.

Реальним об'єктом у SCADA-системах можуть виступати виробничі процеси, що реалізуються за допомогою верстатів, конвеєрів, різної робототехніки тощо, а також управлінські процеси на підприємствах машинобудування.

SCADA-системи є новим етапом у розвитку автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУ ТП) різних галузей промисловості. Вони представлені апаратно-програмними комплексами, які здійснюють збір і передачу даних первинних вимірювань, їх математичну обробку та візуалізацію на моніторі комп'ютера, а також протоколювання процесу управління. SCADA-системи – це реалізована на комп'ютері програмна частина АСУ ТП, яка має дружній інтерфейс користувача. Ними забезпечується повнота і наочність представленої на моніторі інформації, доступність "важелів" керування, зручність користування підказками і довідковою системою. За допомогою реалізованих у SCADA-системі компонент диспетчер отримує потрібну інформацію та має можливість впливати на керувані системи.

Сучасним напрямом розвитку SCADA-систем є інтелектуалізація процесу прийняття управлінських рішень, тобто його часткова або повна автоматизація, що дозволяє в рамках заданих вимог і обмежень визначати керуючі впливи на об'єкт, які мають рекомендаційний характер і виводяться на монітор оператора SCADA-системи. Для цього застосовуються різні математичні моделі, методи, експертні системи з наборами моделей знань і нейронні мережі. Одержані результати моделювання представлені керуючими впливами та рекомендаціями, що призводять керуючі системи у знайдений екологічно безпечний та (або) економічно ефективний режим функціонування [82].

Передумови успішного застосування математичних моделей

Розроблені до сьогоденного часу моделі та методи опису й аналізу основних процесів на машинобудівних підприємствах у рамках побудови КФС систем охоплюють різні інженерні та програмні аспекти.

До подальшого розвитку й упровадження на підприємствах вітчизняного машинобудування рекомендовано моделі стохастичної геометрії, інтерполяційні моделі на регулярних решітках, методи кластерного аналізу, моделі штучних нейронних мереж. Вони можуть застосовуватися для вирішення завдань контролю якості, простеження руху продукції, контролю за наявністю об'єктів, вимірювання їх геометричних розмірів, порівняння зі зразком, підрахунку, ідентифікації та класифікації об'єктів, відбракування виробів, інспекції об'єктів із різних ракурсів, високоточних вимірювань елементів (наприклад заготовок або окремих деталей) тощо в автоматизованих системах на виробництвах.

Для вирішення завдань автоматизації виробництва в машинобудуванні в рамках побудови смарт-підприємств на базі КФС доцільно використовувати математичні моделі штучних нейронних мереж, марківські та напівмарківські моделі управління роботизованими платформами. Це дозволить створювати нове обладнання, удосконалювати технологічні процеси і систему організації виробництва, об'єднувати ці системи в рамках мережевого простору підприємства на базі ключових формалізованих параметрів.

Разом із роботизованою технікою в рамках створення смарт-підприємств і об'єднання КФС у єдину мережу підприємства в машинобудуванні актуальним є створення нових і розвиток існуючих автоматизованих систем виробництва та складання деталей і машин, автоматизованих систем управління виробничими процесами, інтелектуальних виробничих систем. У рамках КФС такого класу рекомендується формалізація виробничих процесів на базі мереж Петрі, математичних моделей теорії систем масового обслуговування, імітаційного моделювання, нейронних мереж.

Як відзначено вище, КФС, засновані на математичному представленні виробничих процесів на машинобудівних підприємствах, дозволяють моделювати технологічні процеси, аналізувати вироби, оцінювати виробничі ресурси й обладнання тощо. При цьому в рамках формалізованих параметрів математичних моделей забезпечується взаємодія в єдиному мережевому просторі машинобудівного підприємства КФС із різними системами автоматизованого проектування (САД-системами), автоматизованими системами технологічної підготовки виробництва (САПР ТП / САРР), єдиною ба-

зою даних підприємства, системами управління даними про виріб (PDM-системами) тощо.

Сьогодні рекомендовані моделі, за окремими винятками, ще не знайшли широкого застосування в діяльності машинобудівних підприємств України і часто не використовуються фахівцями на практиці. Це пов'язано із загальним відставанням вітчизняних виробників у технологіях, які застосовуються на виробництвах, і низьким рівнем інноваційного розвитку цих підприємств.

Як свідчить досвід вітчизняних і зарубіжних компаній, а також оцінки фахівців [14; 53; 113], для впровадження та подальшого практичного використання наведених математичних моделей у межах створення КФС на підприємствах машинобудування для вирішення основних виробничих завдань необхідно виконати такі умови:

- оцінити потенціал, визначити наявність КФС, уже створених на підприємстві та об'єднаних у єдине інформаційне середовище;

- визначити сфери / перелік необхідних додаткових розробок нових і модернізації вже існуючих КФС;

- створити умови для продовження поточної виробничої діяльності при модернізації основної виробничої системи для забезпечення мінімізації простоїв;

- підготувати необхідний персонал у сфері ІТ-технологій: пере-кваліфікувати наявний робочий штат, найняти кваліфікованих фахівців у сфері ІТ-технологій, створити спеціалізовані відділи автоматизації та інформатизації;

- забезпечити наявність відповідного програмного забезпечення – розробити / придбати софт, який має дружній інтерфейс, є простим у використанні та задовольняє потреби користувача в рамках інтеграції КФС;

- організувати хмарні сховища або сервери даних, необхідні для забезпечення зберігання великої кількості даних (інформації про замовлення, програмного забезпечення, виробничих даних, даних управління підприємством тощо);

- забезпечити широкосмуговий зв'язок на підприємстві – створити інфраструктуру зв'язку, яка допускає обмін інформацією в набагато більших обсягах і вищій якості, ніж це можливо в діючих мережах зв'язку; оновлені мережі мають забезпечувати надійність, якість обслуговування і повсюдну доступність смуги пропускання;

забезпечити контроль виробничого процесу за допомогою КФС – усі дані, що надходять із датчиків, вводяться в моделі віртуальних установок та імітаційні моделі (побудовані на базі математичних моделей у рамках основних параметрів систем) і створюють віртуальну копію реальних виробничих процесів для отримання необхідної інформації без присутності на виробництві;

забезпечити в рамках КФС взаємозв'язок виробничих процесів і систем управління підприємством. На даному рівні вирішуються питання планування виробничої потужності, виробничого процесу, ресурсів, контролю процесів виробництва, якості кінцевої продукції та її реалізації;

забезпечити безпеку в рамках: єдиної інформаційної системи підприємства (вставка 4.1) – захист даних у цифрових системах від неправомірного використання, несанкціонованого доступу, модифікації або знищення (піратства, промислового шпигунства шляхом зовнішнього втручання за допомогою ІТ-технологій тощо); експлуатації КФС людиною – відсутність ризиків і загроз для людини і навколишнього середовища в результаті роботи системи, що потребує експлуатаційної безпеки (відмовостійкості) та високого ступеня надійності.

Таким чином, розглянуті математичні моделі передових машинобудівних технологій відповідно до вирішуваних на виробництвах завдань дозволяють здійснювати формалізацію основних процесів для подальшого застосування параметрів моделей у мережів взаємодії систем на смарт-підприємствах.

Найбільш перспективними для впровадження на підприємствах машинобудування є моделі штучних нейронних мереж. Це пов'язано з широким спектром можливих вирішуваних завдань, який включає моделювання машинного зору, мехатронних і робототехнічних систем, автоматизацію виробництва, інтелектуальних виробничих систем. Моделі штучних нейронних мереж вигідно відрізняються від інших здатністю до навчання та самонастроювання, відмовостійкістю і швидкістю роботи, що особливо важливо для смарт-виробництва. Однак їх обмеженням є необхідність попереднього навчання мережі незалежно від вирішуваного завдання, що потребує наявності досить великої кількості даних про відповідні процеси на підприємстві.

Вставка 4.1.

Досвід створення єдиного інформаційного середовища на Новокраматорському машинобудівному заводі

ПАТ "Новокраматорський машинобудівний завод" (НКМЗ) є одним із найбільших в Україні та світі заводів важкого машинобудування. Для забезпечення ефективності виробництва складної наукоємної продукції на НКМЗ використовується система управління життєвим циклом виробів у рамках єдиного інформаційного середовища. Єдине інформаційне середовище функціонує на базі локальної мережі заводу з обмеженим виходом до інтернету в межах системи управління взаємовідносинами з клієнтами та постачальниками (рис. 4.19).



Рис. 4.19. Система управління життєвим циклом продукції в рамках єдиного інформаційного середовища на НКМЗ

На підприємстві через специфіку виробництва, унікальність конструкторських розробок замовлень і наукоємність виробленої продукції ключовою ланкою є інтелектуальна праця конструкторів, які працюють у рамках модуля інженерних розрахунків і оптимізації CAE. Незважаючи на забезпечення допомоги конструкторам модулем CAE у вирішенні різних інженерних завдань у межах розрахунків із використанням оптимізаційних математичних моделей, аналізу та симуляції фізичних процесів, результат інтелектуальної роботи здебільшого залежить від людського чинника.

Унаслідок наукоємності машинобудівного виробництва поки не існує альтернативи роботі інженера-конструктора. Безумовно, це накладає обмеження на впровадження концепції смарт-індустрії у процес виробництва машинобудівної продукції. Однак на НКМЗ у рамках

окремих процесів використовуються кіберфізичні системи, об'єднані спільною базою даних на основі локальної мережі підприємства.

У роботі управлінського та інженерного персоналу технічною базою таких систем є персональні комп'ютери, якими забезпечені робочі місця всіх без винятку співробітників. Технічну базу виробничого персоналу (наскільки це можливо в рамках виконуваних ним функцій) становлять персональні комп'ютери і верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК), які підключаються до централізованої системи управління за допомогою заводської мережі.

Для вирішення завдань автоматизації виробництва у машинобудуванні в рамках побудови смарт-підприємств актуальним також є використання марківських і напівмарківських моделей, математичних моделей теорії систем масового обслуговування, мереж Петрі для опису виробничих процесів, які дозволяють створювати нове обладнання, удосконалювати технологічні процеси і систему організації виробництва, об'єднувати ці системи в рамках мережевого простору підприємства на базі ключових формалізованих параметрів. Обмеженням даних моделей є те, що кожен процес виділяється в окремий стан системи у процесі математичного моделювання. Це може призводити до невиправданого збільшення кількості станів системи і зайвого нагромадження параметрів у моделях. Однак при грамотному підході зазначені моделі знаходять застосування для опису виробничих процесів та добре зарекомендували себе у процесі виявлення й усунення "вузьких" місць у технологічних процесах, вибору найбільш доцільної структури виробничого процесу при проєктуванні, оцінці продуктивності автоматизованої системи та ін.

У результаті математичного моделювання передових машинобудівних технологій на смарт-підприємствах у рамках формалізованих параметрів математичних моделей забезпечуватиметься взаємодія КФС у єдиному мережевому просторі з різними системами автоматизованого проєктування (CAD-системами), автоматизованими системами технологічної підготовки виробництва (САПР ТП / CAPP), єдиною базою даних підприємства (Big Data), системами управління даними про виріб (PDM-системами), SCADA-системами виробничих й управлінських процесів тощо. У зв'язку з цим

для забезпечення переходу промислових підприємств на принципи "смарт" важливо створити відповідні умови впровадження, а саме: підготувати кваліфікований персонал у сфері ІТ-технологій, забезпечити наявність відповідного програмного забезпечення, організацію хмарних сховищ або серверів даних, широкосмуговий зв'язок, у рамках КФС – взаємозв'язок виробничих процесів і систем управління підприємством, безпеку в рамках єдиної інформаційної системи підприємства та експлуатації КФС.

Крім того, розглянуті підходи до моделювання передових машинобудівних технологій для створення смарт-підприємств потребують урахування специфіки виробництва, структури підприємства, використовуваних нових технологій, ступеня автоматизації процесів виробництва й управління, вже створених на підприємстві кіберфізичних "островів" тощо. Перспективними напрямками подальших досліджень є вдосконалення та адаптація наведених моделей і відповідних підходів до їх реалізації для використання на конкретних підприємствах машинобудування у процесі впровадження концепції Індустрії 4.0 у вітчизняне промислове виробництво.

4.4.2. Інформаційне забезпечення розвитку смарт-виробництва

Ускладнення технологій виробництва смарт-промисловості та повсюдне впровадження кіберфізичних систем у виробничі процеси потребує переходу до використання відповідного інформаційного, програмного, технічного інструментарію [74]. Одним із найважливіших чинників розвитку "розумних" виробництв стає інформаційна комунікація на підприємстві, а інформаційно-комунікаційні технології – тим інструментом, який дозволяє ефективно взаємодіяти на всіх рівнях виробництва й управління.

Випереджальний розвиток комунікацій і комунікаційної активності підприємств, широкосмугового доступу до інтернету, технологій Wi-Fi, інформаційної грамотності персоналу підприємств дозволяє стверджувати, що ІКТ є однією з ключових ланок у розвитку "розумних" виробництв [118].

Створення єдиного інформаційного простору промислових комплексів є досить складним завданням, яке необхідно вирішувати

відповідно до сучасних методів, засобів і стандартів управління [8; 9; 26; 30; 40; 55; 56; 65; 75; 77; 102].

У публікації [18] розглянуто питання планування виробництва на основі знань для Industry 4.0. Б. Гернхардт, Т. Фогель, М. Хем'є відзначають, що стрімкий розвиток методів індустріалізації та інформатизації стимулював величезний прогрес у розробці технологій виробництва. Такі технології об'єднують різні дисципліни, у тому числі КФС, промисловий інтернет речей (IIoT), хмарні технології, промислову інтеграцію, корпоративну архітектуру, управління бізнес-процесами, інформаційну інтеграцію тощо. Однак сьогодні відсутність потужних інструментів розвитку "розумних" виробництв усе ще є серйозною проблемою. Зокрема, формальні та системні методи мають вирішальне значення.

У роботі [1] запропоновано в супроводі змін у виробничих стратегіях, спрямованих на розвиток "розумних" виробництв, використовувати методологічний підхід, який включає побудову діаграм IDEF0 і методологію аксіоматичного проектування. Зокрема, А. Альварес, Л. Сантуш де Олівейра та Ж. Еспіндола Феррейра розглядають відповідні моделі для моніторингу та координації роботи токарного верстата з числовим програмним управлінням. Проте автори рекомендують вузькоспрямовану розробку на базі зазначеного методологічного підходу, яку не можна застосовувати як концептуальну модель на підприємствах у процесі розвитку Індустрії 4.0. Хоча в цілому структурні компоненти методологічного підходу становлять інтерес з точки зору використання формальних і системних інструментів розвитку "розумних" виробництв.

А. Качада, Ф. Пірес, Ж. Барбоза, П. Лейтау та А. Кела як інструмент проектування й управління розвитком смарт-виробництв розглядають методологію мереж Петрі [6]. Науковці пропонують використовувати методологію, яка передбачає формалізацію процесів розвитку "розумних" виробництв, а саме моделювання, аналіз, перевірку перехідних виробничих процесів під час фази проектування та контроль і моніторинг таких процесів на етапі реалізації.

О. Волгін, І. Гусев, С. Куликов, С. Манцеров, О. Панов розглядають завдання побудови єдиного інформаційного простору машинобудівного підприємства [75]. Автори стверджують, що концепція віртуального підприємства, технології підтримки та забезпечення онлайн-взаємодії фахівців на стадіях проектування, вироб-

ництва, збуту та на інших етапах життєвого циклу виробів визначають сферу можливих рішень інтеграційних завдань. Запропоновано способи створення єдиного інформаційного простору підприємства на основі хмарних технологій і наведено приклади функціональних моделей єдиного інформаційного простору підприємства.

Побудова розподілених автоматизованих систем для проектування й управління у промисловості становить основу сучасних CALS-технологій. Однак суттєвим недоліком їх побудови самі автори вбачають необхідність забезпечення однакового опису й інтерпретації даних незалежно від місця та часу їх отримання в загальній системі, що потребує жорсткої стандартизації структури документації та мов її подання. При цьому використання в розвитку "розумних" виробництв різних CAD / CAM / CAE-систем у рамках різних відділів обумовлює необхідність застосування інструментів, які б дозволили формалізувати і виявляти взаємодію користувачів у єдиному інформаційному просторі підприємства. Такими інструментами обрано методологію функціонального моделювання IDEF0, методологію інформаційного моделювання IDEF1X і технологію хмарних обчислень [75]. Однак запропонована модель потребує адаптації для застосування на машинобудівних підприємствах відповідно до специфіки предметної сфери, а отже, доопрацювання для побудови єдиного інформаційного простору розвитку "розумних" виробництв.

Для успішного впровадження концепції Індустрії 4.0 на промислових підприємствах керівництву і персоналу підприємства слід мати чітке уявлення про загальну послідовність дій, необхідність виконання конкретних функцій, потрібні ресурси, інформаційні потоки, інструкції, нормативну інформацію, комплекс моделей і підходів, які застосовуються при досягненні мети розвитку смарт-виробництв. У зв'язку з цим одним із найважливіших чинників розвитку "розумних" виробництв стає інформаційна комунікація на підприємстві, а розробка відповідних формальних і системних інструментів ІКТ – першорядним завданням для найбільш ефективної взаємодії на всіх рівнях виробництва й управління.

Як відомо, ІКТ являє собою комплекс об'єктів, дій і правил, які використовуються в процесі підготовки і передачі даних, необхідних для особистої, масової або виробничої комунікації [1; 6; 18; 28; 31; 95; 101; 115]. Призначенням подібних технологій є забезпе-

чення людей інформаційною базою для прийняття тих чи інших рішень на підприємствах у рамках розвитку "розумних" виробництв.

Сучасними підходами до створення інформаційних систем на підприємствах є структурно-орієнтований, об'єктно-орієнтований та процесно-орієнтований [55; 65].

Суть структурного підходу до розробки інформаційних моделей полягає в декомпозиції системи на автоматизовані функції: система розбивається на функціональні підсистеми, які, у свою чергу, – на підфункції, що поділяються на завдання і так далі. Процес розбиття триває аж до конкретних процедур. При цьому система зберігає цілісне уявлення, в якому всі складові компоненти взаємопов'язані [30; 55]. Усі методології структурного підходу передбачають вирішення складних проблем шляхом їх розбиття на безліч менших незалежних завдань, легких для розуміння і вирішення, та організуються в ієрархічні деревоподібні структури з додаванням нових деталей на кожному рівні. Таким чином, виокремлюються найбільш істотні аспекти системи, дані структуруються та ієрархічно організуються.

Особливістю структурного підходу є потреба в розбитті технологій виконання робіт на окремі, як правило, не пов'язані між собою фрагменти, які виконуються різними структурними елементами організаційної структури. Також недоліком є відсутність відповідального за кінцевий результат і контроль за технологією загалом [8]. Проте в структурному аналізі використовуються в основному методи, що ілюструють функції системи, і відносини між даними, де серед інших відображаються комунікаційні зв'язки: блоки групуються відповідно до використання одних вхідних даних та / або виробництва одних вихідних даних. Даний факт є тією перевагою, яка дозволяє використовувати структурний підхід і відповідні методології для опису ІКТ розвитку "розумних" виробництв [40].

Об'єктно-орієнтовані методології засновані на об'єктній декомпозиції предметної сфери, яка представляється у вигляді сукупності об'єктів, що взаємодіють між собою за допомогою передачі повідомлень. Об'єктно-орієнтований підхід полягає у представленні модельованої системи у вигляді сукупності класів і об'єктів предметної сфери. При цьому ієрархічний характер складної системи

описується з використанням ієрархії класів, а її функціонування розглядається як взаємодія об'єктів [102].

Головним недоліком об'єктно-орієнтованих методологій є відсутність інструменту, який однаково добре реалізує етапи аналізу вимог і проектування. Крім того, більшість методів об'єктно-орієнтованого аналізу спрямовані на конкретні об'єкти виробничих комплексів, що потребує конкретики у визначенні сфери реалізації побудованих із використанням таких підходів інформаційних моделей. Також у більшості з них відсутня стандартизація у сфері програмотехніки (наприклад, для представлення об'єктів і взаємозв'язків між ними), чого недостатньо для вирішення завдання вивчення ІКТ-розвитку "розумних" виробництв. Ці факти обмежують можливість застосування об'єктно-орієнтованих методологій для опису ІКТ-розвитку "розумних" виробництв.

Процесно-орієнтований підхід передбачає представлення організаційної структури, структури даних і функцій у вигляді моделі бізнес-процесів, що дозволяє одержувати уявлення про роботу системи, яка моделюється, з різних точок зору – процесної, організаційної, функціональної, інформаційної.

Основу даного підходу становить бізнес-процес. Бізнес-процеси – це ділові, адміністративні, технологічні процедури функціонування підприємства, до яких належать документообіг, управління фінансовими, матеріальними потоками, персоналом, організаційно-господарськими і технологічними процесами, процесами проектування виробів [102]. При такому підході увага приділяється механізму взаємодії структурних підрозділів, націленому на одержання кінцевого продукту. Результатом повнофункціонального впровадження при цьому є добре структурована система, а також набір моделей, що описують функціонування та взаємодію підрозділів.

Вимога докладного розгляду взаємодії структурних підрозділів при використанні процесно-орієнтованого підходу ускладнює його застосування для опису ІКТ-розвитку "розумних" виробництв, оскільки необхідним стає вивчення організаційної структури конкретних підприємств і виробничих комплексів. Побудова такої моделі для абстрактного підприємства з урахуванням інформаційно-комунікаційної складової процесів розвитку "розумних" виробництв є проблематичною, тому що потребує врахування наведених особливостей.

Таким чином, аналіз сучасних підходів до створення єдиного інформаційного простору промислових комплексів свідчить, що структурний підхід передбачає використання методів ілюстрації функцій, які виконуються системою, і відносин між даними, а також дозволяє найбільш повно розглянути інформаційно-комунікаційні зв'язки модельованих систем. Ця перевага уможливорює застосування структурного підходу і відповідних методологій для опису ІКТ-розвитку "розумних" виробництв.

Головний недолік структурного підходу полягає в тому, що процеси і дані існують окремо один від одного, причому проектування здійснюється від процесів до даних. Отже, крім функціональної декомпозиції, існує також структура даних, яка перебуває на другому плані. Однак для вивчення ІКТ-розвитку смарт-виробництв розбиття технологій виконання робіт на окремі, як правило, не пов'язані між собою фрагменти, які виконуються різними структурними елементами, дозволить представити детальну структуру використовуваних даних і визначити основні комунікаційні взаємодії в рамках створення "розумних" виробничих комплексів.

У процесі структурного аналізу використовуються здебільшого інструменти, які ілюструють функції системи і відносини між даними. Кожній групі засобів відповідають певні види моделей (діаграм). Серед формальних засобів моделювання складних систем управління в рамках структурного підходу застосовуються методології SADT (structured analysis and design techniques), DFD (data flow diagram), ERD (entity relationship diagram), STD (state transition diagrams) та ін. [8; 9; 18; 28; 30; 40; 55; 56; 65; 75; 101; 102].

Стандарти SADT реалізують структурний підхід до моделювання систем [28; 55]. SADT-технологія орієнтована на комплексне представлення структури системи, у тому числі інформаційних потоків і комунікаційних зв'язків. При цьому дана система зберігає цілісне представлення, де всі складові компоненти взаємопов'язані. SADT-технологія більшою мірою націлена на реорганізацію системи управління, ніж інші методології структурного підходу [30; 40; 102].

Діаграми потоків даних DFD зображують передачу даних між операціями і характеристики інформаційної сторони бізнес-процесів системи [28; 55]. Це дозволяє спостерігати дані на вході та виході системи протягом кожної операції окремо. Також відобража-

ється, як відомості змінюються та де зберігаються. Діяльність системи розкладається на логічні інформаційні рівні, причому базова схема поліпшується додаванням докладного опису підпроцесів, які також мають свою внутрішню структуру [56; 102].

ERD-моделі типу "суть-зв'язок" дозволяють представляти концептуальні схеми предметної сфери та використовуються при проектуванні баз даних [28; 55]. ERD-діаграми призначені для графічного подання моделей даних програмної системи і пропонують набір стандартних позначень для визначення окремих компонент концептуальної моделі даних і сукупності взаємозв'язків між ними [9; 102].

STD-діаграми переходів станів призначені для моделювання тих аспектів бізнес-процесів, які залежать від часу або реакції на подію. Модельований процес у будь-який заданий момент часу перебуває точно в одному стані з їх кінцевої безлічі. Із часом він може змінити свій стан, при цьому STD точно визначає переходи між станами [28; 55; 56; 102].

Вибір тієї чи іншої структурної методології залежить від завдань, для вирішення яких створюється модель. Структурний підхід і, зокрема, методологія побудови SAD-моделей дозволяють ілюструвати функції системи, відносини між даними і найбільш повно розглянути інформаційно-комунікаційні зв'язки модельованих систем [40; 102]. Крім того, потреба у вивченні загальних завдань розвитку "розумних" виробництв без необхідності опису ІКТ у рамках конкретних організаційних структур й обліку часових характеристик відповідних процесів визначає можливість використання структурного підходу і SADT-моделей для опису ІКТ-розвитку "розумних" виробництв.

Розглянемо можливість застосування стандарту IDEF0 (integrated definition for function modelling), який базується на методології SADT та є її наступним етапом розвитку [8; 56] для моделювання розвитку "розумних" виробництв. Основу методології IDEF0 становить графічна мова опису бізнес-процесів [8], а також функціональний блок, інтерфейсна дуга, декомпозиція, глосарій.

Функціональний блок графічно зображується у вигляді прямокутника й уособлює собою деяку конкретну функцію в рамках системи. Кожна з чотирьох сторін функціонального блоку пов'язана з певними типами сигналів: ліва – з вхідними, права – з вихідними,

верхня – з керуючими, нижня – з механізмами перетворення вхідних сигналів на вихідні [28; 55]. Інтерфейсна дуга відображає елемент системи, який обробляється функціональним блоком або чинить інший вплив на функцію, відображену блоком. Декомпозиція дозволяє поступово та структуровано представляти модель системи у вигляді ієрархічної структури окремих діаграм, що робить її менш перевантаженою і такою, що легко сприймається. Рівень деталізації процесу при розбитті на складові визначається безпосередньо розробником моделі [56].

Отже, методологія функціонального моделювання IDEF0 передбачає ідентифікацію бізнес-процесів, їх декомпозицію до потрібного ступеня деталізації, а також, за допомогою чіткої нотації для входів і виходів кожної функції, ув'язку всіх функцій у єдину модель відповідно до інформаційно-комунікаційних зв'язків функцій у реальній системі. Такі моделі легко обговорювати з експертами предметної сфери завдяки їх наочному графічному поданню. Основні системні поняття моделей формують словник предметної сфери, який закладається в майбутню інформаційну систему.

Слід звернутися до інформаційної IDEF0-моделі розвитку смарт-виробничих комплексів. У цілому модель у нотації IDEF0 виступає сукупністю ієрархічно впорядкованих і взаємопов'язаних діаграм. Вершиною цієї деревоподібної структури, що являє собою загальний опис системи та її взаємодії із зовнішнім середовищем, є контекстна діаграма. Далі виконується розбиття системи на фрагменти шляхом побудови діаграм декомпозиції, які описують елементи системи та їх взаємодію. Контекстну діаграму інформаційної моделі розвитку смарт-виробничих комплексів наведено на рис. 4.20.

Методологія функціонального моделювання IDEF0 передбачає розгляд системи як довільно визначену та відокремлену межею від зовнішнього середовища, яка перетворює входи на виходи, перебуваючи під управлінням і використовуючи механізми. Так, на вхід системи розвитку "розумних" виробничих комплексів надходять основні параметри функціонування виробництв.

Після відповідної обробки на вихід блоку надходять результати діяльності системи: віртуальна копія виробничих процесів у режимі реального часу; управління смарт-підприємством у режимі

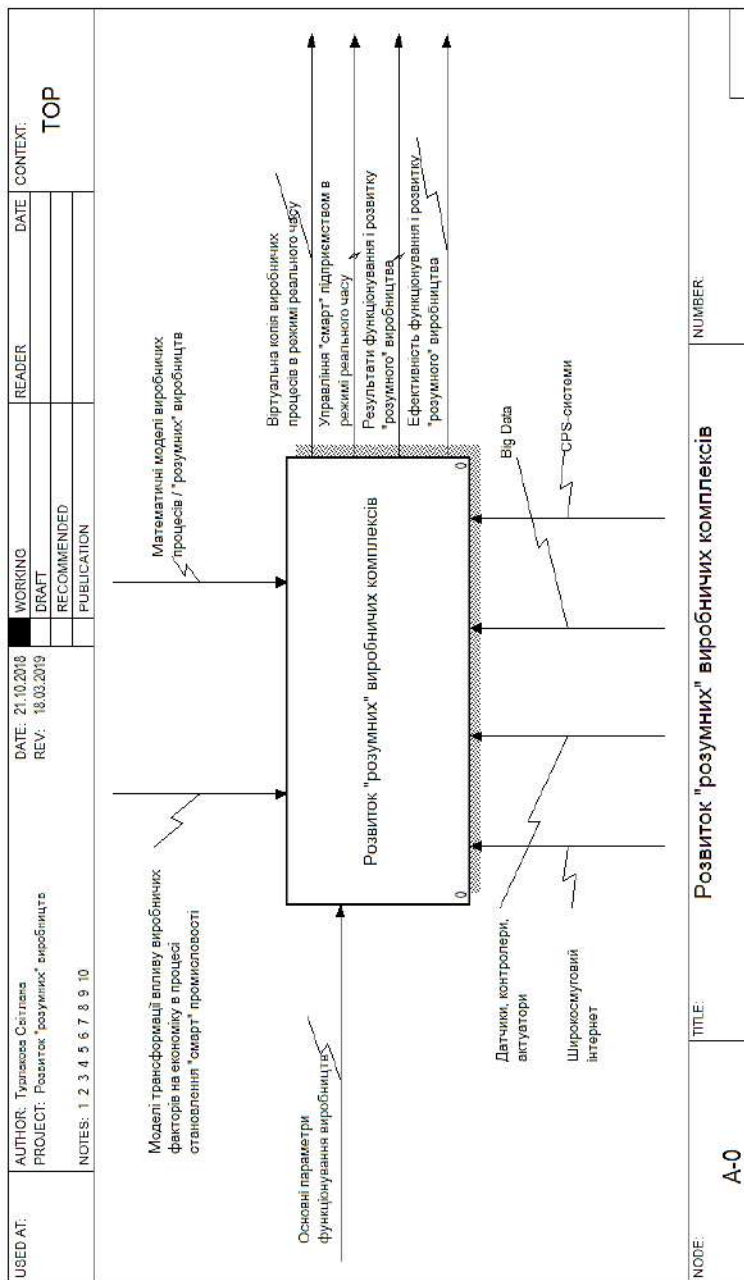


Рис. 4.20. Контекстна діаграма інформаційної моделі розвитку "розумних" виробничих комплексів

реального часу; результати функціонування і розвитку "розумного" виробництва; ефективність його функціонування і розвитку.

Правила та процедури, відповідно до яких здійснюється управління розвитком "розумних" виробничих комплексів (див. рис. 4.20), представлені дугами "Моделі трансформації впливу виробничих чинників на економіку в процесі становлення смарт-промисловості"; "Математичні моделі виробничих процесів / "розумних" виробництв".

Дуга "Моделі трансформації впливу виробничих чинників на економіку в процесі становлення смарт-промисловості" відображає інформацію, що є управлінням для блоку, та регламентує виконання відповідної функції в інформаційній моделі. Для врахування особливостей технологічного й інституційного розвитку України при обґрунтуванні створення смарт-підприємств науковці пропонують інструменти економіко-математичного моделювання, засновані на використанні виробничих функцій, міжгалузевого балансу, мережних оптимізаційних моделей, імітаційних моделей [33].

Аналогічно дуга "Математичні моделі виробничих процесів "розумних" виробництв" відображає керуючу інформацію для блоку та регламентує виконання відповідної функції [117]. У роботі [110] проаналізовано математичні моделі за класами типових завдань для використання у процесі побудови смарт-виробництв і наведено рекомендації керівникам машинобудівних підприємств щодо застосування математичних моделей при впровадженні концепції Industry 4.0. Найбільш перспективними є моделі штучних нейронних мереж, що пов'язано з широким спектром можливих вирішуваних завдань (моделювання машинного зору, мехатронних, інтелектуальних виробничих і робототехнічних систем, завдання автоматизації виробництва).

Для вирішення завдань автоматизації виробництва у машинобудуванні в рамках побудови смарт-підприємств автори публікації [110] рекомендують використовувати марківські та напівмарківські моделі, математичні моделі теорії систем масового обслуговування, мережі Петрі. Це дозволить створити нове обладнання, удосконалити технологічні процеси і систему організації виробництва, об'єднати ці системи в рамках мережевого простору підприємства на базі ключових формалізованих параметрів. Керуючу інформацію для реалізації розвитку "розумних" виробничих комплексів від-

повідно до вказаних на діаграмі дуг слід вибирати з урахуванням специфіки конкретного виробництва.

Механізми реалізації розвитку смарт-комплексів відображено дугами "Датчики, контролери, актуатори", "Широкосмуговий інтернет", "Big Data" та "CPS-системи". Стрілка "CPS-системи" передбачає застосування КФС і систем, що забезпечують комунікацію та інтеграцію CPS-систем при функціонуванні та розвитку "розумних" виробництв.

CAD-системи (computer-aided design) – автоматизовані системи, які реалізують інформаційну технологію виконання функцій проектування. Вони являють собою організаційно-технічну систему, призначену для автоматизації процесу проектування, що складається з персоналу і комплексу технічних, програмних та інших засобів автоматизації виробничої діяльності [47; 85];

CAE-системи (computer-aided engineering) – різні програмні продукти, що дозволяють за допомогою розрахункових методів оцінити, як поводитиметься комп'ютерна модель виробу в реальних умовах експлуатації, та допомагає переконатися в його працездатності без залучення великих витрат часу і коштів. Модулі CAE призначені для вирішення різних інженерних завдань, таких як обчислення, аналіз та симуляція фізичних процесів, розрахункова частина яких найчастіше заснована на математичних моделях виробничих процесів. На виробництвах системи CAE здебільшого застосовуються спільно з CAD-системою [47];

CAM-системи (computer-aided manufacturing) – автоматизовані системи (модуль системи), призначені для підготовки керуючих програм для верстатів із ЧПК, автоматизації процесів управління на підприємстві та підготовки виробництва. Часто CAM включають як сам процес комп'ютеризованої підготовки виробництва, так і програмно-обчислювальні комплекси, які використовуються інженерами-технологами. В основному програмно-обчислювальні комплекси на виробництвах поєднують вирішення завдань CAD / CAE / CAM [108];

PLM (product lifecycle management) – прикладне програмне забезпечення для управління життєвим циклом продукції, тісно взаємодіє з різними CAD-системами (наприклад, AutoCAD, T-flex CAD, SolidWorks, CATIA та ін.), САПР ТП / CAPP (система автоматизованого проектування технологічних процесів / Computer

Aided Process Planning – Технопро, Вертикаль, Timeline), базами даних, PDM-системами (product data management – системи управління даними про виріб: Simatic PDM, ENOVIA Smarteam та ін.) [85];

модулі віддаленого завантаження керуючих програм в обробні центри ММІ, які забезпечують виробництво відповідно до заданих параметрів на верстатах із ЧПК, введених як у ручному, так і в автоматичному режимах [44];

SCADA-системи (supervisory control & data acquisition) – програмно-апаратні комплекси збору даних і диспетчерського контролю, які дозволяють на базі математичних моделей визначати, встановлювати і підтримувати в обладнанні промислових підприємств екологічно безпечні й економічно ефективні режими функціонування з урахуванням відповідних обмежень [82].

При моделюванні розвитку смарт-виробництв деталізацію контекстної діаграми доцільно здійснювати, відмовившись від деталізації та дослідження окремих елементів, які не є необхідними в рамках відповідної системи.

На рис. 4.21 наведено діаграму декомпозиції першого рівня деталізації інформаційної моделі розвитку "розумних" виробничих комплексів, яка містить шість основних функціональних блоків: "Оцінка потенціалу розвитку "розумних" виробництв на підприємствах"; "Визначення напрямів розвитку смарт-виробництв"; "Підготовка персоналу у сфері ІТ-технологій"; "Технічна підготовка розвитку виробництва на базі КФС"; "Забезпечення безпеки функціонування та розвитку "розумного" виробництва"; "Оцінка ефективності функціонування та розвитку смарт-підприємства".

Інтерфейсні дуги "Моделі трансформації впливу виробничих чинників на економіку у процесі становлення смарт-промисловості" та "Математичні моделі виробничих процесів / "розумних" виробництв" позначено як джерела керуючої інформації [33; 117].

На вхід блоку оцінки потенціалу розвитку смарт-виробництв на підприємствах систематично надходить інформація про основні параметри функціонування виробництв. Виходами і результатами виконання відповідної функції на підприємствах є інформація про наявність об'єднаних у єдине інформаційне середовище КФС на підприємстві. На підставі зазначеної вхідної інформації визначаються напрями розвитку смарт-виробництв. Як керуюча інформація

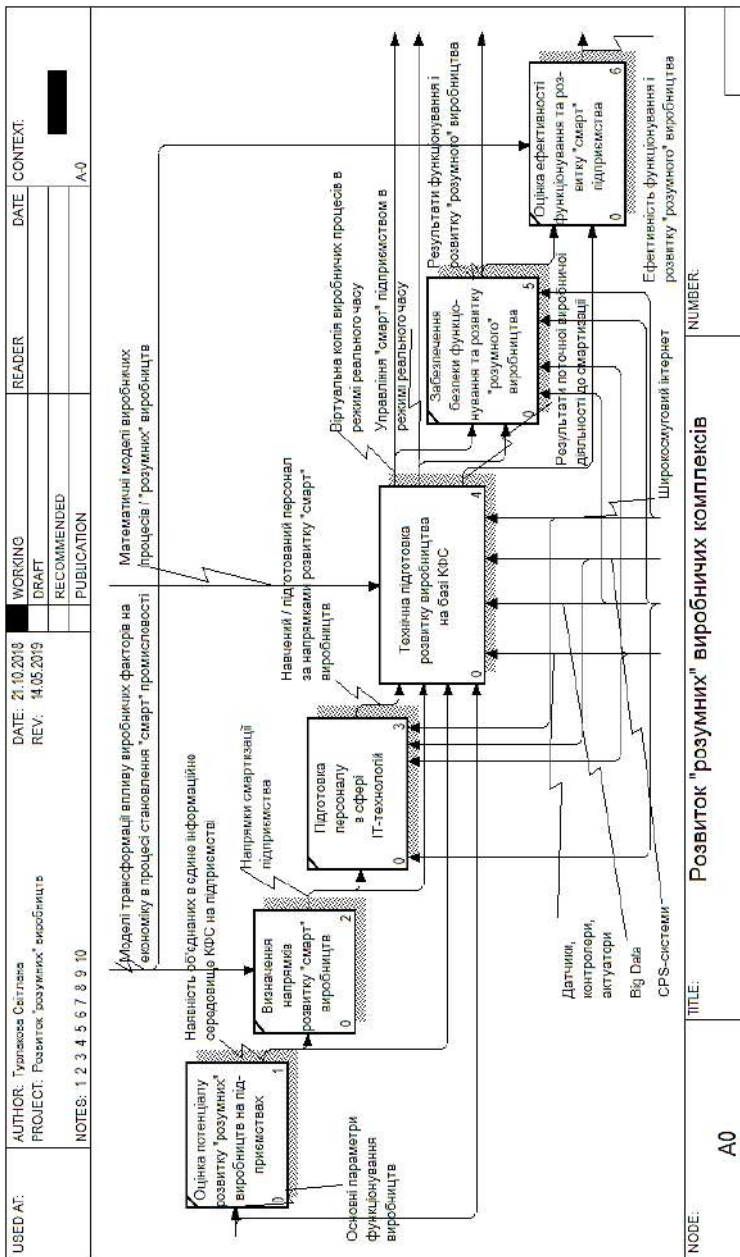


Рис. 4.21. Діаграма декомпозиції першого рівня деталізації інформаційної моделі розвитку "розумних" виробничих комплексів

використовуються моделі трансформації впливу виробничих чинників на економіку у процесі становлення смарт-промисловості [33]. Далі здійснюється відповідна підготовка персоналу в галузі ІТ-технологій за виявленими напрямками смартизації підприємства. При цьому механізмами, за допомогою яких проводиться навчання персоналу, виступають датчики, контролери, актуатори, широко-смуговий інтернет, бази даних підприємства Big Data та кіберфізичні CPS-системи, що відповідають напрямкам розвитку "розумних" виробничих комплексів.

Далі навчений / підготований персонал за напрямками розвитку смарт-виробництва готовий до технічного переозброєння виробництва, яке реалізується на наступному етапі розвитку смарт-виробничих комплексів у відповідному блоці "Технічна підготовка розвитку виробництва на базі КФС" (див. рис. 4.20). Функція виконується із застосуванням математичних моделей виробничих процесів / "розумних" виробництв [117], а також датчиків, контролерів, актуаторів, широкосмугового інтернету, Big Data і CPS-систем (існуючих на підприємстві та нових).

Результатами технічної підготовки розвитку виробничих комплексів на базі КФС є можливість створення віртуальної копії виробничих процесів й управління смарт-підприємством у режимі реального часу. Відповідна до цих виходів інформація є входами у блок "Забезпечення безпеки функціонування та розвитку "розумного" виробництва" та основою для виконання зазначеної функції на підприємстві з використанням датчиків, контролерів, актуаторів, CPS-систем, широкосмугового інтернету та Big Data, а також результатами, які подаються на вихід контекстної діаграми (див. рис. 4.20).

У свою чергу, результати виконання функції забезпечення безпеки функціонування та розвитку смарт-виробництва, показані стрілкою "Результати функціонування і розвитку "розумного" виробництва" (див. рис. 4.21), подаються у вигляді результуючої інформації на вихід контекстної діаграми інформаційної моделі та у вигляді вхідної інформації на блок "Оцінка ефективності функціонування та розвитку смарт-підприємства" для виконання відповідної функції. Ще одним входом зазначеного блоку є вихід блоку "Технічна підготовка розвитку виробництва на базі КФС", який описує результати поточної виробничої діяльності до смартизації та

позначений однойменною стрілкою на діаграмі декомпозиції першого рівня деталізації (див. рис. 4.21).

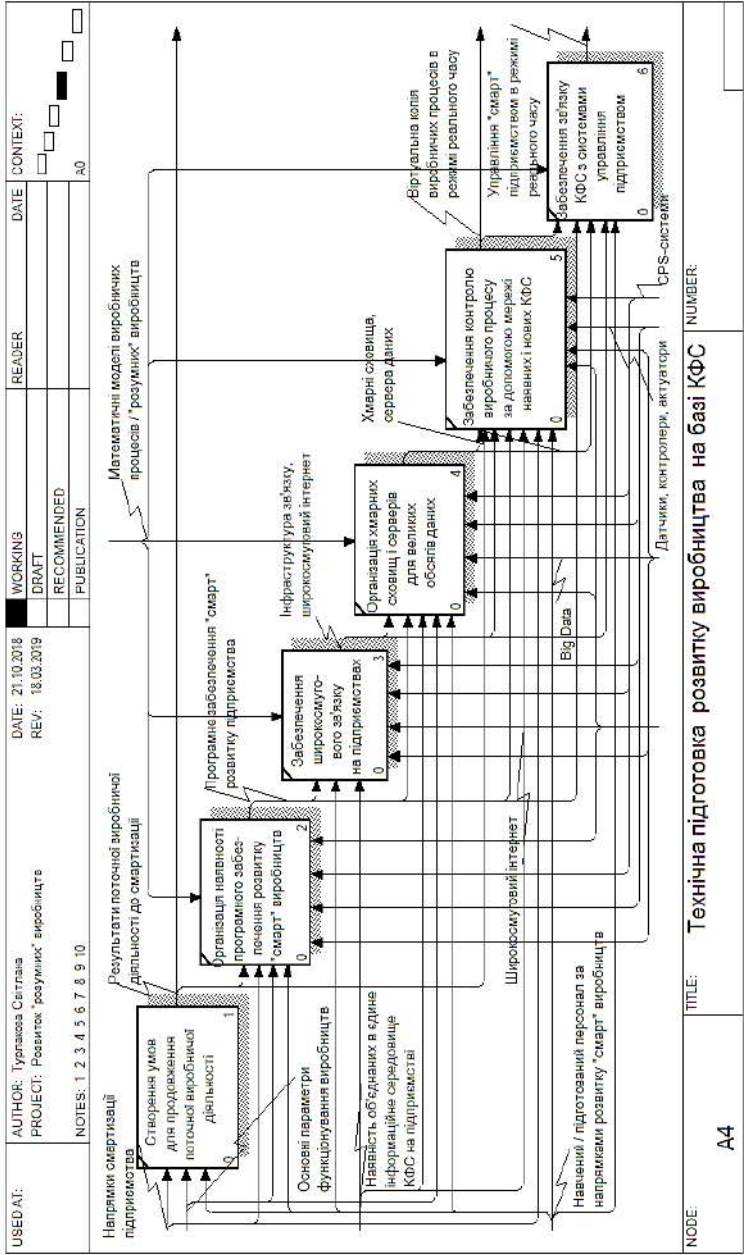
Ефективність функціонування та розвитку смарт-підприємства оцінюється на підставі моделей трансформації впливу виробничих чинників на економіку у процесі становлення смарт-промисловості [33] та у вигляді однойменної стрілки на рис. 4.21 подається на вихід відповідного блоку. Крім того, інформація про ефективність функціонування та розвитку смарт-підприємства є виходом контекстної діаграми відповідної інформаційної моделі (див. рис. 4.20).

У зв'язку зі складністю реалізації функції, представленої у блоці 4 на рис. 4.21, необхідним є більш докладний розгляд блоку "Технічна підготовка розвитку виробництва на базі КФС" і відповідна подальша деталізація інформаційної моделі розвитку "розумних" виробничих комплексів.

Діаграму декомпозиції другого рівня деталізації інформаційної моделі розвитку "розумних" виробничих комплексів, а саме блоку А4 "Технічна підготовка розвитку виробництва на базі КФС" наведено на рис. 4.22.

Діаграма декомпозиції другого рівня деталізації моделі розвитку "розумних" виробничих комплексів містить шість функціональних блоків: "Створення умов для продовження поточної виробничої діяльності"; "Організація наявності програмного забезпечення розвитку смарт-виробництв"; "Забезпечення широкосмугового зв'язку на підприємствах"; "Організація хмарних сховищ і серверів для великих обсягів даних"; "Забезпечення контролю виробничого процесу за допомогою мережі наявних і нових КФС"; "Забезпечення зв'язку КФС із системами управління підприємством".

Послідовність виконання функцій, представлених у блоках, відповідає порядковому номеру блоку на діаграмі (див. рис. 4.22). Входами першого блоку "Створення умов для продовження поточної виробничої діяльності" є інформація про напрями смартизації підприємства, основні параметри функціонування виробництв і навчений / підготований персонал за напрями розвитку смарт-виробництв. Інформація про результати поточної виробничої діяльності до смартизації є виходом відповідного блоку і подається як вхідний інформаційний потік на блоки "Організація наявності про-



ТЕХНІЧНА ПІДГОТОВКА РОЗВИТКУ ВИРОБНИЦТВА НА БАЗІ КФС NUMBER:

A4

Рис. 4.22. Діаграма декомпозиції другого рівня деталізації інформаційної моделі розвитку "розумних" виробничих комплексів

грамного забезпечення розвитку смарт-виробництв" і "Забезпечення контролю виробничого процесу за допомогою мережі наявних і нових КФС".

Крім того, вихід є наскрізним інформаційним потоком на рис. 4.22 (подається на вихід діаграми), який разом з іншими інформаційними потоками є результатом виконання функції "Технічна підготовка розвитку виробництва на базі КФС" (рис. 4.21).

Входами блоку "Організація наявності програмного забезпечення розвитку смарт-виробництв" також є стрілки "Напрями смартизації підприємства", "Основні параметри функціонування виробництв", "Навчений / підготований персонал за напрямками розвитку смарт-виробництв", які забезпечують необхідною інформацією і трудовими ресурсами виконання відповідної блоку функції на підприємстві.

Керуючою інформацією для блоку "Організація наявності програмного забезпечення розвитку смарт-виробництв" є математичні моделі виробничих процесів / "розумних" виробництв [117]. Програмне забезпечення розвитку смарт-виробництв має відповідати і забезпечувати здійсненність розрахунків відповідно до рівня складності тих математичних моделей, які обрано для опису виробничих процесів на підприємстві або цілих виробничих комплексів. При цьому механізмами реалізації даної функції будуть датчики, контролери, актуатори, КФС (CPS-системи), широкосмуговий інтернет бази знань (Big Data) "розумних" виробничих комплексів.

Результат виконання функції, представленої у блоці 2 на рис. 4.22, описує стрілка "Програмне забезпечення смарт-розвитку підприємства". Вона є входом для чотирьох наступних блоків на діаграмі та забезпечує виконання відповідних функцій розвитку "розумних" виробничих комплексів, а саме: "Забезпечення широкосмугового зв'язку на підприємствах"; "Організація хмарних сховищ і серверів для великих обсягів даних"; "Забезпечення контролю виробничого процесу за допомогою мережі наявних і нових КФС"; "Забезпечення зв'язку КФС із системами управління підприємством". Також входами блоку "Забезпечення широкосмугового зв'язку на підприємствах" є стрілки "Навчений / підготований персонал за напрямками розвитку смарт-виробництв" і "Наявність об'єднаних у єдине інформаційне середовище КФС на підприємстві".

стві". Як і в попередньому розглянутому блоці, керуючою інформацією для забезпечення широкосмугового зв'язку на підприємствах є математичні моделі виробничих процесів / "розумних" виробництв [110], що свідчить про необхідність урахування характеру математичних моделей "розумних" виробничих комплексів у пропускну здатності створюваної мережі.

Результатом забезпечення широкосмугового зв'язку на підприємствах будуть інфраструктура зв'язку та широкосмуговий інтернет "розумного" виробничого комплексу, що відображено на діаграмі однойменною вихідною стрілкою "Інфраструктура зв'язку, широкосмуговий інтернет" із розглянутого блоку (див. рис. 4.22). Ця сама стрілка є входною для четвертого блоку діаграми А4 "Організація хмарних сховищ і серверів для великих обсягів даних". Входами відповідного блоку, крім розглянутих стрілок "Інфраструктура зв'язку, широкосмуговий інтернет" і "Програмне забезпечення для забезпечення смарт-розвитку підприємства", є стрілки "Наявність об'єднаних у єдине інформаційне середовище КФС на підприємстві", "Основні параметри функціонування виробництв" і "Навчений / підготований персонал за напрямками розвитку смарт-виробництв". Вхідні стрілки характеризують необхідні інформаційно-комунікаційні потоки для організації хмарних сховищ і серверів для великих обсягів даних при створенні "розумних" виробничих комплексів. При цьому тип і структура таких сховищ і серверів мають забезпечувати необхідний фізичний обсяг пам'яті та відповідати математичним моделям виробничих процесів / "розумних" виробництв, приклади яких розглянуто в роботі [110]. Цей факт на діаграмі відображено стрілкою "Математичні моделі виробничих процесів / "розумних" виробництв".

Механізмами, що забезпечують виконання функції "Організація хмарних сховищ і серверів для великих обсягів даних", виступають стрілки, які входять до відповідного блоку: "Датчики, контролери, актуатори", "Широкосмуговий інтернет", "Big Data", "CPS-системи".

Виходом блоку "Організація хмарних сховищ і серверів для великих обсягів даних" і результатом реалізації відповідної функції в рамках розвитку "розумних" виробничих комплексів стане створення хмарних сховищ і серверів даних, що на рис. 4.22 відобра-

жено стрілкою "Хмарні сховища, сервера даних". Розглянутий інформаційний потік, окрім виходу для блоку 4, є входом для блоку 5 "Забезпечення контролю виробничого процесу за допомогою мережі наявних і нових КФС". Крім того, для забезпечення контролю виробничого процесу за допомогою мережі наявних і нових КФС необхідно використовувати інформацію про результати поточної виробничої діяльності до смартизації, новостворені інфраструктуру зв'язку та широкосмуговий інтернет, програмне забезпечення для смарт-розвитку підприємства, об'єднані в єдине інформаційне середовище КФС, інформацію про напрями смартизації підприємства (виробничого комплексу) і підготований персонал за напрямками розвитку смарт-виробництва. Усі перелічені інформаційно-комунікаційні зв'язки відображено відповідними вхідними стрілками до блоку 5 на діаграмі декомпозиції другого рівня деталізації (див. рис. 4.22). При цьому контроль виробничого процесу за допомогою мережі наявних і нових КФС "розумних" виробництв із використанням датчиків, контролерів, актуаторів, CPS-систем, широкосмугового інтернету і Big Data, відображено на рис. 4.22 відповідними стрілками-механізмами, що входять до блоку знизу.

Виходом блоку "Забезпечення контролю виробничого процесу за допомогою мережі наявних і нових КФС" є стрілка "Віртуальна копія виробничих процесів у режимі реального часу". Віртуальна копія виробничих процесів у режимі реального часу також є наскрізним виходом діаграми і входом в останній блок декомпозиції другого рівня деталізації інформаційної моделі розвитку "розумних" виробничих комплексів – "Забезпечення зв'язку КФС із системами управління підприємством".

Забезпечення зв'язку КФС із системами управління підприємством відбувається так само в рамках параметрів математичних моделей виробничих процесів "розумних" виробництв, на що вказує стрілка з управління зверху (див. рис. 4.22). Крім віртуальної копії виробничих процесів у режимі реального часу, входами для блоку 6 на рис. 4.22 є "Програмне забезпечення для смарт-розвитку підприємства", "Інфраструктура зв'язку, широкосмуговий інтернет", "Хмарні сховища, сервери даних", "Навчений / підготований персонал за напрямками розвитку смарт-виробництва". Виконання функції забезпечення зв'язку КФС із системами управління підприємством дозволить отримати на виході управління смарт-підприємством у

режимі реального часу, що відображено на діаграмі відповідної стрілкою, яка виходить з блоку 6. Також стрілка "Управління смарт-підприємством у режимі реального часу" є наскрізною для діаграми другого рівня деталізації (див. рис. 4.22) і зображена як вихід з блоку 4 "Технічна підготовка розвитку виробництва на базі КФС" (див. рис. 4.21).

Таким чином, розроблена інформаційна IDEF0-модель розвитку "розумних" виробничих комплексів дозволяє отримати цілісну картину відповідних процесів на виробництвах, основні системні поняття якої формують базу майбутньої інформаційної системи розвитку смарт-виробництв. Структурний підхід, зокрема методологія побудови SADT-моделей, дозволяє ілюструвати функції, які виконуються системою, взаємозв'язок даних, а також найбільш повно розглянути інформаційно-комунікаційні зв'язки модельованих систем.

Застосування нотації IDEF0 для моделювання процесів розвитку смарт-виробництв дає переваги щодо наочного та зручного представлення структури процесів, вхідних і вихідних потоків, механізмів і керуючих впливів, що сприятиме оперативності й ефективності практичного впровадження розвитку "розумних" виробничих комплексів.

Формалізація в рамках інформаційної моделі процесів оцінки потенціалу розвитку "розумних" виробництв, визначення напрямів розвитку, підготовки персоналу у сфері IT-технологій, технічної підготовки розвитку виробництва на базі КФС, забезпечення безпеки функціонування та розвитку "розумного" виробництва й оцінки ефективності функціонування та розвитку смарт-підприємства дозволяє не тільки наочно представити основні етапи розвитку "розумних" виробничих комплексів, але і проаналізувати вплив різних вхідних чинників на результати відповідних змін.

Розроблена структурно-функціональна модель інформаційно-комунікаційного забезпечення реалізації основних функцій розвитку "розумних" виробництв спирається на моделі трансформації впливу виробничих чинників на економіку в процесі становлення Industry 4.0, математичні моделі виробничих процесів "розумних" виробництв і враховує основні параметри їх функціонування. За допомогою запропонованої інформаційної моделі у промислових комплексах у результаті розвитку смарт-компонентів

і об'єднання в єдину мережу промислових датчиків, контролерів, актуаторів, КФС із використанням широкосмугового інтернету й інформаційних сховищ Big Data можливим стане отримання віртуальної копії виробничих процесів і управління смарт-підприємствами в режимі реального часу для забезпечення ефективності функціонування та розвитку смарт-виробництва. Таким чином, це дозволяє в логічній, зручній і послідовній формі описати взаємозв'язки між функціями управління та основними інформаційно-комунікаційними зв'язками, механізмами реалізації, комплексом математичних моделей і підходів до розвитку "розумних" виробничих комплексів.

Інформаційне забезпечення процесів розвитку смарт-виробництва у рамках відповідної IDEF0-моделі дає уявлення про перелік і взаємозв'язок інформаційних потоків, методів, механізмів, інструментів інформаційно-комунікаційної взаємодії. Особливістю даного підходу є можливість його адаптації до специфіки конкретного смарт-виробництва. При цьому не виникатиме необхідності в залученні значних додаткових фінансових і людських ресурсів, тому що всі функції передбачено здійснювати в рамках діючої організаційної структури виробничих комплексів, які впроваджують зміни в контексті смарт-розвитку.

Однією зі слабких сторін запропонованої розробки є те, що основні функції розвитку "розумних" виробничих комплексів безпосередньо на виробництві мають виконуватися різними елементами організаційної структури, які не встановлені в рамках розглянутої IDEF0-моделі. Крім того, модель не визначає відповідального за кінцевий результат розвитку "розумних" виробництв і тих, хто буде контролювати такий розвиток на виробництві загалом.

Тим не менш представлений підхід створює умови для практичного впровадження заходів розвитку "розумних" виробництв у рамках діючої організаційної структури підприємства, не потребує залучення додаткових ресурсів і дозволяє усунути зазначені недоліки безпосередньо на виробництвах, які будуть впроваджувати запропоновану модель у практику функціонування. Головне призначення моделі полягає в забезпеченні інформаційної підтримки розвитку "розумних" виробничих комплексів. Окрім того, розглянута інформаційна модель становить основу для подальшої автоматизації процесів розвитку смарт-виробництва.

Перспективним напрямом подальших досліджень є впровадження запропонованої інформаційної моделі розвитку "розумних" виробничих комплексів у практику функціонування та розвитку вітчизняних промислових підприємств.

Висновки до розділу 4

1. На основі узагальнення зарубіжного досвіду економіко-математичного моделювання "розумних" виробничих систем визначено, що більшість публікацій, присвячених становленню смарт-індустрії, мають або описово-ознайомчий характер, або розглядають цей процес з інженерної точки зору. Публікації економічного напрямку нечисленні, їх висновки мають емпіричний дескриптивний характер, заснований на існуючих спостереженнях, а методична різноманітність використаних економіко-математичних моделей переважно охоплює кореляційно-регресійний аналіз. Аргументовано, що економіко-математичне моделювання "розумних" виробничих систем в Україні доцільно здійснювати шляхом розвитку відомих моделей із додатковою параметризацією специфічних умов, пов'язаних з інституційними особливостями України.

2. Становлення нового виробничого укладу, пов'язаного з інформаційною революцією, використанням великих даних і розвитком кіберфізичних систем, приводить до зростання значення інформаційного чинника як ключового чинника виробництва. Ступінь забезпеченості інформацією, вміння обробляти її великі обсяги, володіння інформаційними технологіями, здатними частково або повністю автоматизувати працю людини, у тому числі інтелектуальну, що дозволяє оперативно приймати відповідні управлінські рішення, – усе це є проявом інформаційного чинника, який втілює науково-технічний прогрес в епоху переходу до смарт-промисловості. Висунуто гіпотезу про те, що науково-технічний прогрес на даному етапі розвитку виробництва доцільно враховувати у виробничих функціях безпосередньо через оцінку деякого інформаційного чинника, величина якого має значною мірою корелювати з науково-технічним прогресом.

3. У рамках розробки моделі виробничої функції, яка б урахувала вплив чинника інформатизації, проаналізовано статистичні дані переробної промисловості Німеччини як одного із світових лідерів впровадження смарт-технологій, що на державному рівні реалізує стратегію розвитку Індустрії 4.0.

Аналіз динаміки традиційних чинників виробництва (праці та капіталу) продемонстрував їх зворотну кореляцію з виробленою доданою вартістю. Але оскільки за визначенням чинники виробництва не можуть негативно впливати на випуск продукції, це можна пояснити дією ще одного дуже значимого фактора, який має яскраво виражену зростаючу динаміку, здатну компенсувати падіння випуску під впливом традиційних чинників. Згідно з результатами економетричного аналізу таким є вартість програмного забезпечення та баз даних (КПЗ і БД). Даний показник було обрано для подальшої оцінки чинника інформатизації. У результаті побудови серії економетричних моделей із різними початковими умовами та припущеннями найбільш адекватною з точки зору якості апроксимації та економічної інтерпретації результатів визнано функцію Коба-Дугласа, у якій ендогенною змінною є додана вартість у переробній промисловості, а екзогенними – кількість відпрацьованих годин, вартість машин і устаткування та вартість КПЗ і БД.

4. Відповідно до результатів моделювання встановлено, що зростання переробної промисловості Німеччини забезпечувалося виключно впливом чинника інформатизації, що дозволило заощадити витрати на працю та капітал і використовувати їх більш ефективно. Показники граничної норми заміщення праці та капіталу інформаційним чинником демонструють, що забезпечення зростання економіки за рахунок інформаційного чинника може бути в рази дешевше, ніж за рахунок витрат праці, та в десятки разів, ніж за рахунок витрат капіталу. Тому в умовах демографічної кризи в Україні та хронічного дефіциту фінансових ресурсів як у бюджетах, так і на промислових підприємствах саме інвестиції в чинник інформатизації виробництва можуть стати низьковитратним й ефективним способом розвитку економіки.

5. Вагомою перешкодою для моделювання й оцінки рівня смартизації економіки України є відсутність необхідної статистики,

яка ведеться в більшості розвинутих країн. Так, Державне бюро статистики України не збирає і не публікує показники вартості програмного забезпечення та баз даних. Разом з тим ураховується показник інвестицій у КПЗ і БД, проте лише по економіці загалом, а не за видами економічної діяльності. Така ситуація не лише ускладнює теоретичні дослідження, але і не забезпечує органи державної влади інформацією, необхідною для прийняття рішень щодо стимулювання цифровізації промисловості.

6. Оскільки однією з ключових тенденцій сучасного етапу розвитку промисловості є підвищення ролі цифрових інформаційних технологій у всіх аспектах виробничої діяльності, обґрунтування управлінських рішень у даній сфері потребує оцінки критеріїв відповідності як окремих підприємств, так і цілих галузей і навіть країн критеріям смартизації. Для цього необхідне використання відповідних показників, яких у даний час бракує. Згідно з результатами моделювання виробничої функції основним чинником для аналізу рівня смартизації обрано вартість КПЗ і БД.

7. Рівень смартизації в переробній промисловості можна оцінити за співвідношенням вартості КПЗ і БД із вартістю машин й устаткування ("смартоозброєність"). Вартість КПЗ і БД корелює зі складністю і різноманітністю вирішуваних завдань, тому цей показник у динаміці відображає зростання складності виконуваних завдань на одиницю використовуваного обладнання, зокрема інтелектуалізацію використовуваних машин. Крім того, даний показник є порівнянним для різних економік і виробництв, його можна порівнювати в динаміці та використовувати на мікрорівні для оцінки смартизації окремих підприємств.

Для того щоб обійти проблему зв'язку показника смартизації капіталу з рівнем смартизації виробництва або економіки, запропоновано враховувати капіталомісткість виробництва та як основний показник смартизації використовувати інтегральний показник смартизації виробництва, який ураховує "смартоозброєність" і "смартоємність" виробництва (співвідношення вартості КПЗ і БД та доданої вартості) та показує рівень смартизації виробництва з урахуванням смартизації капіталу й участі капіталу у створенні доданої вартості.

8. Через відсутність в українській статистиці ключових показників, необхідних для виконання розрахунків згідно із запропонованим підходом, розраховано інші показники, що характеризують смарт-індустріалізацію економіки України. Зокрема, незмінність (на рівні 5%) співвідношення інвестицій у КППЗ і БД та інвестицій у машини, обладнання й інвентар за 2010-2018 рр. свідчить про те, що Україна залишилася осторонь від смарт-індустріалізації, яка розгорнулася в розвинутих країнах Заходу та Сходу: інвестиції в машини й обладнання не супроводжуються інвестиціями у створення програмного середовища смарт-промисловості.

9. Оскільки запропонований показник відповідності економіки критеріям смарт-індустріалізації є інваріантним до масштабів виробництва, оцінити рівень смартизації промисловості України можна побічно за рівнем смартизації окремих підприємств – представників тієї чи іншої галузі. Так, аналіз стану важкого машинобудування України на основі даних одного з підприємств свідчить, що рівень його відповідності критеріям смарт-індустріалізації відстає від переробної промисловості Австралії, Чехії і Німеччини у рази. При цьому внаслідок того, що позитивна динаміка розвитку промисловості у сфері смартизації не спостерігалась, відставання з часом може збільшитись.

10. За результатами аналізу математичних моделей передових технологій для "розумних" виробничих систем визначено найбільш перспективні моделі для впровадження на промислових підприємствах:

моделі штучних нейронних мереж – для машинного зору, мехатронних і робототехнічних систем, завдань автоматизації виробництва, інтелектуальних виробничих систем;

марківські та напівмарківські моделі, математичні моделі теорії систем масового обслуговування, мережі Петрі – для опису й автоматизації виробничих процесів, створення нового обладнання, удосконалення технологічних процесів.

11. Встановлено, що розглянуті класи математичних моделей у рамках кіберфізичних систем необхідно впроваджувати в рамках інноваційної політики підприємств, спрямованої на автоматизацію ручної праці, оновлення вже використовуваних технологій та їх об'єднання в єдиному інформаційному просторі. Наведені моделі

потребують адаптації та подальшого розвитку згідно з тими напрямками інновацій, які визначає керівництво конкретних підприємств залежно від їх специфіки.

12. Обґрунтовано, що для забезпечення ефективної трансформації промислових підприємств згідно з принципами смарт-виробництва необхідне створення відповідних умов запровадження, а саме: підготовка кваліфікованого персоналу в ІТ-сфері, наявність сучасного програмного забезпечення, організація хмарних сховищ або серверів даних, забезпечення доступу до широкосмугового зв'язку, організація взаємозв'язку виробничих процесів і систем управління підприємством, безпеки в рамках єдиної інформаційної системи підприємства та експлуатації кіберфізичних систем.

13. На базі використання структурного підходу розроблено інформаційну IDEF0-модель розвитку "розумних" виробничих комплексів, головне призначення якої полягає в забезпеченні інформаційної підтримки розвитку смарт-виробництва у рамках переходу промисловості до Індустрії 4.0.

Використання IDEF0-моделі, розвиток смарт-компонент, об'єднання в єдину мережу промислових датчиків, контролерів, актуаторів із застосуванням широкосмугового інтернету та інформаційних сховищ Big Data уможливають одержання віртуальних копій виробничих процесів й управління смарт-підприємствами в режимі реального часу.

Запропонована інформаційна модель може стати фундаментом для подальшої автоматизації процесів розвитку "розумних" виробництв. Особливість даної моделі полягає у можливості її адаптації до специфіки конкретного виробничого комплексу.

Література до розділу 4

1. Álvares A.J., Santos de Oliveira L.E. & Espindola Ferreira J.C. Development of a Cyber-Physical framework for monitoring and teleoperation of a CNC lathe based on MTconnect and OPC protocols. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*. 2018. 31 (11). Pp. 1049–1066. Available at <https://doi.org/10.1080/0951192X.2018.1493232> [Accessed 12 Apr. 2019].
2. Arrow K.J. The Economic Implications of Learning by Doing. *The Review of Economic Studies*. 1962. Vol. 29. No. 3. Pp. 155-173.
3. Auschitzky E., Hammer M., Rajagopaul A. How big data can improve manufacturing. McKinsey. Available at <http://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/how-big-data-can-improve-manufacturing> [Accessed 12 Apr. 2019].
4. Bergstra J. A. Real time Process Algebra. *Formal Aspects of Computing*. 1991. Vol. 3. Pp. 142-188.
5. Brynjolfsson E., McElheran K. Data in Action: Data-Driven Decision Making in U.S. Manufacturing. Available at http://www.economics.cornell.edu/sites/default/files/files/events/Brynjolfsson_McElheran_AEA_2016.pdf [Accessed 12 Apr. 2019].
6. Cachada A., Pires F., Barbosa J., Leitão P. & Calà A. Petri nets Methodology for the Design and Control of Migration Processes towards Industry 4.0. 2018 IEEE Industrial Cyber-Physical Systems (ICPS). 2018. P. 540-545. doi: 10.1109/ICPHYS.2018.8390763.
7. Camarinha-Matos L.M., Parreira-Rocha M., Ramezani J. eds. Technological Innovation for Smart Systems: 8th IFIP WG 5.5/SOCOLNET. Advanced Doctoral Conference in Computing, Electrical and Industrial Systems: DoCEIS 2017 (Costa de Caparica, Portugal, May 3-5, 2017). IFIP International Federation for Information Processing: Springer, 2017.
8. Cheng-Leong A., Li Pheng K. & Keng Leng G.R. IDEF*: A comprehensive modelling methodology for the development of manufacturing enterprise systems. *International Journal of*

- Production Research. 1999. 37 (17). P. 3839-3858. doi: 10.1080/002075499189790.
9. De Sousa V.M. & Del Val Cura L.M. Logical Design of Graph Databases from an Entity-Relationship Conceptual Model. In Proceedings of the 20th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services (iiWAS2018). ACM, New York, NY, USA. 2018. 183-189. DOI: <https://doi.org/10.1145/3282373.3282375>.
 10. Digital IIoT report. CFE Media. Available at: <http://bt.editionsbyfry.com/publication/?i=320036#> [Accessed 28 Oct. 2017].
 11. Digitale Wirtschaft und Gesellschaft Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2018. Available at: <https://www.bmbf.de/de/zukunftsprojekt-industrie-4-0-848.html> [Accessed 12 Apr. 2019].
 12. Douglas P. The Cobb-Douglas Production Function Once Again: Its History, Its Testing, and Some New Empirical Values. *The Journal of Political Economy*. 1976. Vol. 84. No. 5. Pp. 903-916. doi: <http://dx.doi.org/10.1086/260489>.
 13. Dymola for physical modelling and simulation using Modelica. Claytex, 2017. Available at <http://www.claytex.com/products/dymola/> [Accessed 20 Oct. 2017].
 14. Emerging Global Trends in Advanced Manufacturing. Institute for Defense Analyses. IDA Paper. March 2012.
 15. Euro Area Labour Markets and the Crisis Task Force of the Monetary Policy Committee of the European System of Central Banks. Frankfurt on Main: European Central Bank. 2012. 122 p.
 16. Eurostat. Labour cost levels by NACE Rev. 2 activity. Available at <http://ec.europa.eu/eurostat/web/labour-market/labour-costs/database#> [Accessed 12 Apr. 2019].
 17. Fishwick P. Handbook of Dynamic System Modeling (Chapman & Hall/CRC Computer and Information Science Series). New York: Chapman and Hall/CRC, 2007. 760 pp.
 18. Gernhardt B., Vogel T. & Hemmje M. Knowledge-Based Production Planning for Industry 4.0. Springer-Verlag GmbH

- Germany: Hoppe et al. (eds.), *Semantic Applications*. 2018. T. 181. P. 181-202. doi: 10.1007/978-3-662-55433-3_13
19. Griliches Z., Mairesse J. *Production Functions: The Search for Identification*. *Econometrics and Economic Theory in the 20th Century: The Ragnar Frisch Centennial Symposium (Econometric Society Monographs)*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. Pp. 169-203.
 20. Gröger C., Niedermann F., Mitschang B. *Data Mining-driven Manufacturing Process Optimization*. *Proceedings of the World Congress on Engineering*. London: WCE. 2012. Vol III. July 4-6. Pp. 1475-1481.
 21. Hermann M., Pentek T., Otto B. *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios*. 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS). 2016. Pp. 3928-3937.
 22. Hilliard J.E., Lawson L.R. *Stereology and Stochastic Geometry: computational Imaging and Vision*. Springer, 2003. 512 pp.
 23. IBM. *Распределённая обработка данных с помощью Hadoop*. IBM, 2017. Available at <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/1-hadoop-1/index.html> [Accessed 12 Apr. 2019].
 24. *Industrie 4.0 Germany Trade & Invest*. 2018. Available at <https://www.gtai.de/GTAI/Naviga-tion/EN/Invest/Industries/Industrie-4-0/Industrie-4-0/industrie-4-0-what-is-it.html> [Accessed 12 Apr. 2019].
 25. *Information Resources Management Association. The Internet of Things: Breakthroughs in Research and Practice / Information Resources Management Association*. Hershey: IGI Global, 2017. 560 pp.
 26. Jeona B., Suh S.-H. *Design Considerations and Architecture for Cooperative Smart Factory: MAPE/BD Approach*. *Procedia Manufacturing*. 2018. № 26. Pp. 1094-1106. doi: 10.1016/j.promfg.2018.07.146.
 27. Jeschke S., Brecher C., Song H., Rawat D.B. *Industrial Internet of Things. Cybermanufacturing Systems*. Herausgeber: Springer International Publishing Switzerland, 2017. 715 p.
 28. Kaltjob P. *Mechatronic Systems and Process Automation*. Boca Raton: CRC Press, 2018. 447 pp. doi: 10.4324/9781351248594.

29. Kim K., Jung J.-K., Choi J.-Y. Impact of the Smart City Industry on the Korean National Economy: Input-Output Analysis. Sustainability. 2016. № 8 (7). Pp. 649-678. doi: 10.3390/su8070649.
30. Lakhoua M.N., Salem J.B. & El Amraoui L. The Need For System Analysis Based On Two Structured Analysis Methods SADT And SA/RT A CTA Technica Corviniensis. Bulletin of Engineering. 2018. T. XI (1). Pp. 113-117.
31. Li Da Xu, Eric L. Xu & Li L. Industry 4.0: state of the art and future trends. International Journal of Production Research. 2018. № 56:8. Pp. 2941-2962. doi: 10.1080/00207543.2018.1444806.
32. Lucas R. On the Mechanism of Economic Development. Journal of Monetary Economics. 1988. Vol. 22. July. Pp. 3-42.
33. Madykh, A.A., Okhten, O.O., Dasiv, A.F. Analysis of the world experience of economic and mathematical modeling of smart enterprises. Econ. promisl. 2017. 4 (80). Pp. 19-46. doi: 10.15407/econindustry2017.04.019.
34. Mankiv G., Romer D., Weil D. A Contridution to the Empirics of Economic Growth. Quarterly Journal of Economics. 1992. Vol. 107 (2). Pp. 407-437.
35. Mossfeldt M., Österholm P. The Persistent Labour-Market Effects of the Financial Crisis. Stockholm: National Institute of Economic Research. 2010.
36. Nedelcu B. About Big Data and its Challenges and Benefits in Manufacturing. Database Systems Journal. 2013. Vol. 4, Issue 3. Pp. 10-19.
37. Networked Readiness Index 2015. Available at <http://reports.weforum.org/global-information-technology-report-2015/economies/#indexId=NRI&economy=UKR> [Accessed 20 Oct. 2017].
38. Nonaka Y., Suginishi Y., Lengyel A., Katsumura Y. The S-Model: A digital manufacturing system combined with autonomous statistical analysis and autonomous discrete-event simulation for smart manufacturing. 2015 IEEE International Conference on Automation Science and Engineering (CASE) (24-28 Aug. 2015). Gothenburg: IEEE. 2015. Pp. 1006-1011.

39. North M. J., Howe T. R., Collier N.T. A. Declarative Model Assembly Infrastructure for Verification and Validation. *Advancing Social Simulation: The First World Congress*, 2007. Pp. 129-140.
40. Nurdiansyah Y., Wijayanto F. & Firdaus The Design of E-Commerce System in the Shrimp Paste Industry using the Method of Structured Analysis and Design Technique (SADT) to Increase Marketing. *MATEC Web of Conferences*. 2017. 164. P. 7-15. doi: 10.1051/mateconf/201816401049.
41. OECD. Fixed assets by activity and by asset, ISIC rev4. 2018. Available at https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=SNA_TABLE9A [Accessed 20 May 2019].
42. OECD. Labour input by activity, ISIC rev 4. 2018. Available at: https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=SNA_TABLE7A [Accessed 20 May 2019].
43. OECD. Value added and its components by activity, ISIC rev4. 2018. Available at https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=SNA_TABLE6A [Accessed 20 May 2019].
44. Posada J. et al. (2015). Visual Computing as a Key Enabling Technology for Industrie 4.0 and Industrial Internet. *IEEE Computer Graphics and Applications*. 35 (2). Pp. 26-40. doi: 10.1109/MCG.2015.45
45. Ranis G. *Analytics of Development: Dualism*. Handbook of Development Economics. 1988. Vol. 1. Amsterdam: North Holland. 882 p.
46. Reimann M., Ruckriegel C. *Road2CPS Priorities and Recommendations for Research and Innovation in Cyber-Physical Systems*. 2017. Stuttgart: Steinbeis-Editions, 58 pp.
47. Salguero J., Batista M. & Fernández-Vidal S.R. Accelerating the Adoption of Industry 4.0 Supporting Technologies in Manufacturing Engineering Courses. *Materials Science Forum*. 2017. 903. pp. 100-111. doi: 10.4028/ www.scientific.net/MSF.903.100.
48. Saraee M. How can companies start implementing the Smart Industry concept? Available at <https://www.smartindustry.nl/>

- site/assets/files/2158/how_can_companies_start_implementing_the_smart_industry_concept.pdf [Accessed 20 May 2019].
49. Smart Enterprise demo for manufacturing. Pharaos Navigator. Available at <https://enterprise.win2biz.com/static/content/en/525/Explaining-Enterprise-Model.html> [Accessed 20 May 2019].
 50. Solow R.M. Technical Change and the Aggregate Production Function. *The Review of Economics and Statistics*. 1957. Vol. 39. No. 3. Pp. 312-320. doi: <http://dx.doi.org/10.2307/1926047>.
 51. Stich T. J., Sporre J. K., Velasco T. The Application of Artificial Neural Networks to Monitoring and Control of an Induction Hardening Process. *Journal of Industrial Technology*. 2000. №16 (1). Pp. 1-11.
 52. The 2016 IMD World Competitiveness Scoreboard. Available at <http://www.imd.org/globalassets/wcc/docs/scoreboard-2016.pdf> [Accessed 20 May 2019].
 53. The Enterprise AI Promise: Path to Value. SAS. Available at https://www.sas.com/content/dam/SAS/el_gr/doc/research1/a-i-survey-2017.pdf [Accessed 17 March 2018].
 54. Triplett J. The Solow Productivity Paradox: What do Computers do to Productivity? *The Canadian Journal of Economics / Revue canadienne d'Economie*. 1999. Vol. 32. No. 2. Special Issue on Service Sector Productivity and the Productivity Paradox. Pp. 309-334.
 55. Vallespir B., Ducq Y. Enterprise modelling: from early languages to models transformation. *International Journal of Production Research*. 2018. 43(20). P. 2878-2896. doi: 10.1080/00207543.2017.1418985.
 56. Van Erven G., Silva W., Carvalho R., Holanda M. GRAPHED: A Graph Description Diagram for Graph Databases. In: Rocha Á., Adeli H., Reis L.P., Costanzo S. (eds.) *Trends and Advances in Information Systems and Technologies. WorldCIST'18 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2018. 745. Springer, Cham. Pp. 1141-1151. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-77703-0_111198.

57. Viharos Zs., Monostori L. Intelligent, Quality-Oriented Supervisory Control of Manufacturing Process and Process Chains. Intelligent, quality-oriented supervisory control of manufacturing processes and process chains: DYCOMANS Workshop (Bled-Slovenia, 12-14 May, 1999). Slovenia. Pp. 129-134.
58. Weyrich M. Evaluation of Information Technology for "Industrie 4.0". Production systems. Available at https://www.ias.uni-stuttgart.de/dokumente/vortraege/2016-09-25_Nokia-Lectures_IT-Evaluation_I40_Prof_Weyrich.pdf.html [Accessed 28 Oct. 2017].
59. Wiśniewski J., Wiśniewski Z. The Purchasing Power Parity: Theory and Evidence. Warsaw: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. 76 pp.
60. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики: учебник для вузов: в 2-х т. Т 1. Теория вероятностей и прикладная статистика. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 656 с.
61. Анализ мирового опыта развития промышленности и подходов к цифровой трансформации промышленности государств-членов Евразийского Экономического Союза: информационно-аналитический отчет. М.: Евразийская экономическая комиссия, 2017. 116 с.
62. Асоціація Підприємств Промислової Автоматизації України. Бар'єри і перспективи ІоТ і Індустрії 4.0. URL: <http://appau.org.ua/Baryery-i-perspectyvu-IoT-i-Industryi-4-0.html> (дата звернення: 27.10.2017).
63. Бакаєв О.О., Гриценко В.І., Бажан Л.І. Економіко-математичні моделі економічного зростання. К.: Наук. думка, 2005. 189 с.
64. Баранов Э.Ф. Об измерении индексов-дефляторов по отраслям экономики и промышленности. Экономический журнал ВШЭ. 2002. № 2. С. 217-224.
65. Баронов В.В., Калянов Г.Н., Попов Ю.Н., Титовский И.Н. Информационные технологии и управление предприятием. М.: Компания АйТи, 2009. 328 с.

66. Бархоткин В.А. Обработка изображений для идентификации наземной обстановки мобильными роботизированными комплексами. Известия Южного федерального университета. Технические науки. 2014. № 3 (152). С. 77-86. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/obrabotka-izobrazheni-y-dlya-identifikatsii-nazemnoy-obstanovki-mobilnyimi-robotizirovannymi-kompleksami>. html (дата обращения: 03.10.2017).
67. Беляков К.І. Інформатизація в Україні: проблеми організаційного, правового та наукового забезпечення: монографія. К.: КВІЦ, 2008. 576 с.
68. Блауг М. Экономическая мысль в ретроспективе. М.: Дело, 1994. 627 с.
69. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов: прогноз и управление; пер. с англ. А.Л. Левшина; под ред. В.Ф. Писаренко. М.: Мир, 1974. 406 с.
70. Бородич С.А. Эконометрика: учеб. пособие. 3-е изд. Минск: Новое знание, 2006. 408 с.
71. Васильев И.Л., Сидоров Д.Н. Приложение кластерного анализа к автоматическому распознаванию дефектов. Проблемы управления. 2007. № 4. С. 36-42. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/prilozhenie-klaster-nogo-analiza-k-avtomaticheskomu-raspoznavaniiyu-defektov>. html (дата обращения: 20.09.2017).
72. Васильев П.В. Моделирование пространственных структур методами стохастической геометрии. Научные ведомости БелГУ. Сер. Информатика и прикладная математика. 2006. № 1(21). Вып. 2. С. 92-103.
73. Вишневский В.П. Smart-промышленность: перспективы и проблемы. Экономика Украины. 2017. № 7. С. 22-37.
74. Вишневський В. П., Вієцька О. В., Гаркушенко О. М., Князєв С. І., Лях О. В., Чекіна В. Д., Череватський Д. Ю. Смарт-промисловість в епоху цифрової економіки: перспективи, напрями і механізми розвитку: монографія; В. П. Вишневський (заг. ред.) / НАН України, Ін-т економіки пром-сті. Київ, 2018. 192 с.

75. Волгин А.В., Гусев И.В., Куликов С.В., Манцеров С.А., Панов А.Ю. Создание единого информационного пространства машиностроительного предприятия на основе "облачных" технологий. Вестник Воронежского Государственного Технического Университета. 2012. Т. 8, № 6. С. 44-47.
76. Воронин А.В. Моделирование технических систем. Томск: Томский политехнический университет, 2013. 130 с.
77. Гаркушенко О.Н. Информационно-коммуникационные технологии в эпоху становления смарт-промышленности: проблемы определения и условия развития. Економіка промисловості. 2018. № 2 (82). С. 50-75. doi: <http://doi.org/10.15407/econindustry2018.02.050>
78. Гришин К.А. Модель роботизированной платформы как ординарный полумарковский процесс. Известия ТулГУ. Технические науки. 2016. Вып. 9. С. 70-76. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/model-robotizirovannoy-platformy-kak-ordinarnyy-polumarkovskiy-protsess.html> (дата обращения: 28.09.2017).
79. Грубер Й. Эконометрия. Т.1. Введение в эконометрию. Киев: Астарта, 1996. 397 с.
80. Дасив А.Ф., Руссиян Е.А. Анализ функционирования промышленности Украины с позиции неоиндустриализации. Вісник економічної науки України. 2016. № 2. С. 57-65.
81. Державна служба статистики України. Середньомісячна заробітна плата за видами економічної діяльності за період з початку року у 2015 році. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2015/gdn/Zarp_ek_p/zpp2015_u.htm (дата звернення: 20.09.2018).
82. Дмитриев В.М., Ганджа Т.В. Принцип формирования многоуровневых компьютерных моделей SCADA-систем для управления сложными технологическими объектами. Моделирование систем. 2013. № 2(36). С. 24-35.
83. Доклад о мировом развитии "Цифровые дивиденды". Washington: Международный банк реконструкции и развития / Всемирный банк, 2016. 58 с.

84. Еремін Д. М., Гарцев І. Б. Искусственные нейронные сети в интеллектуальных системах управления. М.: МИРЭА, 2004. 75 с.
85. Зиновьев В.В., Кочетков В.Н. Опыт имитационного моделирования сложных производственных систем. Вычислительные технологии. 2008. Спецвыпуск № 5. Т. 13. С. 51-55. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/opyt-imitatsionnogo-modelirovaniya-slozhnyh-proizvodstvennyh-sistem>. html (дата обращения: 30.12.2017).
86. Зоркальцев В.И. Индексы цен и инфляционные процессы. Новосибирск: Наука, Сибирская издательская фирма РАН, 1996. 279 с.
87. Информационные технологии в Украине: Колосс на глиняных ногах. URL: <https://dou.ua/lenta/articles/it-in-ukraine/> (дата обращения: 20.05.2019).
88. Казакова М.В. Анализ свойств производственных функций, используемых при декомпозиции экономического роста. М.: РАНХиГС, 2013. 48 с.
89. Каллан Р. Основные концепции нейронных сетей = The Essence of Neural Networks First Edition. М.: Вильямс, 2001. 288 с.
90. Капітальні інвестиції за видами активів за 2010-2017 роки. Капітальні інвестиції (щоквартальні показники) за січень-грудень 2018 р. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 20.05.2019).
91. Кендал М., Морган П. Геометрические вероятности; пер. с англ. Р.В. Амбарцумян. М.: Наука, 1972. 192 с.
92. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. М.: Машиностроение, 1979. 432 с.
93. Ковальчук А.К. Разработка математической модели исполнительного механизма роботизированного манекена. Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2011. № 168. С. 103-109. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-matematicheskoy-modeli-ispolnitelnogo-mehanizma-robotizirovannogo-manekena>. html (дата обращения: 02.09.2017).

94. Ковальчук А.К., Кулаков Д.Б., Семенов С.Е. Математическое описание кинематики и динамики исполнительных механизмов роботов с древовидной кинематической структурой. Известия вузов. Машиностроение. 2008. № 11. С. 13-24.
95. Крылов А.Н. Коммуникационный менеджмент. Теория и практика взаимодействия бизнеса и общества. Изд. 2-е. М.: Икар, 2015. 352 с.
96. Кузнецов Д.А., Чернышев М.А., Овчинникова В.А., Ротарь Д.Ю., Комельских И.С. Интеграция Индустрии 4.0 в промышленность. Интеллектуальный потенциал XXI века: степени познания. 2016. № 35. С. 30-35.
97. Куприяновский В.П., Намиот Д.Е., Синягов С.А. Кибер-физические системы как основа цифровой экономики. International Journal of Open Information Technologies. 2016. Vol. 4. No. 2. С. 18-25.
98. Литвинов В.В., Казимир В.В. Модельно-ориентированное управление как стратегия функционирования интеллектуальных производственных систем. Математичні машини і системи. 2004. № 4. С. 143-156.
99. Мадих А.А., Охтеня О.О., Дасів А.Ф. Моделювання фактору цифровізації виробництва в процесі становлення смарт-промисловості (на прикладі переробної промисловості Німеччини): науково-аналітична доповідь / НАН України, Ін-т економіки пром-сті. К., 2018. 41 с.
100. 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: <http://doi.org/10.15407/econindustry2018.04.026>.
101. Маклаков С.В. Моделирование бизнес-процессов с AllFusion Process Modeler (BPwin 4.1). М.: ДИАЛОГ_МИФИ, 2004. 240 с.
102. Марка Д.А., МакГоуэн К. Методология структурного анализа и проектирования. М.: МетаТехнология, 1999. 240 с.
103. НКМЗ. Річна інформація емітента цінних паперів ПАТ "НКМЗ" за 2016 рік. URL: <http://www.nkmz.com/fileadmin/>

- services/actioners/godovoy_otchet_2016.pdf (дата звернення: 20.05.2019).
104. НКМЗ. Річна інформація емітента цінних паперів ПрАТ "НКМЗ" за 2017 рік. URL: http://nkmz.com/fileadmin/services/actioners/godovoy_otchet_2017.pdf (дата звернення: 20.05.2019).
105. Оппенлендер К. Технический прогресс. Воздействие. Оценки. Результаты. М.: Экономика, 1981. 176 с.
106. Паклин Н.Б., Орешков В.И. Бизнес-аналитика: от данных к знаниям. СПб.: Питер, 2009. 624 с.
107. Платонов В.В. "Парадокс Солоу" двадцать лет спустя, или об исследовании влияния инноваций в информационных технологиях на рост. Финансы и бизнес. 2007. № 3. С. 28-38.
108. Попов А. В., Момот М. А., Сергеев Е. С. Разработка системы верификации и моделирования технологического процесса сборки. Авиационно-космическая техника и технология. 2016. № 2 (129). С. 87-98. URL: <http://www.khai.edu/csp/nauchportal/Arhiv/AKTT/2016/AKTT216/PopovAV.pdf>. html (дата обращения: 30.09.2017).
109. Портрет украинского IT-специалиста. URL: <https://dou.ua/lenta/articles/portret-ukrainskogo-it-specialista/> (дата обращения: 30.12.2017).
110. Пшихопов В.Х., Чернухин Ю.В., Федотов А.А., Гузик В.Ф., Медведев М.Ю. и др. Разработка интеллектуальной системы управления автономного подводного аппарата. Известия Южного федерального университета. Технические науки. 2014. № 3 (152). С. 87-101. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-intellektualnoy-sistemy-upravleniya-avtonomnogo-podvodnogo-apparata>. html (дата обращения: 22.09.2017).
111. Самарин А.И. Нейросетевые модели в задачах управления поведением робота. Лекции по нейроинформатике по материалам Школы – семинара "Современные проблемы нейроинформатики". URL: <https://www.niisi.ru/iont/n/Library/Lectures/LectsALL-2001.pdf.html> (дата обращения: 22.09.2017).

112. Сантало Л. Интегральная геометрия и геометрические вероятности; пер. с англ. В.М. Максимова. М.: Наука, 1983. 360 с.
113. Система управления производством на предприятии ФЭД. Кейс-стади "Индустрия 4.0". URL: <https://industry4-0-ukraine.com.ua/smart-factory/> (дата обращения: 27.02.2018).
114. Системы технического зрения. Компания "Малленом Системс". URL: <http://www.mallenom.ru/resheniya/po-otrasliam/> html (дата обращения: 16.11.2017).
115. Столяренко А.В., Данильченко А.А. Применение информационно-коммуникационных технологий в деятельности предприятий туристской сферы. Современные научные исследования и инновации. 2017. № 1. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2017/01/77660> (дата обращения: 23.09.2018).
116. Суслов И.П. Основы теории достоверности статистических показателей / отв. ред. К.К. Вальтук; ИЭОПП СО АН СССР. Новосибирск: Наука. Сиб. отд., 1979. 304 с.
117. Тарасов А.Ф., Турлакова С.С. Математическое моделирование передовых машиностроительных технологий для смарт-предприятий: обзор подходов и пути внедрения. Економіка промисловості. 2018. 3(83). С. 57-75. doi: doi.org/10.15407/econindustry2018.03.055
118. Терновский О.А. Информационно-коммуникационные технологии в системе подготовки персонала промышленного предприятия. Инженерный вестник Дона. 2015. №1 (2). URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015/> 2774 (дата обращения: 20.09.2018).
119. Тинберген Я., Босс Х. Математические модели экономического роста. М.: Прогресс, 1967. 176 с.
120. Фишер Ф. Проблема идентификации в эконометрии. М.: Статистика, 1978. 223 с.

ВИСНОВКИ

Головним результатом виконаного дослідження є розробка цілісного комплексу теоретичних положень, науково-методичних підходів і практичних рекомендацій, що визначають напрями становлення смарт-промисловості в Україні з використанням податково-бюджетних, грошово-кредитних й екологічних механізмів її регулювання.

Відповідно до логіки дослідження всі одержані висновки можна поділити на такі групи.

У сфері теоретико-методологічних засад становлення та подальшого розвитку смарт-промисловості України:

1. Обґрунтовано, що економічна суть четвертої промислової революції полягає не в новітніх матеріальних (фізичних) технологіях і не в цифрових технологіях самих по собі, а в інтеграції останніх з матеріальним світом, що формує нову кіберфізичну реальність. Її уже не можна пояснити в рамках звичайної дихотомії "індустріальна революція – постіндустріальна революція". Йдеться про новий вимір розвитку – кіберфізичний, який уже не є суто фізичним (матеріальним) або суто цифровим (інформаційним). Для нової "розумної" реальності необхідні й нові адекватні інструменти дослідження, які, у свою чергу, разом із неокласичною методологією мають спиратися на досягнення інституційної та еволюційної парадигм.

2. У результаті аналізу якісних зрушень у світовій економіці, обумовлених розгортанням цифрових технологій і цифрової революції, запропоновано виділяти три її етапи:

фізичний – коли нові можливості поведінки з інформацією пов'язані насамперед із впливом інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) на реальний сектор економіки.

кібернетичний – коли ІКТ набули самостійного значення, оскільки одним із головних результатів виробництва в дигіталізованій економіці є цифрові товари, які створені за допомогою цифрового капіталу і характеризуються суттєвими особливостями виробництва та споживання;

кіберфізичний – коли цифрові технології та продукти інтегруються з фізичними, формуючи нову кіберфізичну реальність, у якій відмінність між сферою виробництва та сферою послуг багато в чому втрачає сенс, оскільки ІТ-послуги складають тепер невід'ємний елемент виробничого процесу з випуску гібридних товарів, які вже не є ні речами, ні послугами виключно.

3. Обґрунтовано, що сучасні промислові трансформації змінюють економіку та суспільство щонайменше у трьох аспектах, дослідження яких потребує врахування інституційних і еволюційних чинників розвитку:

по-перше, змінюються економічні суб'єкти – люди стають все більш "кібернетичними", з розширеними можливостями і новими рутинами прийняття рішень. Більш того, крім звичайних юридичних осіб очікується також поява осіб електронних, заснованих на штучному інтелекті (AI), які самостійно приймають виробничі та бізнесові рішення;

по-друге, прискореними темпами розвивається нове кіберфізичне виробництво гібридних продуктів, що інтегрують властивості товарів і послуг, виробництво самоорганізоване і кероване AI; у зв'язку з цим фізична і розумова праця, що піддається алгоритмізації, стає менш затребуваною, однак більшого значення набуває спеціалізація людей на творчих і когнітивних професіях, піклування людини про людину, взаємодія людей з машинами;

по-третє, з'являються нові інститути влади і механізми інфорсменту у вигляді репутаційного суспільства та держави, в яких особливого значення набувають соціокультурні (цивілізаційні) чинники розвитку.

4. Встановлено, що головною відмітною ознакою смарт-підприємств, які виступають первинною ланкою смарт-промисловості, є реалізація принципу рефлексії, згідно з яким аналіз функціонування реального підприємства служить для створення його рефлексивного образу – цифрової моделі фабрики, яка виступає джерелом нових знань про суб'єкт.

З цієї точки зору смарт-фабрика є таким способом взаємодії апаратних засобів, первинних даних, програмного забезпечення, штучного і людського інтелекту, в якому дані, одержані за допомо-

гою датчиків, лог-файлів і пошукових роботів від фізичних пристроїв і комп'ютерних мереж, збираються, передаються, попередньо опрацьовуються, зберігаються, візуалізуються, аналізуються і застосовуються для моделювання та подальшого вдосконалення промислових продуктів і виробничих процесів.

5. Обґрунтовано, що смарт-промисловість – це набагато більше, ніж відокремлені підприємства і продукти, які на них створюються, оскільки вона базується на інтегрованих мережах високотехнологічних смарт-систем і включає крім власне виготовлення речей також виконання широкого спектру пов'язаних функцій (смарт-дослідження, смарт-постачання, смарт-дистрибуція, смарт-фінанси тощо). У такій системі смарт-промисловості виробничі ланцюжки взаємопов'язані з дослідниками і розробниками, постачальниками, дистриб'юторами, споживачами через новітні ІКТ, завдяки чому формуються інтегровані цифрові екосистеми, які поліпшують координацію та підвищують ступінь активності участі всіх партнерів як в окремих ланцюжках, так і в цілісних мережах створення вартості.

6. Встановлено, що принципове значення для процесів становлення і подальшого розвитку смарт-промисловості має динамічний аспект, закономірності її розвитку в часі та просторі.

Часовий чинник проявляється через життєвий цикл домінуючих технологій. У зв'язку з цим у контексті кіберфізичних систем запропоновано концептуальні положення виникнення і подолання технологічних і фінансових розривів, згідно з якими для параметрів S-подібної технологічної кривої залежності між витратами і результатами принципове значення має динаміка структури капіталу – питомої ваги цифрового капіталу в його загальній величині.

Просторовий чинник (чинник місця) проявляється через розміщення домінуючих технологій по країнах і регіонах світу, які характеризуються власними закономірностями еволюції соціокультурних, інституційних і техніко-технологічних чинників. Таким чином, концепцію життєвого циклу технологій поширено на коеволюцію країн, які володіють домінуючими виробничими технологіями різного рівня і різного ступеня розвитку. Тобто перехід між точками однієї і тієї самої S-подібної технологічної кривої праворуч запро-

поновано трактувати як перехід від однієї країни до іншої, яка просулася далі в розкритті потенціалу домінуючих технологій даного рівня.

7. Запропоновано в дослідженні процесів становлення і розвитку смарт-промисловості використовувати еволюційну методологію і парадигму просторових екосистем економічних суб'єктів і економічних популяцій. У цьому дискурсі проблема становлення смарт-промисловості України має розглядатися як частина більш широкої проблематики національних (НІС) і наднаціональних інноваційних систем (ННІС), які згідно з еволюційною методологією формуються під впливом рушійних сил (мінливості, спадковості, відбору) у контексті дії різноманітних чинників (географічних, історичних, соціокультурних) та є результатом коеволюції соціуму, виробництва, технологій і соціально-економічних інститутів.

8. Запропоновано альтернативний науково-методичний підхід до таксономії ННІС, який базується на використанні методів AI (генетичні алгоритми, кластерний аналіз, нейромережеве моделювання). Відповідно до концепції чотириланкової спіралі (коеволюції соціуму, виробництва, технологій і соціально-економічних інститутів) виокремлено чотири основних типи ННІС і надано їх якісну інтерпретацію: А – розвинуті країни з інститутами переважно інклюзивного типу; В – країни, що розвиваються, зі змішаними екстрактивно-інклюзивними інститутами із сильно вираженою соціокультурною складовою; С – розвинуті країни та країни, що розвиваються, зі змішаними екстрактивно-інклюзивними інститутами із сильно вираженою неформальною складовою (у т. ч. пострадянського типу); D – країни, що розвиваються, з інститутами переважно екстрактивного типу.

На основі аналізу стану НІС України виявлено, що вона належить до ННІС типу "С". Виходячи з цього обґрунтовано альтернативні стратегії розвитку НІС України: орієнтація на усередненого лідера у своєму типі ННІС; орієнтація на усередненого світового лідера, тобто переведення НІС України в інший тип ННІС або переведення НІС усередненого лідера кластера, до якого належить НІС України, до іншого типу ННІС.

9. За результатами розрахунків виокремлено і рекомендовано оптимальний пул основних регуляторів (25 показників із 148), які характеризують науково-освітній, виробничо-економічний, державно-політичний та соціокультурний комплекси НІС України та на які може ефективно впливати уряд. Із їх використанням обґрунтовано укрупнені імперативи ефективного розвитку НІС України: підвищення якості інституційного середовища; розвиток науково-освітнього комплексу на основі посилення його інтеграційних зв'язків із промисловістю; підвищення якості людського капіталу; розвиток інфраструктури; формування сприятливого інвестиційного клімату, а також встановлено відповідні кількісні значення цільових індикаторів.

10. З метою підвищення ефективності діяльності уряду у сфері реалізації розроблених рекомендацій запропоновано концептуальний дизайн системи моніторингу й оцінювання (М&Е) смарт-промислового розвитку з позицій інституційної теорії та з урахуванням фази формування нових політик уряду та організацій: використання інструменту "логіка втручання", що встановлює причинно-наслідковий зв'язок між вкладеними ресурсами і впливом через результати й ефекти від заходів державної політики, показників оцінки підтримки виробників, моделі оцінки політики РЕМ (policy evaluation model). Запропоновано концептуальну матрицю ефективності розвитку як засіб раціонального синтезу результатів оцінювання макроекономічного і смарт-промислового розвитку.

У сфері обґрунтування напрямів становлення смарт-промисловості України, які передбачають вирішення економічних проблем "розумної" модернізації наявних і створення нових "розумних" виробництв:

1. Розроблено комплекс науково-аналітичних положень щодо впливу сучасних викликів і світових тенденцій розвитку на промислові сектори України та інших країн як у цілому, так і по досліджуваних галузях (металургійна, хімічна). Це дозволило узагальнити світовий досвід економічних та інституційних умов імплементації технологій четвертої промислової революції, уточнити специфічні передумови та проблеми розгортання даних процесів для обґрунтованого

вибору пріоритетів становлення смарт-промисловості в Україні (загалом та за видами промислової діяльності/галузями).

2. Сформульовано концепцію аналітичної моделі обґрунтування напрямів стратегії розвитку смарт-промисловості. Її принциповою відмінністю є орієнтація на стратегічні суспільно-економічні пріоритети України, визначені в контексті цілей і завдань національного та глобального розвитку. Як ключові пріоритети розглянуто національну безпеку, динамізм та ефективність економіки, рівень і якість життя громадян. Принцип комплексного підходу дотримано на основі включення до цієї моделі шести предметних блоків аналізу: мотивація до смартизації; ідентифікація напрямів; ключові чинники розвитку напрямів; потенціал напрямів; імовірні ризики; готовність до реалізації (вихідні умови). Це дозволяє визначати потенційні напрями становлення смарт-промисловості, враховуючи різні аспекти смартизації як довгострокового (за терміном), інвестиційно-інноваційного (за економічним змістом) та соціально чутливого (за наслідками) процесу масштабної реконструкції виробництва.

3. Запропоновано орієнтовну структуру основних агрегованих критеріїв аналітичної оцінки напрямів смартизації, яка передбачає деталізацію показників-індикаторів з урахуванням об'єктно-суб'єктної та галузевої специфіки, а також можливостей інформаційно-методичного супроводження аналітичного процесу. Обґрунтовано доцільність використання чинників структурної модернізації промисловості та внутрішнього попиту як драйверів процесу смарт-трансформації виробництва в Україні. Узагальнено рекомендації щодо цілей і сфер упровадження ключових смарт-технологій (промислова роботизація, штучний інтелект, Інтернет речей) у промисловості з урахуванням специфіки внутрішніх соціально-економічних проблем і завдань.

4. Розвинуто науково-аналітичні положення про передумови, актуальність, необхідність, проблеми, ключові напрями та наслідки розвитку української металургії на засадах "смарт", а також можливості використання провідного світового досвіду впровадження "розумних" технологій в умовах системної кризи діяльності галузі в Україні.

Узагальнено тенденції та виклики, які визначатимуть стратегічні напрями галузевих трансформацій щодо розбудови смарт-виробництва у металургійній промисловості України та світу. У глобальному масштабі провідними є тенденції перевиробництва металу на тлі зростання сталеплавильних потужностей, зміни географічної структури виробництва та споживання металопродукції в умовах посилення концентрації виплавки сталі в обмеженому колі країн, підвищення спроможності галузі до генерації та впровадження інновацій. Для України визначальними є зростаючий профіцит металу внаслідок нерозвиненості внутрішнього ринку, недосконалість інституційного середовища розвитку металургії та низький рівень її інноваційної активності.

Чинниками, які сприяють розвитку металургії на засадах "смарт", є переорієнтація провідних галузей – металоспоживачів (машинобудування та будівництва) на інновації, наявність широких можливостей застосування "розумних" технологій у самій металургії, посилення соціогуманітарної відповідальності галузі перед суспільством, експортна орієнтованість галузі та поширення її присутності у просторі е-комерції.

5. Систематизовано та розкрито вплив об'єктивних та суб'єктивних причин і чинників, які визначають особливості реалізації смарт-рішень і технологій у виробничій, організаційно-економічній та соціальній сферах діяльності металургійних підприємств України. "Бузьким" місцем упровадження смарт-технологій унаслідок об'єктивної технологічної стабільності процесу виплавки металу є виробнича сфера, оскільки принципово нові інноваційні рішення у цій сфері потребують великих капіталовкладень та значного проміжку часу. Стримуючим чинником, що має здебільшого суб'єктивний характер, є соціальна сфера – через неготовність або небажання працівників сприймати нову цифрову культуру, яка передбачає кардинальні зміни в чисельності, структурі та професійній підготовці робочої сили. Найбільш стрімко "розумні" технології заходять в організаційно-економічну діяльність металургійних підприємств унаслідок переорієнтації виробництва готової продукції на запити клієнтів і прискореної цифровізації фінансово-логістичних операцій в усьому світі.

6. Запропоновано науково-концептуальні положення щодо смарт-модернізації хімічної промисловості України на засадах "Chemicals 4.0" як секторальної концепції реалізації досягнень четвертої промислової революції. Визначено сфери виробництва в Україні хімічної продукції, які мають потенціал розвитку на засадах "смарт". Обґрунтовано перспективні напрями смарт-модернізації хімічної промисловості України: розвиток наукоємних автоматизованих малотоннажних виробництв із високою доданою вартістю у високотехнологічних сегментах вартісних ланцюжків; залучення зовнішніх інвестицій галузей-споживачів до цифровізації та впровадження смарт-інновацій у хімічне виробництво; інституційне сприяння становленню смарт-виробництв шляхом розвитку платформної моделі галузевої інноваційної екосистеми.

7. Розроблено рекомендації для прискорення переходу до реалізації інноваційних смарт-рішень на галузевому рівні:

інвентаризація науково-технологічного та інноваційного потенціалу галузі, визначення конкурентоспроможних і перспективних сегментів;

організація спеціалізованої підтримки та програмного фінансування МСБ як інноваційно активних суб'єктів;

активізація інвестиційно-інноваційної співпраці із суміжними галузями-споживачами смарт-продукції;

організація тестових майданчиків для реалізації пілотних і демонстраційних інноваційних проєктів на базі діючих або законсервованих промислових об'єктів;

використання потенціалу кластерів та індустріальних парків;

формування та розвиток мережі національних технологічних платформ, "дзеркальних" до європейських, що дозволить залучити передовий європейський досвід організації та стимулювання інноваційних екосистем, становлення галузевих смарт-виробництв і сприятиме подальшій інтеграції національних підприємств у європейський економічний простір.

8. Надано рекомендації щодо подальшого вдосконалення законодавчо-нормативної бази, яка врегульовує економічні механізми та інституційні умови промислового розвитку в Україні в контексті завдань розгортання смарт-виробництв, насамперед стосовно визначення стратегічних рамкових цілей і завдань розвитку промисловості

та галузевих виробництв, державного стимулювання інноваційної діяльності, поліпшення інституційних умов взаємодії виробництва з наукою та інвесторами.

Першочерговими є такі заходи:

ухвалення на законодавчому рівні "Стратегії розвитку промисловості в Україні до 2025-2030 рр." як рамкової державної ініціативи щодо загального бачення та пріоритетних цілей становлення Індустрії 4.0;

доопрацювання й ухвалення законопроектів, які спрямовані на стимулювання розвитку вітчизняної промисловості за рахунок розширення використання інноваційних технологій: "Про внесення змін до Податкового кодексу України щодо стимулювання розвитку вітчизняної промисловості" та "Про внесення змін до Господарського кодексу України щодо стимулювання розвитку інноваційних технологій у промисловості".

У сфері розробки науково-методологічних підходів до державного регулювання процесів становлення смарт-промисловості в Україні та забезпечення її відповідності вимогам сталого, соціально-інклюзивного розвитку національної економіки з використанням інструментарію грошово-кредитної та податково-бюджетної політики

1. Обґрунтовано шляхи вирішення нових фіскальних проблем, пов'язаних із розвитком кіберфізичних систем: охоплення податками нових цифрових і виробничих технологій, поширення традиційних податків на нових суб'єктів оподаткування; заміна цифрових транзакцій і "випадаючих" з-під оподаткування доходів традиційними об'єктами оподаткування та/або підвищення ступеня прогресивності тих податків, які вже справляються; побудова у перспективі нового "податкового світу" з "розумними" податками, заснованими на принципах реального часу і смарт-контрактів, перехід до автоматичного стягнення податків із використанням нових технологій.

2. Визначено основні альтернативи щодо оподаткування прибутку від реалізації цифрових товарів та послуг в Україні: всеосяжне визначення цифрових товарів і послуг та включення їх до

загальної системи оподаткування доходів суб'єктів господарювання; відмова від оподаткування прибутку підприємств та перехід до оподаткування виведеного капіталу; упровадження податку на доходи від реалізації цифрових послуг (DST); створення нової системи оподаткування, заснованої на використанні сучасних блокчейн-технологій.

Обґрунтовано, що в коротко- та середньостроковій перспективі найкращий результат в Україні може дати комбінація відмови від податку на прибуток підприємств на користь податку на виведений капітал й упровадження DST.

3. За результатами прогнозної оцінки наслідків упровадження податку на виведений капітал і DST в Україні встановлено, що введення податку на виведений капітал у короткостроковій перспективі може призвести до втрат бюджету в обсязі від 7,3 до 44 млн грн (від 10 до 60% надходжень від податку на прибуток підприємств, або від 0,8 до 5% загальних податкових надходжень до бюджету), а впровадження DST може принести додаткові податкові надходження до бюджету України в обсязі від 10 до 15 млн дол. США.

4. У контексті обкладання ПДВ операцій у сфері електронної комерції визначено, що, по-перше, використання податку на транзакції є неефективним з позицій адміністрування та супроводжується суттєвим опором банківських установ; по-друге, використання ПДВ залишається доцільним і сприяє надходженням податку до бюджету, проте потребує виконання таких умов: обов'язкова реєстрація продавця в країні призначення товару (послуги); використання механізму зворотного нарахування зобов'язань із ПДВ при операціях між юридичними особами-платниками ПДВ; чітке визначення в податковому законодавстві категорій товарів, які належать до електронних, нематеріальних і особливостей їх обкладання ПДВ.

5. Удосконалено еволюційний підхід до оцінки податкового стимулювання НДДКР, за допомогою якого досліджено особливості стимулювання промислових підприємств шляхом надання їм податкових стимулів у сфері НДДКР. Із використанням цього підходу та з урахуванням стратегічної орієнтації на європейську модель со-

ціально-економічного розвитку розроблено пропозиції щодо податкового стимулювання підприємств у цій сфері. Встановлено, що обмеженість бюджетного фінансування промисловості в Україні може бути компенсована, принаймні, частково, за допомогою такого інструменту податкової політики, як об'ємний інвестиційний податковий кредит.

6. Для активізації підготовки STEM-персоналу для смарт-підприємств обґрунтовано доцільність упровадження системи прибуткового оподаткування фізичних осіб, засновану на плоскій концепції. У комбінації з пільгами та преференціями така система стимулюватиме інвестування фізичних осіб у STEM-навчання, дозволить уникати подвійного оподаткування доходів платників податків та сприятиме залученню додаткових інвестицій у смарт-промисловість.

7. Обґрунтовано, що фінансове забезпечення економічної діяльності та її грошово-кредитне регулювання є невід'ємними елементами повної екосистеми Індустрії 4.0. Новітні цифрові технології (великі дані, блокчейн, предиктивна аналітика, когнітивні обчислення тощо) дозволяють по-новому вирішувати важливі для розвитку смарт-промисловості завдання з фінансування модернізації та оновлення технологій, придбання сучасного програмного забезпечення, переходу від пілотного до масштабного основного виробництва тощо. По суті йдеться про перспективи інтеграції смарт-промисловості (виробничих кіберфізичних систем) зі смарт-фінансами, Індустрії 4.0 з Фінансами 4.0. Завдяки цьому промисловість поступово перетворюється на мережу не просто кіберфізичних систем, а кібер-фінансово-фізичних систем, або промисловий інтернет речей і фінансів.

8. З метою прискореного становлення Фінансів 4.0 обґрунтовано рекомендації щодо створення умов для розвитку перспективної у сфері банкінгу і фінтеху технології блокчейн. Встановлено, що її просування потребує визначення технологічних платформ, здатних задовольняти потреби фінансового сектору і промисловості, висунення законодавчих ініціатив щодо встановлення можливостей використання блокчейну у сфері застав, кредитних історій тощо,

підвищення правового статусу ICO (за прикладом законодавства Білорусі, яким встановлено правові рамки для криптовалют й ICO).

9. Сформульовано пропозиції для подальшого просування національної ідеї та практичної реалізації концепції "зеленої" смарт-промисловості. Першочерговими є заходи щодо:

перенесення фіскального тягаря з податків на прибутки і працю на екологічні податки й екологічно-орієнтовані митні збори, цільові пільги для підтримки екологічно-лояльних ініціатив тих виробників, які здійснюють конкретні кроки в напрямі розвитку "зеленої" смарт-промисловості та наукомісткого експорту кінцевої продукції;

надання податкових пільг за умов: доведення до екологічно безпечних величин емісії забруднюючих речовин у довкілля; вторинної переробки реалізованої продукції після завершення строку її експлуатації; "екологічно чистої" цифровізації та кіберфізичної трансформації бізнес-процесів, основних виробничих фондів і логістичної інфраструктури, яка базується на енергозбереженні й ефективному використанні енергетичних ресурсів при наданні пріоритету альтернативним (відновлюваним) джерелам енергії.

10. Запропоновано науково-методичний підхід до здійснення міжнаціональних зіставлень щодо оцінки готовності національних економік до переходу до Індустрії 4.0. Він ґрунтується на формуванні комплексу матриць, за аналогією з БКГ-аналізом, які варіативно поєднують набір обраних показників готовності до смарт-трансформацій з урахуванням екологічного чинника, і дозволяє не лише кількісно оцінювати розподіл країн аналізованої вибірки між секторами "смарт-лідерів", "потенційних лідерів" і "відстаючих", але і відстежувати їх переміщення між секторами при зміні сполучень показників, визначати найбільш стійкі та високоефективні економіки.

За результатами складених варіантів БКГ-матриць встановлено, що Україна має потенціал для успішного смарт-розвитку без критичного погіршення екологічної ситуації.

У сфері розробки науково-методологічних підходів до економіко-математичного моделювання розвитку "розумного" виробництва на промислових підприємствах і формування комп-

лексу економіко-математичних моделей та інформаційно-комунікаційних технологій, які дозволять підвищити ефективність реалізації запропонованих заходів

1. За результатами дослідження теоретико-методологічних засад й узагальнення зарубіжного досвіду економіко-математичного моделювання "розумних" виробничих систем встановлено, що їх моделювання в Україні може бути здійснено шляхом розвитку відомих моделей із додатковою параметризацією специфічних умов, пов'язаних з інституційними особливостями України, рівнем розвитку її промисловості та інформаційних технологій.

Серед перспективних напрямів економіко-математичного моделювання смарт-підприємств в Україні обґрунтовано використання модифікацій:

виробничих функцій – для встановлення якісних змін у чинниках виробництва, появи нових чинників виробництва, їх нових технологічних комбінацій;

моделей Леонтьєва "витрати-випуск" і оптимізаційних моделей – для визначення підприємств, які потребують першочергової цифрової інтеграції; мережевих моделей і моделей оптимізації – для оптимізації руху товарів в умовах Інтернету речей, обґрунтування першочергових претендентів на цифровізацію в умовах обмежень на обсяги інвестиційних ресурсів;

кореляційно-регресійних моделей – для оцінки економічних стохастичних залежностей, а також імітаційних моделей – для оцінки наслідків смарт-індустріалізації у сферах зайнятості, доходів населення й економіки загалом.

2. Аргументовано, що становлення нового виробничого укладу, пов'язаного з цифровою революцією, використанням великих даних і розвитком кіберфізичних систем, приводить до зростання значення інформації як ключового чинника виробництва та прискорення науково-технічного прогресу. Його на даному етапі розвитку виробництва доцільно враховувати у виробничих функціях у явному вигляді як окрему змінну. У результаті економетричного моделювання обґрунтовано, що таким чинником є вартість комп'ютерного програмного забезпечення і баз даних (КПЗ і БД).

3. Розроблено науково-методичний підхід до моделювання чинника інформатизації виробничих систем, який забезпечує збільшення віддачі традиційних чинників виробництва в умовах становлення смарт-промисловості. В основу цього підходу покладено модель виробничої функції, адаптовану за рахунок включення до неї чинника інформатизації, в якій ендогенною змінною є додана вартість у переробній промисловості, а екзогенними – кількість відпрацьованих годин, вартість машин і устаткування та вартість КПЗ і БД. Модель дозволяє оцінити характер впливу чинника інформатизації на додану вартість та може використовуватися для обґрунтування напрямів становлення смарт-промисловості з метою максимізації ефекту для економіки країни.

4. Відповідно до результатів економіко-математичного моделювання обґрунтовано, що інформатизація виробництва дозволяє заощадити витрати на працю та капітал і використовувати їх більш ефективно. Показники граничної норми заміщення праці та капіталу інформаційним чинником демонструють, що забезпечення зростання економіки за рахунок інформаційного чинника може бути значно дешевшим, ніж за рахунок витрат праці та капіталу. Згідно з виконаними розрахунками на прикладі Німеччини зростання витрат на КПЗ і БД на 1 млн євро здатне забезпечити заміщення праці на 233 тис. год., або витрат на машини й обладнання на приблизно 95 млн євро.

5. Уперше розроблено підхід до оцінки відповідності економічних систем критеріям смарт-індустріалізації, заснований на використанні інтегрального показника смартизації виробництва, який ураховує "смарттоозброєність" (співвідношення вартості КПЗ і БД та вартості машин й устаткування) і "смарттоємність" виробництва (співвідношення вартості КПЗ і БД та доданої вартості). Цей показник показує рівень смартизації виробництва з урахуванням смартизації капіталу та участі капіталу у створенні доданої вартості. Він є інваріантним до масштабів виробництва, порівнянним для різних економік і виробництв, його можна порівнювати в динаміці та використовувати на мікрорівні для оцінки смартизації окремих підприємств.

6. На основі аналізу показників, що характеризують смарт-індустріалізацію національної економіки, встановлено, що впровадження "розумних" виробництв в Україні відбувається занадто повільно. Зокрема, незмінність (на рівні 5%) співвідношення інвестицій у КПЗ і БД та інвестицій у машини, обладнання й інвентар за останні 9 років свідчить про те, що Україна суттєво відстає від процесів смарт-індустріалізації, які розгорнулися в розвинутих країнах, оскільки інвестиції в машини й обладнання не супроводжуються відповідними інвестиціями у створення програмного середовища смарт-промисловості.

7. За результатами аналізу математичних моделей розвитку "розумного" виробництва відповідно до класу вирішуваних завдань обґрунтовано, що найбільш перспективними для впровадження на промислових підприємствах є моделі штучних нейронних мереж. Це обумовлено широким спектром можливих вирішуваних завдань, який включає моделювання машинного зору, мехатронних і робототехнічних систем, завдання автоматизації виробництва, інтелектуальних виробничих систем. Визначено сильні сторони моделей штучних нейронних мереж (здатність до навчання та самонастроювання, відмовостійкість і швидкість роботи, що особливо важливо для смарт-виробництв) та обмеження (необхідність попереднього навчання мережі, що потребує наявності досить великої кількості даних про відповідні процеси на підприємстві).

8. Встановлено, що для вирішення завдань автоматизації виробництва в рамках становлення смарт-промисловості актуальним є використання марківських і напівмарківських моделей, математичних моделей теорії систем масового обслуговування, мереж Петрі. Визначено обмеження таких моделей: виділення станів системи в окремі процеси математичного моделювання може призводити до невиправданого збільшення їх кількості і зайвого нагромадження параметрів. З урахуванням цього обмеження аргументовано доцільність їх застосування для опису і вибору структури виробничих процесів, виявлення й усунення "вузьких" місць, проектування й оцінки продуктивності автоматизованих систем.

9. Виявлено переваги моделювання розвитку "розумного" виробництва на смарт-підприємствах у рамках формалізованих параметрів математичних моделей, а саме: забезпечення взаємодії кіберфізичних систем у єдиному мережевому просторі з різними системами автоматизованого проектування (CAD-системами), автоматизованими системами технологічної підготовки виробництва (САПР ТП / CAPP), єдиною базою даних підприємства (Big Data), системами управління даними про виріб (PDM-системами), SCADA-системами виробничих та управлінських процесів.

10. У результаті аналізу шляхів створення єдиного інформаційного простору промислових комплексів обґрунтовано доцільність використання для цього методології структурного підходу. На базі даного підходу (а саме методології SADT) розроблено інформаційну IDEFO-модель розвитку "розумних" виробництв, головне призначення якої полягає в забезпеченні інформаційної підтримки розвитку смарт-виробництв та їх подальшої автоматизації. Запропонована модель дає можливість у логічній, зручній і послідовній формі описувати взаємозв'язки між функціями управління й основними інформаційно-комунікаційними каналами на підприємствах, механізмами реалізації завдань, комплексом математичних моделей і підходів до розвитку "розумних" виробничих комплексів.

Результати виконаного дослідження проблем становлення смарт-промисловості в Україні з використанням податково-бюджетних, грошово-кредитних й екологічних механізмів її регулювання можуть бути застосовані органами державної влади та управління, місцевого самоврядування, недержавними неприбутковими самоврядними організаціями, промисловими підприємствами при формуванні промислової та інноваційної політики держави.

ДОДАТКИ ДО РОЗДІЛУ 3

Додаток А

Альтернативні погляди на формування вартості цифрових послуг на прикладі компанії Google¹

3 позиції компанії Google	3 позиції теорії цифрової праці
Вартість цифрових послуг компанії Google створюють комп'ютерні технології, програмне забезпечення та алгоритми	Вартість цифрових послуг компанії Google створюють користувачі, які формують Big Data, беруть участь у пошуку в інтернеті, формують контент (написання блогів, розміщення відео і фото) та реакції ("лайки" та коментарів)
Штаб-квартира компанії Google розташована у Каліфорнії. Звідти компанія керує серверами, обробляє пошукові запити. Програмне забезпечення та алгоритми компанії Google розробляються інженерами, які працюють у Каліфорнії. Отже, вартість цифрових послуг компанії Google створюється у Каліфорнії	Інженери компанії Google, які працюють у штаб-квартирі у Каліфорнії створюють програмне забезпечення та алгоритми, які є безкоштовними, тобто компанія Google не отримує від них прибутку. Прибуток компанії отримує від реалізації рекламного простору в інтернеті та розповсюдження реклами з використанням алгоритмічних аукціонів. Уся реклама є цільовою, тобто демонструється відповідній аудиторії виходячи із залишених нею Big Data
Податки мають сплачуватися там, де створюється вартість цифрових послуг. Компанія Google має сплачувати податки у Каліфорнії	Вартість рекламних послуг залежить не від програмного забезпечення або алгоритму, а від того, яку аудиторію обрано для демонстрації реклами та яка конкуренція між рекламодавцями на аукціоні за показ реклами саме цій аудиторії. Отже, аудиторія визначає вартість цифрової реклами. Як наслідок, податки мають сплачуватися у країні, де знаходяться користувачі, які проглядали рекламу (у випадку з оплатою за перегляд) або натискали на рекламу (у випадку з оплатою за клік)
Реалізація цифрової реклами компанією Google відбувається в безмежному інтернет-просторі, а не в конкретній країні, на основі аукціонів, заснованих на алгоритмах, які чітко не визначають фізичного розташування реклами. Офіційне представництво та європейські рахунки компанії Google зареєстровані в Ірландії. Звідти і відбувається реалізація цифрової реклами компанією Google європейським клієнтам. Прибуток від реалізації цифрової реклами європейським споживачам компанії Google має оподатковуватися в Ірландії	Незважаючи на те що реклама компанії Google відбувається в безмежному інтернет-просторі, вона демонструється конкретній аудиторії, яка описується чітким географічним місцем розташування. Зокрема, компанія Google так описує аукціон: "Користувач виконує пошук, і система Google Ads відбирає всі оголошення, ключові слова яких відповідають введеному запиту. З отриманого переліку оголошень система вилучає непридатні (наприклад, націлені на іншу країну або відхилені за порушення правил). З-поміж решти право на показ отримують лише оголошення з достатнім рейтингом. Рейтинг оголошення визначається за даними про ставку, якість оголошення, пороги рейтингу, контекст пошуку, а також прогнозований вплив розширень та інших форматів оголошення" [89]. Таким чином, оподаткування має та може ґрунтуватися на інформації про місцезнаходження обраної аудиторії. Прибуток від реалізації цифрової реклами компанії має оподатковуватися у країнах, мешканці яких взаємодіяли з такою рекламою (переглядали або "клікали" на неї)

¹ Складено за джерелами [83; 89].

Особливості державного регулювання інновацій у смарт-промисловості¹

Підхід	Напрями	Можливості	Недоліки
1	2	3	4
Використання інструментів державної політики	Прямі державні інструменти: державні програми фінансової підтримки; субсидії; позики; державні закупівлі	Найкраще підходять для заохочення проєктів із високим ступенем ризику і досягнення конкретних політичних цілей; відповідають цільовому характеру інновацій з найбільшою невідповідністю щодо публічних і приватних доходів; спрямування державних коштів на інвестування найкращих інноваційних розробок; можуть бути використані для вирішення проблем у конкретній технологічній або науковій сфері для подолання циклічних або секторальних уповільнень; сприяють передачі технологій; забезпечують достатній контроль за використанням бюджетних коштів	Значні адміністративні втрати; адміністративна обмеженість обробки великої кількості запитів на інноваційні розробки; підприємства не мають можливості реалізувати інноваційні проєкти, не затверджені для державного фінансування
	Податкові інструменти: податкові кредити; податкові знижки; податкові канікули; податкова амортизація	Сприяють заохоченню до інновацій різних підприємств та їх груп; самостійність підприємств у виборі найбільш продуктивних інновацій для інвестування; знижують ризик провалів уряду у виборі інноваційних проєктів для смарт-промисловості; забезпечують заохочення підприємств більш точно повідомляти про отримані прибутки; сприяють уникненню незаконного привласнення фондів з боку державних службовців; менші адміністративні витрати планування, розподілу та управління	Недостатній бюджетний контроль; збільшення ризику "змертвілих" збитків (підтримують проєкти, які були б виконані в будь-якому випадку); не збільшуються для достатньо великих підприємств; ризик перейменування в інновації інших напрямів діяльності; підприємства вибиратимуть проєкти з найвищими приватними показниками прибутковості

Продовження додатка Б

1	2	3	4
Запровадження режимів оподаткування	Стратегія податкового планування DI&DS	Використовується американськими групами, які включають три різні юрисдикції: Ірландію, Нідерланди та податковий притулок, де податок на прибуток є зниженим або взагалі відсутній; права на інтелектуальну власність компанії за межами США продаються або ліцензуються ірландською філією; прибуток, отриманий за межами США і віднесений на інтелектуальну власність, повідомляється дочірній компанії, і якщо він не передається американському материнському підприємству, то й не обкладається податком у США; неоподаткований прибуток зберігається в податковому притулку і може використовуватися для капітальних витрат або придбань за межами США	Збережені кошти не можуть бути переведені в США, щоб, наприклад, виплачувати дивіденди чи фінансувати капітальні витрати без сплати податку на прибуток підприємств
	Оподаткування прибутку за принципами створення вільних економічних зон (ВЕЗ) або територіальності	У ВЕЗ пропонуються безмитний імпорт і різноманітні податкові пільги, головні з яких стосуються податку на прибуток; прибуток підприємств, що здійснюють діяльність на території держави, оподатковується в ній незалежно від того, де зареєстровані розташовані на її території офіси компаній	Високий рівень найменших капіталовкладень і необхідність територіального розташування підприємства в межах ВЕЗ; норми територіальності податку обмежені для використання смарт-підприємствами
	Режим оподаткування інтелектуальної власності IP Box	Знижена ставка податку на прибуток, отриманий від мобільного доходу – патентів та інших форм інтелектуальної власності; зменшення викривлень в інноваційній діяльності, пов'язаній з інтелектуальною власністю; привабливість для смарт-підприємств, що мають ліцензію на використання відповідних об'єктів інтелектуальної власності	Ефекти пільгових ставок на державні доходи є незрозумілими та залежать від певних чинників, у тому числі від того, наскільки чутливою є податкова база до податкових змін і як реагує на такі зміни уряд

Закінчення додатка Б

1	2	3	4
	Режим оподаткування чистого грошового потоку CFT	Не розмежується капітал і прибуток при розрахунку податкової бази підприємства; податковий нейтралітет досягається через гармонізацію інвестиційних стимулів шляхом негайного фінансування інвестиційних потреб підприємства; податкова база встановлюється за обсягами продажу, за вирахуванням витрат на придбання матеріалів, товарів, послуг та основних засобів, а також на заробітну плату (R-based CFT); з урахуванням отриманих позик та відсотків за вирахуванням погашення позик і сплачених відсотків (R+F-based CFT); прибутку, що розподіляється між учасниками корпорації (S-based CFT)	База оподаткування грошових потоків та оподаткування за місцем призначення не є звичайною серед існуючих у багатьох країнах світу інструментів оподаткування прибутку підприємств

¹ Складено за джерелами [30, с. 15; 97, с. 20, 402].

КЕЙС 1 ПДФО в Естонії

Місце країни в міжнародних рейтингах 2017-2018 рр.

Рейтинг за індексом технологічної готовності – 0,15.

Рейтинг за індексом інновацій – 0,22.

Рейтинг за індексом вищої освіти та навчання – 0,14.

Рейтинг за світовим індексом людського капіталу (ноу-хау субіндекс) – 0,2.

Рейтинг за індексом міжнародної конкурентоспроможності прибуткового оподаткування трудових доходів – 0,06.

Рейтинг за індексом міжнародної конкурентоспроможності прибуткового оподаткування доходів від капіталу – 0,31 [105; 194; 207].

Державні програми розвитку STEM-персоналу

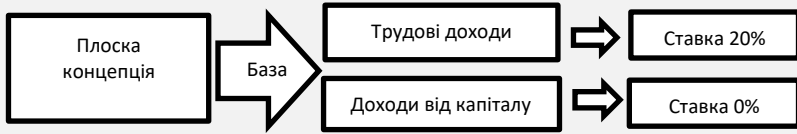
У 2013 р. створено Фонд інформаційних технологій для освіти HITSA, який діє відповідно до The Estonian Lifelong Learning Strategy 2020 [193]. Фонд підтримується і фінансується державою через Міністерство освіти і науки на основі партнерських відносин для забезпечення цифрових навичок на всіх рівнях освіти. Фонд HITSA реалізує такі державні програми:

ProgeTiger – з розвитку цифрових навичок дошкільної, шкільної, професійно-технічної освіти, підвищення компетенції вчителів, розповсюдження цифрових навчальних матеріалів; орієнтована на інженерні науки, дизайн і технології, ІКТ.

StudyITin.ee – з розвитку ІКТ у вищій освіті; базується на партнерстві між університетами, ІТ-компаніями та державою [104].

Система ПДФО

Основу податкової системи Естонії становить плоска концепція Р.Е. Хола та А. Рабушки. Її впровадження відбувалося у два етапи: перший – у 1994 р. було введено однакову плоску ставку на податок із доходів фізичних осіб та податок на прибуток; другий – у 2000 р. були звільнені від оподаткування дивіденди фізичних осіб [85]. Податкову систему Естонії у 2018 р. відображено на рис. В.1.



Складено за джерелами [57, с. 45-47; 99].

Рис. В.1. Система ПДФО в Естонії

*Пільги та преференції для формування STEM-персоналу
в рамках загальних пільг на освіту*

1. Податкові знижки (tax allowances)¹ на витрати на освіту [99, с. 43, 229]:

віднімаються з оподаткованого доходу всі витрати на навчання дітей резидентів до 26 років (§ 26 Income Tax Act);

віднімаються з оподаткованого доходу в розмірі 50% від доходу платника витрати на освіту, пов'язану з поточною професійною діяльністю.

2. Звільняються від ПДФО (§ 19 Income Tax Act) [99; 127, с. 31]:

стипендії з державного бюджету для студентів очної форми навчання, інвалідів очної та заочної форм, для підготовки вчителів у сфері інформаційних технологій;

стипендії від некомерційних фондів та об'єднань, уряду іноземної держави у зв'язку з навчально-науковими дослідженнями;

гранти, що виплачуються з державного бюджету, від некомерційних фондів та об'єднань, уряду іноземної держави для здійснення наукової діяльності

¹ Податкова знижка – вирахування законодавчо-встановленої суми із загального доходу до оподаткування.

КЕЙС 2

ПДФО в Канаді

Місце країни в міжнародних рейтингах 2017-2018 рр.

Рейтинг за індексом технологічної готовності – 0,17.

Рейтинг за індексом інновацій – 0,17.

Рейтинг за індексом вищої освіти та навчання – 0,09.

Рейтинг за світовим індексом людського капіталу (ноу-хау субіндекс) – 0,15.

Рейтинг за індексом міжнародної конкурентоспроможності прибуткового оподаткування трудових доходів – 0,51.

Рейтинг з індексом міжнародної конкурентоспроможності прибуткового оподаткування доходів від капіталу – 0,91 [105; 194; 207].

Державні програми розвитку STEM-персоналу

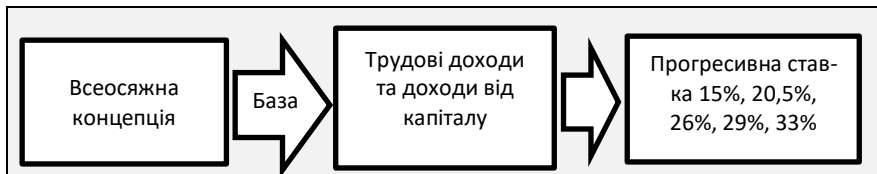
Федеральне агентство Natural Sciences and Engineering Research Council Канади фінансує програми у сфері природничих наук та інженерії для студентів і викладачів професійно-технічної та вищої освіти, партнерські програми між університетами, промисловістю та державою для інвестування в науково-дослідні проекти та підготовку кадрів [128].

З 2017 р. створено державну програму CanCode, що є частиною Canada's Innovation and Skills Plan [28] та фінансується з державного бюджету. Програма спрямована на розвиток цифрових навичок у сфері STEM у дошкільному та шкільному навчанні дітей, при підготовці вчителів та їх професійному розвитку [190].

Компанія General Motors of Canada у партнерстві з державними навчальними закладами фінансує численні STEM-програми на рівні від шкільного до професійного та вищого навчання для капіталізації розвитку STEM-персоналу [88].

Система ПДФО

Основу податкової системи Канади становить всеосяжна концепція Р.М. Хейг та Х.С. Саймонс. Уперше її було запропоновано The Carter Royal Commission on Taxation у 1966 р. та частково реалізовано у 1972 р. [123, с. 3-4]. Податкову систему Канади у 2018 р. наведено на рис. В.2.



Складено за джерелом [27].

Рис. В.2. Система ПДФО в Канаді

Пільги та преференції для формування STEM-персоналу в рамках загальних пільг на освіту

1. Податкові кредити (tax credit) для зменшення витрат на освіту:

податковий кредит, що не відшкодовується (non-refundable tax credit),¹ – зменшує податкове зобов’язання на 15% плати на здобуття вищої освіти або професійної підготовки платника податку або члена його сім’ї. Невичерпана сума кредиту може бути перенесена на невизначений термін, поки її не буде вичерпано;

податковий кредит, що не відшкодовується, для студентів – зменшує податкове зобов’язання на 15% суми сплачених відсотків по студентському кредиту, податковий кредит може бути перенесений на 5 років та переданий іншому члену сім’ї [14; 184, с. 230].

2. Звільняються від ПДФО:

державні стипендії на здобуття освіти студентів очної форми навчання;

державні стипендії на здобуття освіти студентів заочної форми – звільняються від податку в межах витрат на навчання та навчальні матеріали;

гранти на дослідження звільняються від оподаткування в межах витрат на нього [109, с. 230; 151].

¹ Податковий кредит, що не відшкодовується, зменшує податкове зобов’язання на суму витрат доки воно не дорівнюватиме нулю. Тобто платник отримує повернення тільки на суму податку, яку має сплатити.

КЕЙС 3 ПДФО у США

Місце країни в міжнародних рейтингах 2017-2018 рр.

Рейтинг за індексом технологічної готовності – 0,04.

Рейтинг за індексом інновацій – 0,01.

Рейтинг за індексом вищої освіти та навчання – 0,02.

Рейтинг за світовим індексом людського капіталу (ноу-хау субіндекс) – 0,10.

Рейтинг за індексом міжнародної конкурентоспроможності прибуткового оподаткування трудових доходів – 0,80.

Рейтинг за індексом міжнародної конкурентоспроможності прибуткового оподаткування доходів від капіталу – 0,69 [105; 194; 207].

Державні програми розвитку STEM-персоналу

Департаментом освіти США представлено низку програм для штатів щодо підтримки і розвитку STEM-персоналу, які передбачають державне інвестування:

загальні державні програми підтримки STEM-освіти (ESEA Flexibility, Career and Technical Education: Basic Grants to States та ін.);

програми первинного STEM-навчання учнів та студентів, стимулювання навчання вчителів, залучення меншин (Upward Bound Math and Science Program, Minority Science and Engineering Improvement Program, Math Science Partnerships, Teacher Incentive Fund STEM та ін.);

програми для грантоотримувачів із пріоритетом вибору STEM-освіти з метою розвитку STEM у школах, професійного STEM-розвитку вчителів, підтримки професійної та вищої STEM-освіти серед студентів та працюючих (Magnet Schools Assistance, 21st Century Community Learning Centers, Transition to Teaching, National Professional Development Program, Fund for the Improvement of Postsecondary Education та ін.) [92].

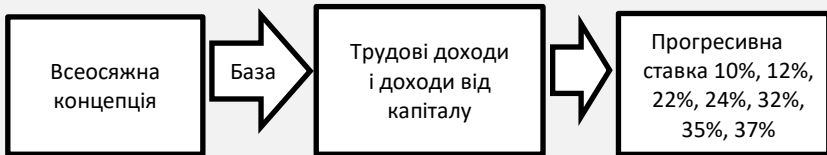
Система ПДФО

Податкова система США базується на всеосяжній концепції Р.М. Хейг та Х.С. Саймонс. Вона завжди становила основу оподаткування доходів фізичних осіб, але максимально наближено до ідей всеосяжної концепції та офіційно впроваджено її було у 1986 р.

шляхом прийняття The Tax Reform Act [59, с. 2]. Податкову систему США у 2018 р. наведено на рис. В.3.

*Пільги та преференції для формування STEM-персоналу
в рамках загальних пільг на освіту*

1. Податкові кредити (tax credit) для зменшення витрат на освіту (до одного студента застосовується тільки один вид кредиту):



Складено за джерелом [199].

Рис. В.3. Система ПДФО у США

The American Opportunity Tax Credit – податковий кредит, що відшкодовується (refundable tax credit) ¹ частково. Надається тільки у зв'язку з витратами на оплату навчання та навчальних матеріалів на 4 роки вищої освіти при будь-якій формі навчання (максимально 2500 дол. на рік). Кредит на одного студента складає 100% від перших 2000 дол. витрат, пов'язаних із навчанням, за мінусом стипендії та 25% від наступних 2000 дол. При перевищенні суми кредиту податкового зобов'язання 40% кредиту повертаються платнику;

Lifetime Learning Tax Credit (податковий кредит на навчання протягом усього життя) – податковий кредит, що не відшкодовується. Застосовується як 20% від перших 10 тис. дол. витрат на оплату освіти та навчальних матеріалів за мінусом стипендії на навчання на бакалавраті та в аспірантурі, при перепідготовці та підвищенні кваліфікації.

2. Податкові знижки (tax allowances) на витрати на освіту: у вигляді вирахування (deduction) з оподатковуваного доходу платника витрат на вищу освіту для себе і членів сім'ї. Максимальна сума вирахування складає 4000 дол. витрат на навчання та нав-

¹ Податковий кредит передбачає зменшення податкового зобов'язання на всю суму витрат, навіть якщо вона більше суми сплачуваного податку. Тобто платник має отримати повернення всієї суми своїх витрат.

чальні матеріали за мінусом стипендії для платників із доходом до 80 тис. дол.;

вирахування з доходу відсотків по студентському кредиту. Максимальне вирахування складає 2500 дол. на рік, якщо дохід студента не перевищує 70 тис. дол. на рік.

3. Звільняються від ПДФО:

стипендії студентам очної форми навчання на здобуття вищої освіти бакалавра або вищого ступеня;

стипендії та гранти або їх частка в межах витрат на навчання або дослідження та необхідні для цього матеріали. Застосовується незалежно від того, пов'язана освіта з роботою чи ні;

стипендії на навчання за кордоном [30; 122; 184, с. 235-236; 205].

Теоретичні концепції прибуткового оподаткування (income taxation) ¹

Оподаткування	Трудові доходи фізичних осіб	Доходи від капіталу фізичних осіб, у т. ч.:	
		доходи від приросту капіталу та дивіденди	інші доходи від капіталу
<i>Всеосяжна концепція (comprehensive income taxation)</i>			
Суть концепції: трудові доходи і доходи від капіталу представлені єдиної податковою базою та оподатковуються за прогресивною ставкою. Історія виникнення: запропонована німецьким вченим Р. Шанцом у 1896 р., удосконалена американськими економістами Р.М. Хейгом (1921 р.) та Х.С. Саймонсом (1938 р.).			
База ПДФО	Оподатковуються	Оподатковуються	Оподатковуються
Ставка ПДФО	Прогресивна	Прогресивна	Прогресивна
Податок на прибуток корпорацій	Не оподатковуються	Оподатковуються	Не оподатковуються
<i>Двоїста концепція (dual income taxation)</i>			
Суть концепції: трудові доходи та доходи від капіталу представлені у вигляді окремих податкових баз. Трудові доходи оподатковуються за прогресивною ставкою, доходи від капіталу – за плоскою. Історія виникнення: запропонована датським економістом Н.Ч. Нільсеном у 1980 р. з метою збільшення міжнародної мобільності капіталу. Введена у 1987 р. у Данії, потім у країнах Північної Європи (Норвегії, Швеції, Фінляндії) у 1990-х роках			
База ПДФО	Оподатковуються	Оподатковуються	Оподатковуються
Ставка ПДФО	Прогресивна	Плоска	Плоска
Податок на прибуток корпорацій	Не оподатковуються	Оподатковуються	Не оподатковуються
<i>Плоска концепція (flat income taxation)</i>			
Суть концепції: податкова система представлена двома податковими базами: трудовий дохід та інвестиційний (дохід від капіталу). Обидва типи доходів оподатковуються за однією і тією самою ставкою. Історія виникнення: сформульована американськими вченими Р.Е. Холлом та А. Рабушкою у 1981 р. (з доповненнями у 1995 р.) для реформування податкової системи США			
База ПДФО	Оподатковуються	Не оподатковуються	Оподатковуються
Ставка ПДФО	Плоска	0%	Плоска
Податок на прибуток корпорацій	Не оподатковуються	Оподатковуються	Не оподатковуються

¹ Складено за джерелами [6, с. 2; 96, с. 79-80; 172, с. 57-61; 187, с. 148-149].

Додаток Д

Порівняння переваг та недоліків теоретичних концепцій прибуткового оподаткування (income taxation) ¹

Концепція	Критерій	Переваги	Недоліки
1	2	3	4
Всеосязжна	1. Принцип соціальної справедливості за критерієм вертикальної рівності	Дотримується	–
	2. Принцип соціальної справедливості за критерієм горизонтальної рівності	–	Не дотримується ¹
	3. Принцип нейтральності податкової системи	–	Не дотримується ²
	4. Вплив на податкові надходження до бюджету	Сприяє збільшенню	–
	5. Вплив на витрати на адміністрування	–	Сприяє збільшенню
	6. Вплив на відплив капіталу з країни	–	Сприяє збільшенню за рахунок подвійного оподаткування доходів від капіталу
	7. Вплив на стимулювання заощаджень та інвестицій фізичних осіб	–	Сприяє зменшенню за рахунок прогресивної ставки
	8. Подвійне оподаткування доходів від капіталу	–	Є
	9. Вплив на переміщення суб'єктами підприємницької діяльності своїх доходів між категоріями з метою зменшення податкового зобов'язання	Не сприяє	–
	10. Простота визначення податкової бази	–	Не притаманна
	11. Вплив на організацію податкового адміністрування	–	Ускладнює адміністрування

¹ Певною мірою може досягатися і горизонтальна справедливість. Коли в одному податковому періоді платники з однаковим рівнем доходу оподатковуються за однією ставкою, в результаті їх чистий дохід є однаковим [87, с. 437].

² Певною мірою нейтральність забезпечується, коли при збільшенні одного з компонентів доходу загальний дохід збільшується на ту саму граничну суму та застосовується однакова гранична ставка на всеосязний дохід платника незалежно від джерел [87, с. 437].

Продовження додатка Д

1	2	3	4
Двоїста	1. Принцип соціальної справедливості за критерієм вертикальної рівності	Дотримується ¹	–
	2. Принцип соціальної справедливості за критерієм горизонтальної рівності	–	Дотримується ²
	3. Принцип нейтральності податкової системи	–	Не дотримується ³
	4. Вплив на податкові надходження до бюджету	–	Сприяє зниженню за рахунок плоскої ставки на доходи від капіталу
	5. Вплив на витрати на адміністрування	Сприяє зменшенню	–
	6. Вплив на відплив капіталу з країни	Сприяє зменшенню за рахунок відсутності подвійного оподаткування доходів від капіталу	–
	7. Вплив на стимулювання заощаджень та інвестицій фізичних осіб	Сприяє стимулюванню за рахунок плоскої ставки на доходи від капіталу	–
	8. Подвійне оподаткування доходів від капіталу	Відсутнє	–
	9. Вплив на переміщення суб'єктами підприємницької діяльності своїх доходів між категоріями з метою зменшення податкового зобов'язання	–	Сприяє
	10. Простота визначення податкової бази	–	Не притаманна
	11. Вплив на організацію податкового адміністрування	Спрощує адміністрування	–

¹ Досягається за рахунок прогресивної ставки для трудових доходів [22, с. 7].

² Забезпечується за рахунок пропорційної ставки на широку базу доходів від капіталу [22, с. 7].

³ Певний ступінь нейтральності досягається за рахунок плоскої ставки на доходи від капіталу та шляхом включення до податкової бази доходів від капіталу, які важко оподатковувати, що зменшує деформацію [171, с. 7].

Закінчення додатка Д

1	2	3	4
Плоска	1. Принцип соціальної справедливості за критерієм вертикальної рівності	–	Не дотримується
	2. Принцип соціальної справедливості за критерієм горизонтальної рівності	Дотримується ¹	–
	3. Принцип нейтральності податкової системи	Дотримується	–
	4. Вплив на податкові надходження до бюджету	–	Сприяє зниженню у перші роки впровадження
	5. Вплив на витрати на адміністрування	Сприяє зменшенню	–
	6. Вплив на відплив капіталу з країни	Сприяє збільшенню за рахунок відсутності подвійного оподаткування доходів від капіталу та 0% ставки на доходи від капіталу	–
	7. Вплив на стимулювання заощаджень та інвестицій фізичних осіб	Сприяє стимулюванню за рахунок 0% ставки на доходи від капіталу	–
	8. Подвійне оподаткування доходів від капіталу	Відсутнє	–
	9. Вплив на переміщення суб'єктами підприємницької діяльності своїх доходів між категоріями з метою зменшення податкового зобов'язання	–	Сприяє
	10. Простота визначення податкової бази	Притаманна	–
	11. Вплив на організацію податкового адміністрування	Спрощує адміністрування	–

¹ Складено за джерелами [6; 18; 22; 87; 96; 128; 187].

¹ Певною мірою досягається вертикальна справедливість за рахунок введення сімейних виключень із доходу для осіб із низькими доходами, що додає прогресивності в оподаткуванні [96, с. 81].

Пропозиції ОЕСР щодо оподаткування цифрових компаній ¹

Об'єкт регулювання	Що пропонується?	Як реалізувати?
Оцінка залученості користувачів у діяльність компанії в тій чи іншій країні	Зобов'язати компанії перевести частину прибутку в юрисдикції, де знаходяться користувачі, навіть якщо у них там немає фізичної присутності	Один із варіантів реалізації такої пропозиції передбачає прибуток від поточної діяльності оподатковувати за старими правилами, а залишковий прибуток розподіляти серед країн, які будуть стягувати з нього податок
Маркетингові нематеріальні активи	Розглядати такі активи як створені в тій країні, де працює компанія	Країна зможе обкладати податком увесь або частину залишкового прибутку, пов'язаного з такими активами, а прибуток, який залишиться, розподілятиметься між підрозділами компанії за правилами трансфертного ціноутворення
Істотна економічна присутність компанії у країні	Встановити критерієм вилучення, що отримується у довгостроковій перспективі, але тільки у зв'язку з такими чинниками: наявність бази користувачів, цифрового контенту, місцевих платежів; підтримка сайту місцевою мовою; відповідальність за кінцеву доставку продукту або послуги; підтримка післяпродажного обслуговування, ремонту; наявність маркетингової діяльності	Такі доходи можуть бути оподатковані у джерела їх виплати, але так, щоб не виникло подвійного оподаткування

¹ Складено за джерелом [137].

Національні рішення окремих країн світу щодо оподаткування прибутку від реалізації цифрових товарів та послуг ¹

Країна	Національні рішення
Австрія	З 2020 р. планується введення цифрового податку в розмірі 5% від доходу цифрових компаній
Великобританія	З 2020 р. планується введення цифрового податку на внутрішній дохід у розмірі 2%, яким будуть оподатковуватися цифрові компанії з річним доходом понад 500 млн фунтів стерлінгів (638 млн дол. США). Перші 25 млн фунтів стерлінгів (31,9 млн дол. США) доходу, отриманого на території Великобританії, будуть звільнені від оподаткування
Італія	Законом про бюджет 2019 р. № 145/2018 в Італії було впроваджено новий податок на цифрові послуги (DST). Цей податок замінює запропонований у 2017 р. "податок на інтернет". Ставка нового податку становить 3% від обороту цифрової компанії. Під оподаткування підпадають цифрові компанії з річним доходом понад 750 млн євро та загальною сумою цифрових послуг на території Італії понад 5,5 млн євро
Німеччина	Уряд Німеччини розглядає варіанти оподаткування прибутку від реалізації цифрових послуг. Однією з альтернатив є оподаткування доходів цифрових компаній за ставкою 15%. Також розглядається варіант, відповідно до якого компанії-резиденти, які розміщують цифрову рекламу, будуть виступати в ролі податкових агентів та сплачувати до бюджету суму податку, нарахованого з доходу від реалізації такої цифрової реклами
Франція	Наразі у Франції активно обговорюється можливість введення податку GAFA ¹ у розмірі 3% з обороту цифрових компаній. Він буде націлений на компанії з річним оборотом понад 750 млн євро та продажами у Франції понад 25 млн євро. За допомогою цього податку передбачається мобілізувати до бюджету 500 млн євро
США	У січні 2018 р. Верховний суд США виніс рішення, відповідно до якого податкова служба штату може оподатковувати цифрові компанії, які отримують прибутки в цьому штаті, навіть якщо вони не мають там фізичної присутності. У жовтні 2018 р. у конгресі США було представлено законопроект про справедливе оподаткування цифрових товарів та послуг, який сприятиме нейтральності, простоті та справедливості в оподаткуванні цифрових товарів та послуг

¹ Складено за джерелами [24; 25; 49; 62; 69; 126].

¹ GAFA – аббревіатура, яка походить від перших літер у назві цифрових компаній Google, Apple, Facebook, Amazon.

Оподаткування поширення цифрового контенту в країнах світу¹

Країна	Податок	Ставка	Дата введення	Об'єкт оподаткування	Виятки
1	2	3	4	5	6
<i>Введені податки</i>					
Австра- лія	Податок на то- вари і послуги (GST), Netflix tax	10%	01.07.2017 р.	Надання цифрових послуг австралій- ським споживачам таких компаній: Netflix (потокове ТБ і фільми), Amazoni Kobo (еле- ктронні книги), Tidal (потокова музика), Adobe (ПЗ), Microsoft і BlackBerry (додатки), UberX, Google (реклама)	Компанії Apple і Spotify, які раніше стали платниками GST
Франція	Youtube tax/Netflix tax	2%; 10% – для кон- тенту, зазначе- ного як "порно- графія" / "наси- льство"	2018 р. – розширення існуючого податку на поширення аудіовізу- ального контенту	Поширення аудіовізуального контенту он- лайн	Інформаційні послуги; по- слуги, пов'язані з надан- ням інформації про кіно- або аудіороботи (трейлери, уривки тощо)
Арген- тина	ПДВ	21%	27.07.2018 р.	Надання послуг за допомогою мережі Інтер- нет, незалежно від використовуваного для перегляду пристрою, типу послуги тощо	Завантаження та доступ до електронних книг
Колум- бія	ПДВ	19%	01.07.2018 р.	Надання аудіовізуальних послуг онлайн; ма- газини додатків (app stores), реклама онлайн	Центри обробки та збе- рігання даних, веб-хо- стинг, хмарна обробка даних, надання права на використання ПЗ, дис- танційне навчання, еле- ктронні книги
Уругвай	ПДВ	22%	01.01.2018 р. платежі – з 01.12.2018 р.	Виробництво, розподіл і використання філь- мів і інших аудіовізуальних передач міжна- родними компаніями (Netflix, Spotify та ін.)	Відсутні

Продовження додатка И

1	2	3	4	5	6
Бразилія	Сан-Паулу Місцевий ПДВ (ISS)	2,9%	18.11.2018 р.	Обробка та зберігання даних, тексту, зображень, відео, веб-сайтів, додатків, інформаційних систем. Створення ПЗ і додатків для ПК, планшетів і смартфонів. Надання контенту за допомогою потокових сервісів (відео, аудіо, текст, зображення)	Книги, газети, журнали. Контент, що розподіляється платними ТБ-провайдерами
Канада	Загальнодержавний податок з продажів (GST). Провінційний податок з продажів (PST / HST)	5% від 5 до 15% – залежно від провінції	01.01.2018 р. платежі – з 01.12.2018 р.	Продаж нематеріальної особистої власності (intangible personal property) – ПЗ, підписка на веб-сайт тощо канадським резидентам. Продаж послуг онлайн (ремонт ПК, переклади онлайн, реклама онлайн тощо) канадським резидентам. Телекомунікаційні послуги, що надаються канадським резидентам	Низка товарів і послуг
Пенсильванія, США	Податок з продажу	6%	2016 р.	Завантаження цифрового контенту, послуги підписки	Відсутні
<i>Податки на стадії обговорення</i>					
Бразилія	ПДВ (ICMS)	5%	Дата введення залежить від штату	Сервіси потокової музики і фільмів	Залежить від штату
Чилі	ПДВ	10%	2018 р. – законопроект	Електронна торгівля, здійснювана за допомогою цифрових платформ (незалежно від статусу резидентства компанії)	Діяльність Uber
Індонезія	Податок на товари і послуги		2018 р.	Послуги компаній-нерезидентів, які використовують технології OTT (over the top, доставка відеосигналу на приставку). Лист компаній включає Google, Facebook, Twitter, Amazon, Uber, Lazada, Grab. Послуги	

Закінчення додатка И

1	2	3	4	5	6
				включають продаж електронних книг, цифрової музики, бухгалтерські послуги, послуги архітекторів	
Таїланд	ПДВ для іноземних В2С-операторів ПДВ для В2В	7%	Липень 2018 р. – затвердження законопроекту	Надання послуг і контенту за допомогою Інтернету або електронних медіа тайським споживачам (завантаження музики і фільмів, потокові сервіси, онлайн-реклама, ігри, бронювання готелів онлайн тощо).	
Сінгапур	Податок на продаж товарів і послуг (GST)	Обговорюється	01.01.2020 р.	Імпорт цифрових послуг В2С і В2В. Критерії для компанії: щорічний дохід від діяльності в країнах світу понад млн дол. і обсяги продажів сінгапурським споживачам – понад 100 тис. дол. на рік.	
Малайзія	Податок на продаж та послуги (Sales and Services Tax, SST)	6%	01.01.2019 р. – для угод В2В; 01.01.2020 р. – для угод В2С	Поставки цифрових послуг В2В і В2С з боку компанії-нерезидентів внутрішнім споживачам	
45 міст штату Каліфорнія, США	Податок з продажу	Обговорення розширення податку з продажів	2016 р.	Надання онлайн-послуг	Залежить від міста
Південна Дакота, США	Поправка до закону, що послуги будуть обкладатися податком із продажів там, де знаходяться їх споживачі, незалежно від того, де останні фізично присутні (рішення суду від 21.06.2018 р.)				
Чикаго, США	У липні 2015 р. у Чикаго оголосили про введення 9% податку на Інтернет-трансляції (online streaming) і хмарне обчислення. Однак податок не введений до сьогоднішнього часу, оскільки він суперечить певним параграфам Internet Tax Freedom Act				

¹ Складено за джерелами [2; 50; 96; 115; 168; 187].

Показники рейтингів конкурентоспроможності зарубіжних країн за 2017-2018 рр.¹

Країна	Технологічний розвиток		Рівень STEM-освіти		Оподаткування	
	Індекс технологічної готовності (Technological readiness)	Індекс інновацій (Innovation)	Індекс вищої освіти та навчання (Higher education and training)	Світовий індекс людського капіталу (ноу-хау субіндекс) (Global Human Capital Index – Know-how subindex)	Індекс міжнародної конкурентоспроможності прибуткового оподаткування трудових доходів (International Tax Competitiveness Index Income Tax)	Індекс міжнародної конкурентоспроможності прибуткового оподаткування доходів від капіталу (International Tax Competitiveness Index Capital Gains/Dividends)
1	2	3	4	5	6	7
Країни з високим рівнем доходу на душу населення (від 12056 дол. США і вище) ²						
Австралія	0,20	0,20	0,07	0,22	0,69	0,66
Австрія	0,12	0,09	0,12	0,08	0,49	0,80
Бельгія	0,14	0,12	0,08	0,12	0,60	0,26
Великобританія	0,03	0,09	0,15	0,08	0,74	0,89
Греція	0,36	0,55	0,32	0,27	0,71	0,40
Данія	0,09	0,07	0,04	0,04	0,57	0,97
Естонія	0,15	0,22	0,14	0,20	0,06	0,31
Ізраїль	0,05	0,02	0,15	0,06	0,97	0,49
Ірландія	0,13	0,14	0,07	0,12	0,91	1,00

¹ За кожним із показників досліджено різну кількість країн, тому країни з однаковим значенням індексу за різними показниками не можуть бути рівнозначними. Для можливості зіставлення показників кількість країн у рейтингу представлено як умовну одиницю і всі індекси переведені в єдину одиницю вимірювання за шкалою від 0 до 1. Значення близькі до нуля є вищими, а значення близькі до одиниці – нижчими. Розрахунок за кожним показником здійснено шляхом ділення індексу кожної країни на кількість країн по ньому. Наприклад, 35 позицію посідає Португалія за світовим індексом міжнародної конкурентоспроможності прибуткового оподаткування трудових доходів із 35 країн і Греція за субіндексом ноу-хау світового індексу людського капіталу з 130 країн. Індекс цих країн переводиться у єдину одиницю вимірювання діленням 35 позиції за кожним показником на кількість досліджуваних у ній країн (Португалія – $35:35 = 1$; Греція – $35:130 = 0,27$).

² Згідно з даними глобального рейтингу економік країн світу за показником валового національного доходу на душу населення. Розраховано за даними The World Bank [206].

Закінчення додатка К

1	2	3	4	5	6	7
Ісландія	0,07	0,18	0,09	0,04	0,26	0,57
Іспанія	0,20	0,31	0,20	0,24	0,23	0,60
Італія	0,30	0,25	0,30	0,18	0,46	0,71
Канада	0,17	0,17	0,09	0,15	0,51	0,91
Корея	0,21	0,13	0,18	0,19	0,40	0,29
Латвія	0,27	0,61	0,31	0,32	0,03	0,31
Люксембург	0,01	0,11	0,36	0,07	0,54	0,09
Нідерланди	0,02	0,04	0,03	0,09	0,66	0,14
Німеччина	0,06	0,04	0,11	0,05	0,29	0,74
Нова Зеландія	0,09	0,15	0,05	0,17	0,34	0,03
Норвегія	0,08	0,10	0,06	0,05	0,37	0,77
Польща	0,34	0,43	0,30	0,18	0,14	0,51
Португалія	0,19	0,23	0,25	0,21	1,00	0,46
Словаччина	0,31	0,49	0,45	0,26	0,17	0,37
Словенія	0,26	0,26	0,18	0,14	0,77	0,14
США	0,04	0,01	0,02	0,10	0,80	0,69
Угорщина	0,29	0,45	0,53	0,28	0,09	0,40
Фінляндія	0,12	0,03	0,01	0,02	0,83	0,86
Франція	0,15	0,12	0,16	0,11	0,94	0,94
Чехія	0,24	0,26	0,20	0,16	0,11	0,23
Чилі	0,28	0,38	0,19	0,50	0,20	0,63
Швейцарія	0,01	0,01	0,04	0,01	0,43	0,11
Швеція	0,04	0,05	0,13	0,02	0,63	0,83
Японія	0,11	0,06	0,17	0,15	0,86	0,54
Країни з вищим за середній рівнем доходу на душу населення (від 3896 до 12055 дол. США)						
КНР	0,53	0,20	0,34	0,34	н/д	н/д
Туреччина	0,45	0,50	0,35	0,45	0,31	0,06
Мексика	0,52	0,41	0,60	0,37	0,89	0,20
Країни з нижчим за середній рівнем доходу на душу населення (від 996 до 3895 дол. США)						
В'єтнам	0,23	0,52	0,61	0,92	н/д	н/д
Україна	0,34	0,45	0,26	0,29	н/д	н/д

¹ Розраховано за даними джерел [105; 194; 207].

Примітка:

Для встановлення причинно-наслідкового зв'язку між наведеними індексами і визначення впливу показників оподаткування на показники технологічного розвитку та рівня STEM-освіти здійснено лінійний парний регресійний аналіз за допомогою Пакета аналізу в програмі Excel. Із відібраних 38 країн в аналізі використовувалися дані 35 країн, які мають індекси по всіх показниках.

Результати лінійного парного регресійного аналізу:

1. При визначенні залежності індексу технологічної готовності (залежної змінної) від індексу конкурентоспроможності прибуткового оподаткування трудових доходів (незалежної змінної) одержано коефіцієнт кореляції $r = 0,22$, коефіцієнт детермінації $r^2 = 0,05$, а при залежності від індексу конкурентоспроможності прибуткового оподаткування доходів від капіталу $r = 0,28$, $r^2 = 0,08$, значення яких вказують на відсутність взаємозв'язку (22 і 28%) та незначний відсоток (5 і 8%) впливу кожного індексу оподаткування на індекс технологічної готовності. Розраховані за F-критерієм Фішера Значущість $F = 0,21$ та Значущість $F = 0,1$ для кожної парної регресії ($>\alpha = 0,05$) підтверджують, що одержаний результат регресії є статистично не значущим.

2. При визначенні залежності індексу інновацій від індексу конкурентоспроможності прибуткового оподаткування трудових доходів одержано значення $r = 0,46$, $r^2 = 0,21$, а при залежності від індексу конкурентоспроможності прибуткового оподаткування доходів від капіталу $r = 0,33$, $r^2 = 0,11$, які вказують на слабкий взаємозв'язок (46 і 33%) і незначний відсоток (21 і 11%) впливу кожного індексу оподаткування на індекс інновацій. Значущість $F = 0,01$ і Значущість $F = 0,04$ для кожної регресії ($<\alpha = 0,05$) свідчать, що одержаний результат регресії є статистично значущим із вірогідністю похибки до 5%.

3. При визначенні залежності індексу вищої освіти та навчання від індексу конкурентоспроможності прибуткового оподаткування трудових доходів $r = 0,22$, $r^2 = 0,05$, а від індексу конкурентоспроможності прибуткового оподаткування доходів від капіталу $r = 0,37$, $r^2 = 0,14$, які вказують на слабкий взаємозв'язок (22 і 37%) та незначний відсоток (5 і 14%) впливу кожного індексу оподаткування на індекс вищої освіти та навчання. Розраховані Значущість $F = 0,21$ і Значущість $F = 0,03$ при порівнянні з α свідчать, що одержаний результат першої регресії є статистично незначущим, а другої – значущим із вірогідністю похибки до 5%.

4. При визначенні залежності світового індексу людського капіталу від індексу конкурентоспроможності прибуткового оподаткування трудових доходів $r = 0,31$, $r^2 = 0,1$, а при залежності від індексу конкурентоспроможності прибуткового оподаткування доходів від капіталу $r = 0,34$, $r^2 = 0,12$, які вказують на слабкий взаємозв'язок (31 і 34%) та незначний відсоток (1 і 12%) впливу кожного індексу оподаткування на світовий індекс людського капіталу. Розраховані Значущість $F = 0,07$ і Значущість $F = 0,05$ при порівнянні з α свідчать, що одержаний результат першої регресії є статистично незначущим, а другої – значущим із вірогідністю похибки до 5%.

КЕЙС 4 ПДФО в КНР

Місце країни у міжнародних рейтингах 2017-2018 рр.

Рейтинг за індексом технологічної готовності – 0,53.

Рейтинг за індексом інновацій – 0,20.

Рейтинг за індексом вищої освіти та навчання – 0,34.

Рейтинг за світовим індексом людського капіталу (ноу-хау субіндекс) – 0,34.

Рейтинг за індексом міжнародної конкурентоспроможності прибуткового оподаткування трудових доходів – немає даних.

Рейтинг за індексом міжнародної конкурентоспроможності прибуткового оподаткування доходів від капіталу – немає даних [105; 194; 207].

Державні програми розвитку STEM-персоналу

Фінансування освіти у державних навчальних закладах КНР здійснюється за рахунок державних інвестицій, також заохочується створення приватних закладів навчання, що фінансуються підприємствами та фізичними особами. Заплановано збільшення частки державного фінансування із зростанням національної економіки [32].

У КНР діє програма професійної освіти та навчання (VET) дорослих для розширення навичок для потреб виробництва та створення доступу для подальшого навчання. Програма повністю фінансується державою на національному та місцевому рівнях [162].

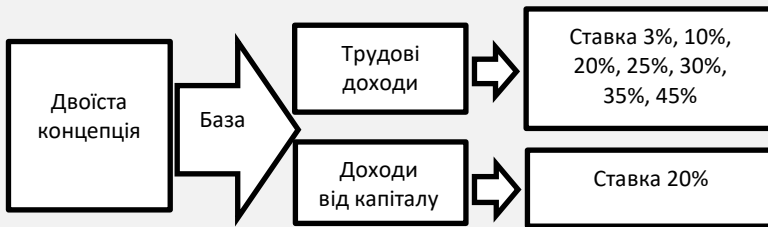
До того ж урядом фінансуються стипендіальні програми для іноземних студентів (включають плату за навчання, проживання, страхування):

державні стипендії Bilateral Program, Chinese University Program, Great Wall Program, EU Program, AUN Program, PIF Program;

стипендія Інституту Конфуція – Confucius Institute Scholarship; програма досліджень Confucius China Studies Program – програми для спільних досліджень та програми для китайських досліджень в аспірантурі [84].

Система ПДФО

Згідно з критеріями бази та ставки в Законі Individual Income Tax Law of the People's Republic of China [102] визначено, що основу податкової системи КНР становить двоїста концепція, яку запропонував у 1980 р. датський економіст Н.Ч. Нільсен. Податкову систему КНР у 2018 р. наведено на рис. Л.4.



Складено за джерелом [34].

Рис. Л.4. Система ПДФО в КНР

Пільги та преференції для формування STEM-персоналу в рамках загальних пільг на освіту

1. Податкові знижки – підлягають вирахуванню з оподаткованого доходу витрати на освіту дітей та безперервне навчання дорослих (Article 6 Individual Income Tax Law of the People's Republic of China).

2. Звільняються від ПДФО повністю (Article 4 (1) Individual Income Tax Law of the People's Republic of China):

стипендії з державного та місцевих бюджетів у сфері освіти та науки;

зарубіжні стипендії у сфері освіти та науки [84].

КЕЙС 5 ПДФО у Фінляндії

Місце країни в міжнародних рейтингах 2017-2018 рр.

Рейтинг за індексом технологічної готовності – 0,12.

Рейтинг за індексом інновацій – 0,03.

Рейтинг за індексом вищої освіти та навчання – 0,01.

Рейтинг за світовим індексом людського капіталу (ноу-хау субіндекс) – 0,02.

Рейтинг за індексом міжнародної конкурентоспроможності прибуткового оподаткування трудових доходів – 0,83.

Рейтинг за індексом міжнародної конкурентоспроможності прибуткового оподаткування доходів від капіталу – 0,86 [105; 194; 205].

Державні програми розвитку STEM-персоналу

За даними Національної агентства з освіти у Фінляндії фінансується освіта державою, фінансування поділяється між державними та місцевими органами влади. Більшість приватних навчальних установ також отримують державне фінансування. Платним може бути тільки навчання дорослих, але для нього доступна система навчальних грантів та кредитів [3]. У зв'язку з цим державних програм підтримки навчання доволі мало та переважно вони стосуються:

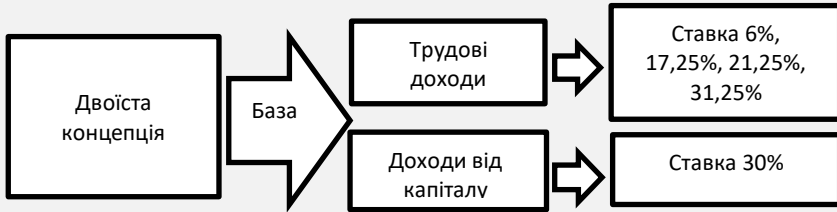
навчання в аспірантурі, здійснення наукових досліджень, іноземних студентів – для цього надається підтримка у вигляді стипендій, відшкодування витрат на проживання та проїзд: докторська програма центру міжнародної мобільності CIMO – Nordplus та EDUFI; державна докторська програма Finnish Government Scholarship Pool [80; 132].

професійної освіти та навчання (VET) у системі CBQ, що включено в національну систему кваліфікацій. Метою є навчання дорослих новим навичкам та підтримка кваліфікації протягом життя, частіше проводиться на робочому місці [37; 78].

Система ПДФО

Основу податкової системи Фінляндії становить двоїста концепція, яку запропонував у 1980 р. датський економіст Н.Ч. Нільсен.

У Фінляндії двоїсту концепцію було запроваджено у 1993 р. Незважаючи на те що впродовж наступних років вона зазнала змін з боку ставки, країна дотримується обраної концепції [18, с. 1694; 128, с. 2]. Податкову систему Фінляндії уа 2018 р. наведено на рис. Л.5.



Складено за джерелом [79].

Рис. Л.5. Система ПДФО у Фінляндії

Пільги та преференції для формування STEM-персоналу в рамках загальних пільг на освіту

1. Непередбачені пільги на освіту для фізичних осіб у зв'язку з тим, що навчання фінансується державою.

2. Звільняються від ПДФО:

державні гранти, отримані на основі публічного звернення за заявкою, та державні стипендії;

стипендії та гранти, надані на наукові дослідження в державному секторі;

стипендії з інших джерел не підлягають оподаткуванню, якщо не перевищують розміру щорічного гранту (20 309,40 євро на 2017 р.) [79; 186].

Додаток М

Переваги та недоліки альтернативних підходів до оподаткування прибутку від реалізації цифрових товарів і послуг¹

Альтернатива	Переваги	Недоліки
1	2	3
Відмова від оподаткування прибутку від реалізації цифрових товарів і послуг	Сприяє розвитку цифрових компаній; приваблює іноземні інвестиції; не передбачає додаткових фінансових витрат на адміністрування	Не мобілізує додаткові податкові надходження до бюджету; не дозволяє накопичувати досвід оподаткування компаній, які працюють на основі цифрових бізнес-моделей (як національних, так і транснаціональних); дестимулює підприємства, які працюють на основі традиційних бізнес-моделей; викривляє інвестиційні рішення; дозволяє міжнародним цифровим компаніям створювати оптимізаційні податкові схеми з метою ухилення від сплати податків
Всеосяжне визначення цифрових товарів і послуг та включення їх у загальну систему оподаткування прибутку корпорацій	Мобілізує додаткові податкові надходження до бюджету; дозволяє накопичувати досвід оподаткування національних компаній, які працюють на основі цифрових бізнес-моделей; сприяє податковій нейтральності на національному рівні	Передбачає додаткові фінансові витрати на адміністрування; не дозволяє оподатковувати транснаціональні цифрові компанії, які мають цифрову, проте не мають фізичної присутності у країні; дестимулює національні цифрові компанії; дозволяє міжнародним цифровим компаніям створювати оптимізаційні податкові схеми з метою ухилення від сплати податків; не має емпірично підтвердженого економічного ефекту
Тотальна відмова від оподаткування прибутку підприємств та перехід на оподаткування виведеного капіталу	Сприяє розвитку цифрових компаній; приваблює іноземні інвестиції; скорочує фінансові витрати на адміністрування; забезпечує зростання фінансових можливостей підприємств; стимулює приплив внутрішніх і зовнішніх інвестицій; забезпечує прозорість фінансової звітності; скорочує витрати на адміністрування податку; формує довірчі відносини між державою і платниками податків	Не мобілізує додаткові податкові надходження до бюджету за рахунок оподаткування цифрових національних і транснаціональних компаній; не дозволяє накопичувати досвід оподаткування компаній, які працюють на основі цифрових бізнес-моделей (як національних, так і транснаціональних); дозволяє міжнародним компаніям створювати оптимізаційні податкові схеми з метою ухилення від сплати податків; не виключає вірогідності скорочення податкових надходжень до бюджету в перші роки впровадження; не має емпірично підтвердженого економічного ефекту

Закінчення додатка М

1	2	3
Упровадження податку на доходи від реалізації цифрових послуг (DST)	Є справедливим з позиції сучасної теорії цифрової праці; мобілізує додаткові податкові надходження до бюджету; дозволяє накопичувати досвід оподаткування національних компаній, які працюють на основі цифрових бізнес-моделей	Дублює поточні дискусії ОЕСР; загрожує фіскальному суверенітету країн-членів ЄС; ґрунтується на технічно складному та дорогому механізмі визначення вартості; створює каскадні ефекти, які можуть призвести до подвійного або потрійного оподаткування операцій; посилює податковий тиск на цифрові компанії, які працюють із низькою нормою прибутку; дестимулює розвиток цифрових компаній; стимулює ухилення від оподаткування шляхом створення податкових схем, заснованих на оптимізації розмірів компанії; не відповідає принципу податкової нейтральності; спричиняє імовірність подвійного оподаткування
Створення нової системи оподаткування, заснованої на використанні сучасних блокчейн-технологій	Передбачає створення нових сучасних форматів податкової бази; дозволяє відмовитися від посередницьких послуг підприємств як податкових агентів; нараховує та мобілізує податки в режимі реального часу або наближеного до нього; дозволяє відмовитися від авансових податкових платежів та податків, що розраховуються шляхом співставлення доходів та видатків за період часу; формує новий підхід до податкового адміністрування, заснованого на принципах прозорості, контролюваності, безпечності, ефективності; мобілізує додаткові податкові надходження до бюджету; скорочує витрати на адміністрування податків	Немає досвіду впровадження такої податкової системи передбачає зростання державних видатків на наукові дослідження та розробки у сфері блокчейн-технологій у коротко- та середньостроковій перспективі; потребує перекваліфікації адміністративного персоналу у STEM-персонал; несе ризик соціального неприйняття – зв'язок із криптовалютами, які злочинці використовують з метою приховування своєї діяльності; несе регуляторні ризики – відсутній достатній досвід реалізації масштабних блокчейн-проектів у регульованому середовищі; несе технічні загрози – проблеми з пропускнуною спроможністю, затримкою обробки транзакцій, розмірами і швидкістю поширення даних, безпекою у вигляді можливості "атаки 51%", відмінністю версій, забезпеченням сумісності множинних ланцюжків тощо

¹ Складено за джерелами [25; 212; 214, с. 111-114; 218; 229].

SWOT-аналіз державного регулювання публічних закупівель в умовах становлення смарт-промисловості в Україні¹

Сильні сторони	Слабкі сторони
<p>За даними електронної системи закупівель протягом 2017 р. близько 27 тис. замовників оголосили більше 1 млн закупівель з очікуваною вартістю понад 777,7 млрд грн.</p> <p>Країна перебуває на етапі реформування системи публічних закупівель.</p> <p>Сучасна система публічних закупівель у країні частково враховує інтереси держави, бізнесу та суспільства.</p> <p>Упроваджена електронна система публічних закупівель поступово відновлює довіру до таких закупівель з боку підприємництва.</p> <p>Публічні закупівлі вже зараз забезпечують значну та стабільну економію коштів платників податків через систему електронних закупівель</p>	<p>Головною метою публічних закупівель в Україні наразі є економічне витрачання бюджетних коштів, а не їх інноваційна спрямованість.</p> <p>Незначна частка учасників публічних закупівель серед малого та середнього бізнесу.</p> <p>Законодавство щодо публічних закупівель в Україні не враховує їх потенціал як інструмент вирішення екологічних і соціально-економічних проблем.</p> <p>Недостатність інформації та навчання щодо можливостей участі у публічних закупівлях малого та середнього бізнесу.</p> <p>Усталена недовіра до публічних закупівель з боку підприємництва.</p> <p>Незначний досвід використання електронних майданчиків для публічних закупівель.</p> <p>Відсутність стимулів для придбання інноваційних рішень від нових постачальників, з якими раніше не було співпраці.</p> <p>Наявність певних труднощів із розумінням, знаннями, досвідом та можливостями, які пов'язані з новими технологіями і розвитком ринку</p>
Можливості	Загрози
<p>Публічні закупівлі можуть зосереджуватися на стимулюванні інвестицій у розвиток та становлення смарт-промисловості, зокрема сектори інноваційних та екологічних технологій.</p> <p>Публічні закупівлі створюють можливості для розвитку малого та середнього підприємництва, в тому числі в інноваційних сферах.</p> <p>Розвиток електронної системи публічних закупівель відіграватиме провідну роль у протидії корупції та створенні прозорих умов контролю за використанням бюджетних коштів.</p> <p>Розробка стратегії публічних закупівель сприятиме вирішенню соціально-економічних та екологічних проблем</p>	<p>Поглиблення технологічного відставання економіки країни.</p> <p>Низька конкурентоспроможність вітчизняної інноваційної продукції, що призведе до зростання попиту на імпортовану продукцію.</p> <p>Скорочення витрат на НДР та інноваційні рішення.</p> <p>Послаблення стимулювання інвестиційно-інноваційного розвитку, у тому числі за рахунок публічних закупівель.</p> <p>Зростання недовіри до держави, підвищення рівня корупції.</p> <p>Відсутність доступу до публічних закупівель малого та середнього бізнесу, зокрема інноваційно спрямованого</p>

¹ Складено з використанням даних джерела [185].

Наукове видання

**Вишневський Валентин Павлович
Вісцька Олеся Віталіївна
Вісцький Олександр Анатолійович
Воргач Олена Анатоліївна
Гаркушенко Оксана Миколаївна
Дасів Алла Федорівна
Заніздра Марія Юріївна
Збаразська Лариса Олександрівна
Князев Святослав Ігорович
Кравченко Сергій Іванович
Липницький Денис Володимирович
Мадих Артем Анатолійович
Мазур Юлія Олександрівна
Нікіфорова Віра Анатоліївна
Охтень Олексій Олександрович
Соколовська Олена Василівна
Турлакова Світлана Сергіївна
Чекіна Вікторія Денисівна
Шевцова Ганна Зйївна
Щетілова Тетяна Володимирівна**

СМАРТ-ПРОМИСЛОВІСТЬ: НАПРЯМИ СТАНОВЛЕННЯ, ПРОБЛЕМИ І РІШЕННЯ

Монографія

Оригінал-макет підготовлено у відділі інформатизації наукової діяльності Інституту економіки промисловості НАН України

Літературний редактор *О.А. Кокорєва*
Комп'ютерна верстка *Т.М. Синельнікова*

Підп. до друку 24.06.2019 р. Формат 60 x 84/16.
Ум. друк. арк. 27,0. Обл.-вид. арк. 29,0. Замовлення № 1451.

ІЕП НАН України.
03057, м. Київ, вул. Марії Капніст, 2.