

Розділ 7

ІННОВАЦІЙНО-ІНВЕСТИЦІЙНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ: ТЕХНОЛОГІЇ ЦИФРОВІЗАЦІЇ

*д. е. н., проф. О. О. Шапуров, д. е. н., проф. І. О. Клопов,
аспірант В. І. Аскольдов, аспірант С. О. Федотов*

- 7.1 Структурні складові промислової революції 4.0 та моделі зрілості цифровізації металургійних підприємств.
- 7.2 Фінансові технології в умовах розвитку промислової революції 4.0.
- 7.3 Тенденції розвитку цифрових складових промислової революції в гірничодобувному та металургійному секторі.
- 7.4 Сучасні аспекти формування промислової революції 5.0.

Висновки

Список використаних джерел

7.1 СТРУКТУРНІ СКЛАДОВІ ПРОМИСЛОВОЇ РЕВОЛЮЦІЇ 4.0 ТА МОДЕЛІ ЗРІЛОСТІ ЦИФРОВІЗАЦІЇ МЕТАЛУРГІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Значні глобальні зусилля спрямовані на заохочення виробників до впровадження технологій Індустрії 4.0, про що свідчать такі ініціативи, як “Industrial Internet Consortium” у США, “China Manufacturing 2025” та “Connected Industries” у Японії. Міжнародне опитування дослідників Індустрії 4.0 показало, що головним пріоритетом академічних досліджень є просування та підтримка питань практичної реалізації промислової революції 4.0. Індустрія 4.0 відноситься до недавніх технологічних досягнень, коли Інтернет та допоміжні технології (наприклад, вбудовані системи) є основою для інтеграції фізичних об’єктів, людей-акторів, інтелектуальних машин, виробничих ліній та процесів через

організаційні кордони для формування нового типу інтелектуальних мережевих систем. і гнучкого ланцюга створення вартості.

У разі Четвертої промислової революції компанії зосереджуються на впровадженні ключових технологій, побудові бази Індустрії 4.0 (KET від Key Enabling Technologies). Ключові підтримуючі технології (KET) – це інвестиції та технології, які дозволять європейським галузям зберегти конкурентоспроможність та отримати вигоду з нових ринків. Програма промислових технологій (NMP) зосереджена на наступних чотирьох KET: нанотехнології, передові матеріали, передове виробництво та обробка (виробничі технології) та біотехнології. KET використовуються у документі Європейської комісії (ЄК) на вебсайті «Знання для політики» [1]. Ключові технології складають основу, на якій будуються розумні фабрики з розумними процесами та розумними продуктами. Дослідники представляють нові технологічні рішення у вужчому чи ширшому сенсі. Г. Ербоз визначає чотири технологічні стовпи як кіберфізичні системи (CPS), Інтернет речей (IoT), хмарні обчислення та когнітивні обчислення [2]. Крім того, С. Грінгард фокусується на чотирьох компонентах Індустрії 4.0, а саме: кіберфізичних системах (зв'язках між реальним та віртуальним світами), Інтернеті речей (IoT), який збільшує обсяг даних, доступних у вигляді різних продуктів. може бути підключений до Інтернету, Інтернету послуг (IoS) та розумної фабрики. С. Senn та В. Sniderman натомість характеризують дев'ять стовпів нової концепції, включаючи згадані, а саме: великі дані, машинне навчання, комп'ютерне прогнозування та моделювання, візуалізацію процесів, кібербезпеку, горизонтальну та вертикальну інтеграцію [3; 4]. Boston Consulting Group вивчає одинадцять компонентів Індустрії 4.0, а це: великі дані, доповнена реальність, 3D-друк, хмарні обчислення, автономні роботи, технології кібербезпеки, технології комп'ютерного моделювання, системне програмне забезпечення, технології візуалізації процесів, інтегровані технології, створення середовища для вертикальної та горизонтальної інтеграції та ПоТ [5]. Набір технологій, що формують нову концепцію промисловості, відкритий та постійно розширюється.

Дослідження показують, що інтеграція, що забезпечується Індустрією 4.0, дає виробникам безліч переваг. По-перше, це може забезпечити ефективніше використання ресурсів з допомогою об'єднання виробництва з інтелектуальними мережами задля економії енергії. По-друге, Індустрія 4.0 підтримує горизонтальну інтеграцію, яка дозволяє компаніям збільшувати свою частку ринку. Це полегшує спільні мережі між підприємствами, щоб вони могли об'єднувати ресурси, розділяти ризики та швидко адаптуватися до змін на ринку. По-третє, Індустрія 4.0 підтримує створення цінності, оскільки цифрові канали та інтелектуальні продукти покращують зв'язки між фірмою та її клієнтами, дозволяючи виробникам продавати нові послуги та розробляти продукти спільно з клієнтами. Разом ці можливості дозволяють створювати нові бізнес-моделі та нові способи доставки та отримання цінності від клієнтів. Через всебічність впливу Індустрія 4.0 включає організаційні та соціальні проблеми, а також технічні проблеми. До них відносяться оновлення організаційної бізнес-стратегії для використання можливостей Індустрії 4.0, переосмислення того, як організація працює, забезпечення того, щоб працівники мали навички, необхідні для Індустрії 4.0, та вдосконалення механізмів управління з метою безпечного обміну даними. Сьогодні використання Індустрії 4.0 йде повільно. У Німеччині, де зародилася концепція Індустрії 4.0, лише 4 % німецьких виробників, які беруть активну участь у проектах Індустрії 4.0, досягли стадії 1 зрілості відповідно до Індексу зрілості Індустрії 4.0 Acatech [6]. Дослідження індійських виробників показало, що більшість опитаних знали про Індустрію 4.0, але не знали, про що йдеться, і не думали про її реалізацію. Індійське дослідження показало, що, хоча вартість технології була однією з перешкод для прийняття Індустрії 4.0, відсутність структури та цифрової стратегії підтримки впровадження також були вагомими чинниками, що перешкоджають впровадженню Індустрії 4.0.

Можна стверджувати, що Індустрія 4.0 формується з наступних основних елементів, які забезпечують її розвиток: стратегія та лідерство; організаційна культура та структура; цифрова

інтеграція; управління, безпека та захищеність; робоча сила; інтелектуальні продукти та послуги:

- стратегія та лідерство. Прийняття Індустрії 4.0 та інвестиції в ініціативи. Індустрії 4.0 засновані на стратегії, де докладно розкрито, як організація отримуватиме вигоду від Індустрії 4.0. Керівники вищої ланки векторно спрямовані на Індустрію 4.0, спрямовують ресурси на підтримку ініціатив та забезпечують централізовану координацію ініціатив Індустрії 4.0;

- організаційна культура та структура. Організаційна культура відображає прагнення до безперервного навчання, інновацій та обміну знаннями. Організаційна структура органічна, що допомагає підтримувати децентралізоване прийняття рішень та гнучкі процеси;

- цифрова інтеграція. Інтегровані дані, моделювання та технології поєднують функції як усередині організації, так і по всьому ланцюжку поставок практично в режимі реального часу;

- управління, безпека та захищеність: Реалізуються дії щодо захисту якості даних, безпеки працівників, кібербезпеки та інтелектуальної власності. Ухвалені відповідні стандарти Індустрії 4.0;

- робоча сила. Суб'єкт підприємницької діяльності інвестує у розвиток навичок Індустрії 4.0 серед працівників. Робочі ролі перевизначені, щоб зменшити функції, що повторюються, і дозволити персоналу працювати більш автономно і ефективно;

- інтелектуальні продукти та послуги. Продукти виготовляються на індивідуальне замовлення, а технології, вбудовані в продукти, створюють бізнес-моделі продуктів, що базуються на послугах.

Впровадження Індустрії 4.0 є формою відкритих інновацій, оскільки інновації всередині фірми управляються зовнішніми чинниками (появою нових технологій). Крім того, на впровадження Індустрії 4.0 впливають локальні чинники, такі як економічне середовище, ринкове середовище, культурні особливості. Хоча рамки Індустрії 4.0 призначені для надання загального корпоративного управління, концепція була спочатку розроблена в Німеччині, і більшість досліджень на сьогодні проводилася

в країнах з великими виробничими компаніями різних секторів економіки. Цілковито доцільно зазначити, що малі та середні підприємства особливо схильні утримуватися від впровадження технологій І4.0 у нове виробництво та розробку продуктів через їх стратегії, оскільки таке впровадження передбачає організаційні зміни та ризиковані інвестиції. У багатьох випадках малі та середні підприємства не мають будь-яких конкретних технологічних знань у тому, як впроваджувати зовнішні технології І4.0, або у них є короткострокове стратегічне мислення. Ці причини, серед іншого, пояснюють, чому МСП у ЄС не використовують повною мірою переваги цих передових технологій і чому в цій галузі існує така нерівність між МСП та великими компаніями.

Конкурентна неоднорідність пов'язана з інноваційною стратегією фірми. Інновації збільшуються з посиленням конкуренції продуктів у двох випадках [7]. По-перше, конкуренція стає інтенсивнішою, коли фірмам необхідно вводити нововведення, щоб перевершити конкурентів у рго-галузях «ніздря в ніздрю» – слідує на одній межі (ефект втечі від конкуренції). Друга ситуація – коли відстаючим фірмам необхідно конкурувати та впроваджувати інновації, щоб наздогнати лідерів, які, ймовірно, не займаються інноваціями. Обидва типи конкуренції сприяють інноваціям. Через деякий час посилення конкуренції, як правило, знижує прибуток, і стимулів до інновацій стає меншим (ефект Шумпетера). Отже, конкуренція знижує інновації, тому що в умовах жорсткої конкуренції нові лідери надто далеко попереду, щоб їх могли наздогнати відстаючі. У конкуренції лідерів і відстаючих у міру того, як відстаючі надолужують втрачене, лідери залучаються до конкурентної боротьби, втрачають прибуток і менше впроваджують інновації.

МСП працюють на все більш конкурентних ринках з більшою автоматизацією продуктів і більшою різноманітністю продуктів, тому вони, швидше за все, будуть впроваджувати І4.0. Хоча вибір, придбання та впровадження передових виробничих технологій правильного типу є складним та ризикованим завданням, МСП інвестують у конкретні інструменти для досягнення своїх конкурентних цілей, обумовлених їх конкурентним сценарієм [8]. Коли

малі та середні підприємства мають достатній потенціал і вважають, що фактори підтримки будуть використовувати ефективність фірми та змішувати суперництво між конкурентами, ці компанії інвестують у інструменти підтримки цифрових технологій. Якщо вони увінчаються успіхом, рівновага між фірмами у суміжних галузях порушується. Ця ситуація дає можливість відстаючим фірмам відкрити нові можливості для додаткових послуг. Таким чином можна стверджувати що конкурентний контекст галузі сприяє ухваленню І4.0.

Впровадження технологій збільшує фіксовані витрати на технології, включаючи надійне підключення, надійне сховище даних, аналітику та безпеку. Інтеграція фізичних і цифрових компонентів (активаторів) підвищує орієнтацію фірм на послуги і створює нові потоки доходів за рахунок створення сучасних бізнес-моделей. Отже, І4.0 є можливість збільшити продажі та доходи. Галузі з високою структурою фіксованих витрат уразливі для цінового тиску, оскільки фірми прагнуть розподілити свої фіксовані витрати на більше одиниць продукції або послуг. Отже, вищі постійні витрати впливають продуктивність фірми, оскільки збільшення продажів підвищує ефективність виробничих чинників, праці загалом. Цифрові можливості вимагають значних початкових інвестицій та збільшення витрат на обслуговування. Тим не менш, менше проблем з якістю, менше відходів матеріалів, менше персоналу та експлуатаційних витрат, а також швидкість та здатність обробляти різні продукти та послуги знижують витрати у довгостроковій перспективі. З огляду на нові можливості для обслуговування більших ринків та надання індивідуальних інтелектуальних продуктів та послуг, І4.0 може бути прибутковим у довгостроковій перспективі [9]. Виходячи з цього, впровадження І4.0 сприяє підвищенню ефективності компанії у довгостроковій перспективі.

Актуальним питанням у розвитку промислової революції 4.0 постає рівень забезпеченості промислових підприємств цифровими сервісами І4.0 це питання допомагає в повному обсязі розкрити моделі зрілості, запропоновані з урахуванням різних

компонент. Історію розвитку моделей зрілості (ММ), адаптованих до нової концепції промислового розвитку (І4.0), складають Теорія стадій розвитку Р. Нолана (1973) [10], модель Ф. Кросбі (1979) [11], модель Х. Харрінгтона (1991) [12], СММ (модель зрілості можливостей), розроблена Інститутом програмної інженерії (SEI), і версія з інноваціями – СММІ [13], модель зрілості Prince 2, модель зрілості управління проектами Керцнера (КМРЗ) [14], Модель зрілості управління проектами OGC та Модель зрілості управління проектами PM Solutions [15]. Прикладами сучасних моделей є Індекс готовності розумної промисловості Сінгапуру [16], RAMI 4.0 [17], П'ять рівнів змін, запропонованих Д. Фішером [18], SMKL – метод Кайдзен Рівня розумного виробництва, розроблений Mitsubishi Electric [19], а також ряд моделей, представлених консалтинговими організаціями, наприклад, PwC [20].

Процес зрілості в новій індустріальній реальності – це міра здатності підприємства ефективно управляти бізнес-процесами з використанням високих технологій, що дозволяє компаніям створювати процеси з інтелектуальними продуктами та послугами. У вдосконаленні процесу виділяють кілька етапів. Від базової стадії, яка визначає процес, до його вимірювання та кількісного управління та його постійного поліпшення.

Модель зрілості управління проектами Kerzner (КМРЗ) складається з п'яти основних рівнів, що дозволяють краще зрозуміти її функціональність та навички управління проектами. Ці рівні широко відомі як рівні загальної мови, загального процесу, єдиної методології, бенчмаркінгу та постійного поліпшення.

Х. Харрінгтон у 1991 р. постулював підхід, заснований на наступних шести послідовних рівнях зрілості:

- процес невідомий – статус процесу не визначений;
- процес зрозумілий та відповідає встановленій процедурі та документації;
- ефективний процес, тобто систематично вимірюваний і покращуваний задоволення очікувань клієнтів;
- ефективний процес – значно ефективний;

- процес бездоганний – оптимізований, що характеризується високою ефективністю, без помилок;
- процес світового рівня – орієнтир інших компаній.

Серед багатьох процесів на підприємстві одні перебувають на вищому рівні поліпшення, а інші – на нижчому, але важливий підхід усієї організації до покращення бізнес-процесів. Компанія Object Management Group Inc. (OMG) представила п'ять рівнів зрілості процесу в розділі «Зрілість бізнес-процесу» (BPM): 1) початкова робота виконується непослідовно та ситуативно; 2) керована – керівництво гарантує, що робота всередині робочих підрозділів може виконуватися відтворюваним чином; 3) стандартизована – стандартизовані процеси встановлені у всій організації та удосконалюються. У цій моделі вдосконалення процесів тісно пов'язане з інноваціями за допомогою методів, інструментів та прийомів, що використовуються для виявлення, аналізу, виконання, моніторингу та зміни цих бізнес-процесів.

У СММІ (інтеграція моделі зрілості можливостей) процеси класифікуються: початковий етап (Рівень 1: початковий), на якому процеси носять хаотичний характер, дії виконуються спонтанно, бюджети та терміни регулярно перевищуються, другий етап (Рівень 2: Керований), який фокусується на керованих процесах – процеси плануються, керуються, вимірюються і контролюються на основі плану, здійснюється та застосовується управління проектами, третій етап (Рівень 3: Певний), на якому процеси визначаються і добре охарактеризовані та зрозумілі, описані у стандартах та процедурах, четвертий етап (Рівень 4: Кількісне управління), коли процеси кількісно управляються та контролюються з використанням статистичних та інших кількісних методів вимірювання. Специфіка моделі полягає в аналізі двох категорій (уявлень) процесів, а саме поетапних та безперервних. СММ та інші моделі зрілості працюють як інструмент, що допомагає організаціям ранжувати певні процеси відповідно до їх структури. У моделі зрілості СММ, що процеси з вищим рангом – також звані вищим рівнем зрілості – пов'язані з кращою продуктивністю цих процесів і, зокрема, з найкращою якістю продукції.

Важливість нових технологій для досягнення компаніями зрілості процесів була підкреслена Д. Фішером, що розкрито у науковій праці «П'ять важелів змін», які вимірюються за допомогою наступних аспектів: стратегії (стратегічне розуміння ролі, позиціонування та фокусу для підприємства; широке прийняття рішень на підтримку спільних цілей компанії), засоби контролю (модель керівництва, адміністрування та оцінки ініціатив з приділенням особливої уваги відповідним показникам, що застосовуються для вимірювання), люди (середовище людських ресурсів, включаючи навички, організаційна культура та організаційна структура), технології (що забезпечують роботу інформаційних систем, додатків, інструментів та інфраструктури), процеси (методи та практика роботи, включаючи політики та процедури, що визначають спосіб виконання дій). У моделі він пропонує наступні п'ять рівнів зрілості: 1) розрізнений; 2) тактично інтегрований; 3) керований процесами; 4) оптимізоване підприємство; 5) інтелектуальна операційна мережа. Ця модель знайомить компанії з новою галуззю четвертої промислової революції. В цей час виконання процесів настільки тісно пов'язане з використанням відповідних ІТ-технологій, що важко уявити досягнення більш високих рівнів зрілості без впровадження ІТ-інструментів, що полегшують ефективне управління, автоматизацію, моніторинг і оптимізацію процесів. Водночас ІТ-інструменти та ступінь їх використання в організації власними силами можуть бути предметом оцінки. Отже, існує тісний зв'язок між моделями зрілості процесів та впроваджуваними ІТ-технологіями. У період з 2000 до 2006 р. М. Хаммер представив РЕММ (Модель зрілості процесів та підприємств). М. Хаммер проаналізував такі дві області: засоби реалізації процесів та можливості підприємства. Категорії засобів реалізації процесу включають інфраструктуру процесу, у тому числі інформаційні системи та системи управління, що підтримують процес, та показники, що використовуються для моніторингу продуктивності процесу [21].

В умовах промислової революції, що триває, вдосконалення процесів оцінюється за рівнем цифровізації бізнесу

і ступеня впровадження технологій (стовпів) Індустрії 4.0. На думку Х. Кагерманна, цифровізація є основою для побудови нової індустрії [22]. Цифрова зрілість компанії визначається її здатністю ефективно застосовувати цифрові технології у процесі вдосконалення бізнес-процесів. Цифрова зрілість компанії визначається її володінням цифровими технологіями і тим, як компанія розробляє та пропонує свої продукти, як вона працює з клієнтами та діловими партнерами, як вона управляє даними, якою мірою вона використовує автономні рішення та системи або як вона впроваджує співпрацю з партнерами. Виробництво на рівні 4.0 потребує інтелектуальних виробничих систем, які розкривають знання, приймають рішення та виконують дії розумно та незалежно. Він складається з профілактичного обслуговування, автономного прийняття рішень, інтелектуальних можливостей та гнучкості, самосвідомості, самооптимізації процесів та самоналаштування технологій. У цій революції розробка моделей зрілості зосереджена на технологіях та рішеннях, що використовуються у виробництві та засновані на нових технологічних стовпах. Галузь спирається на технологічні концепції, такі як хмара, Інтернет речей (IoT), кіберфізичні системи (CPS), великі дані, адитивне виробництво (AM), штучний інтелект (AI) та автономні роботи. Метою оцінки зрілості компаній є визначення рівня ефективного управління процесами та ресурсами, а також виявлення рівнів змін для досягнення очікуваного результату в інтелектуальному виробництві. Для методу оцінки рівня зрілості за проектами РМ використовуються діапазонні шкали або номінальні шкали, що описують характерні сценарії даного рівня даної характеристики, що визначає цифрову змінну зрілості. Найчастіше оцінка рівня цифрової зрілості проводиться за п'ятибальною шкалою.

У категорії моделей, що використовуються для оцінки зрілості компаній 4.0, популярні Сінгапурський індекс готовності до смарт-індустрії та індекс дослідження Asatech. Основу цього індексу було розроблено на основі «Еталонної архітектурної моделі для промисловості 4.0» (RAMI 4.0). Модель RAMI 4.0 відображає рівні ієрархії підключеного до Інтернету виробничого

обладнання, життєвий цикл обладнання та продуктів, а також ІТ-представлення компонентів Індустрії 4.0 за трьома осями. RAMI 4.0 поєднує в собі всі ключові припущення щодо створення розумної виробничої екосистеми. Ключовим орієнтиром для побудови моделей є Індекс зрілості Індустрії 4.0, розроблений Німецькою академією наук та машинобудування.

Багато моделей оцінки цифрової зрілості були створені консалтинговими компаніями, які використовують їх як інструмент для подальшого поглиблення оцінки в рамках своїх послуг (IMPULS PWC) або компаніями, визнаними сталонами в поліпшенні процесів, наприклад, метод Smart Manufacturing Kaizen Level (SMKL), розроблений Mitsubishi Electric (IAF).

Розглянемо більш детально моделі оцінки ступеня зрілості в металургійному секторі. Група науковців на чолі з М. Мартінс запропонували модель зрілості на основні ключових технологій сталеливарного сектора, які формують бізнес-моделі [23]. Згідно з дослідженнями Х. Петерс найбільший вплив І4.0 на модель зрілості стали включає комп'ютерну систему прийняття рішень щодо контролю якості, інтелектуальне управління автоматизованими процесами; інтелектуальна оцінка великих обсягів даних; перепланування матеріалів; інтелектуальні технології допомоги (дрони); профілактичне обслуговування [24]. Н. Науйок і Х. Штам [25] припускають, що на розробку бізнес-моделей у сталеливарному секторі впливають ринкові вимоги до продукції (наприклад, більш короткі життєві цикли продукції, різномірний портфель продукції, міцніша і довговічніша сталь), виробничі витрати (ціновий тиск), складність процесів, обслуговування вимоги (орієнтація на обслуговування та гнучкість, розвиток цифрового ланцюжка поставок, автоматизація процесів) та нормативні вимоги (прагнення металургійних компаній до скорочення викидів CO², раціональне управління ресурсами – економія енергії, що використовується у виробничих процесах, забезпечення стійкості). ЄС прагне збільшити надмірні потужності європейських сталеливарних заводів, особливо в умовах сильної конкуренції з боку Китаю.

Ц. Ніф та ін. представили результати опитування у своїй статті «Роль індустрії 4.0 у 2030 р. на основі даних сталеливарної промисловості». У нових бізнес-моделях параметри виробництва та процесу стануть частиною продукту. Крім параметрів продукції очікується, що клієнти отримають доступ до інформації про виробничий процес, яка в цей час доступна тільки виробникам сталі. З погляду перспективи 2030 р. серійне та бездефектне виробництво також вважаються життєздатними варіантами. Інформаційні та комп'ютерні технології, автоматизація та акцент на гнучкість покращать контроль ланцюжка поставок. У пропозованих напрямках змін, крім застосування високих технологій в металургії, у тому числі технології виплавки сталі методом прямого відновлення, акцент робиться на розвиток нових навичок робочої сили. Очікується, що металург 4.0 матиме тісний зв'язок між технологічними знаннями та цифровими навичками.

Сталеливарний сектор є важливою областю досліджень, оскільки сталь є основним промисловим матеріалом. Сталеварна промисловість є важливим сектором економіки в багатьох країнах. Ринок сталі також є важливим сектором переробки для багатьох інших секторів, таких як автомобільна промисловість, будівництво або електроніка. Виробництво нерафінованої сталі збільшується рік у рік. Відповідно до світового звіту, з 1950 р. по теперішній час виробництво сталі збільшилося з 189 млн т до 1950,5 млн т у 2021 р. [27]. Оскільки світові потрібна сталь, компанії мають впроваджувати інновації, щоби існувати на ринку. Моделі зрілості – це одна з форм перевірки ступеня інноваційності компаній у високодинамічному середовищі. Технологія 4.0 створює для виробників нові можливості для конкуренції, що коротко називається «розумним виробництвом». За даними Всесвітньої асоціації виробників сталі, «розумне» виробництво – це не просто «розумний» завод із виробництва сталі. Це вимагає суттєвої трансформації способів отримання сировини, виробництва та доставки продукції ринку за допомогою горизонтальної та вертикальної інтеграції ланцюжка поставок, і це глибоко орієнтовано на клієнта. Ця зміна не є одноетапним процесом, оскільки є очевидні проблеми зі стійкістю.

Четверта промислова революція творить нові бізнес-моделі. Моделі зрілості складаються з комбінації організаційних, процесних, технологічних, продуктових та маркетингових інновацій (відповідно до оновленої Євростатом 2010 р. методології, що використовується в Обстеженні ділової інноваційної активності ЄС) [28]. Нова індустрія спрямована на вибудовування синергії між інноваційними особливостями технологій Четвертої промислової революції та технологічними можливостями компаній для забезпечення високооптимізованих бізнес-процесів. Рівень розвитку компанії є результатом змін у всіх цих сферах. Зміни у бік І4.0 було погоджено великими компаніями, і навіть середніми і малими компаніями [29]. Суть моделей заснована на цифровій інтеграції виробничих систем та створенні мереж автономних машин та датчиків з цифровим управлінням, які широко використовують Інтернет та різні інші інформаційні технології для зв'язку один з одним та з людьми, що контролюють їхню роботу. Є багато прикладів першопрохідників у сталеливарній промисловості, особливо у сфері вертикальної інтеграції всередині бізнес-сегментів, де з'являються будівельні блоки для розумних заводів. Зміни вносяться в логістику (з новим рішенням, використанням GPS, RFID), системи якості продукції (наприклад, автоматизований контроль якості – CAQC), профілактичне обслуговування та керування технологічним процесом (датчик шуму, температури, системи керування технологічним процесом у реальному часі тощо) [30; 31].

Відповідно до політики розвинених країн, у тому числі Європейського союзу, моделі в сталеливарному секторі слід аналізувати не лише з погляду технологічних важелів (цифрові дані, автоматизація, зв'язок та цифровий доступ клієнтів), а й у поєднанні з розробкою «зелених» технологій, які необхідно впровадити на сталеливарних заводах задля досягнення кліматичних цілей. Моделі зрілості сталеливарного сектора є набір CSP і дорожніх карт для дій R+D+I (дослідження + розробки + інновації) для сталого виробництва. Стійкий розвиток є основою сьогоденнішніх промислових змін [32].

Передбачається, що нова концепція розвитку буде впроваджена у промисловість протягом найближчих кількох років. Передбачається, що нові виробничі технології підвищать швидкість та ефективність виробництва і тим самим мінімізують виробничі «затримки», що виникають через ненадійність (слабкість) людського фактора та традиційне (неінтелектуальне) обладнання.

Щоб з'явилися сильні зрілі моделі сучасного бізнесу, компанії мають спочатку інвестувати у цифровізацію. Цифровізація у четвертій революції набагато ширша, ніж у Третій промисловій революції. Цифровізація виробничого процесу та штучний інтелект визначають напрями сучасних промислових розробок та поміщають їх в архітектуру нової бізнес-моделі. Цифровізація промислових процесів передбачає заміну всіх аналогових виробничих процесів, включаючи традиційну механічну обробку, цифро-фізичними виробничими системами, які максимально автоматизовані та керуються цифровим способом. Процес цифрової трансформації продуктів також включає розширення їх функціональності за рахунок цифрових елементів, наприклад, інтелектуальних датчиків або пристроїв зв'язку. Таким чином можна отримати дані про використання продукту і покращити продукт, щоб краще відповідати зростаючим вимогам клієнтів. У кожній революції виробничий сектор інвестує у нові технології. Швидкий розвиток нових технологій Четвертої промислової революції, таких як промисловий Інтернет речей (IIoT), удосконалені мобільні роботи, промисловий зв'язок та рішення на основі штучного інтелекту, допомагають компаніям створювати інтелектуальне середовище. Компанії вибирають найбільш підходящі технології для інвестицій на цьому етапі перетворення компанії, щоб стати розумними. Поєднання інновацій з новими можливостями штучного інтелекту призвело до революційних змін в управлінні виробництвом, коли системи працюють надзвичайно автономно, динамічно змінюючи свою структуру та функції всередині організації.

7.2. ФІНАНСОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В УМОВАХ РОЗВИТКУ ПРОМИСЛОВОЇ РЕВОЛЮЦІЇ 4.0

Революція фінансових технологій (FinTech) продовжується повним ходом у всьому світі. Хоча технологія була частиною індустрії фінансових послуг з 1850-х років, тільки протягом останніх двох десятиліть фінтех став терміном, який зазвичай описує технологічні прориви, які потенційно можуть змінити надання фінансових послуг, стимулювати створення нових бізнес-моделей, додатків, процесів та продуктів, а також забезпечення вигоди споживачам [33]. За той же період банківський сектор зазнав далекосяжних технологічних і нормативних змін, викликаних, серед іншого, дерегулюванням та лібералізацією, досягненнями у галузі інформаційних та комунікаційних технологій, новими рішеннями для транзакцій та заощаджень, змінами у кібербезпеці та оцифровці.

З огляду на вагому необхідність існування банків у фінансовій системі, дуже важливо розуміти ризики та можливості, які FinTech створює для банків. Прориви в таких технологіях, як хмарні обчислення, мобільні пристрої (смартфони) та сенсорні системи (Інтернет речей), а також «оцифрування практично всього» [34]: збагатили доступність даних про економічні транзакції та людські взаємодії через Інтернет та онлайн-платформи. Поява машин, здатних збирати та аналізувати величезні обсяги даних, надало нове значення алгоритмічній обробці (використання машинного навчання та нейронних мереж), яка тепер може наблизитися до потенціалу автономних інтелектуальних агентів та штучного інтелекту. Такі розробки істотно вплинули на багато галузей (музику, освіту, транспорт, готельний бізнес, продукти харчування тощо), що призвело до появи нових учасників, які скористалися перевагами цих цифрових технологій, щоб «зруйнувати» застарілі ланцюжки створення вартості та перевизначити їх. існуючі ринки. Хорошим прикладом з музичної індустрії є те, як нові платформи, що продають цифрову музику та послуги з передплати (Apple і Spotify) замінили давніх гравців музичної

індустрії, які керували фізичними магазинами звукозапису (HMV і Virgin Megastores) [35]. Само собою зрозуміло, що індустрія фінансових послуг також була залучена до цього технологічного прориву, який призвів до появи руху FinTech. Хоча слово «фінтех» є аббревіатурою від «фінансових технологій», воно найчастіше використовується для позначення появи технологічних стартапів та нових учасників, чия екосистема впроваджує інновації в основі або на периферії фінансових послуг та надає рішення, що можуть приносити користь споживачам (і фінансовим установам), щоб вони краще розпоряджались грошима та своїми фінансами. Використовуючи переваги існуючих технологічних розробок, FinTech робить свій внесок у фінансову екосистему, пропонуючи інноваційні рішення, які усувають існуючі прогалини у наданні фінансових послуг. При цьому має потенціал для більш ефективного і всеосяжного задоволення потреб економічних агентів. Однак вплив кожної технологічної розробки на створення рішення може бути різним для кожної відповідної потреби.

Мобільні та цифрові платіжні системи залишаються основною нішою для фінтехів. Крім того, багато технологій пропонують послуги в наступних областях: банківські API, штучний інтелект, особисті фінанси, роздрібні інвестиції, корпоративні інвестиції, P2P (peer-to-peer) кредитування, масові фінанси, управління активами, грошові перекази, важливі дані та аналіз, фінансові платформи, InsurTech, RegTech, технологія блокчейн та криптовалюта, помічники Robo та банкінг наступного покоління.

Кількість фінтех-компаній стрімко зростає у всьому світі. FinTech пропонує додаткові можливості в багатьох сферах, таких як платіжні системи, кредитні рішення, управління активами та страхові послуги; МСП також отримують вигоду від подібних додатків. Деякі рішення, створені в області підприємництва, є одиничними інноваціями, інші являють собою радикальну трансформацію для галузі.

З технологіями також відбувається трансформація клієнтів. Оскільки тисячоліття людей приєднуються до робочої сили, очікування клієнтів змінюються. Розвивається концепція цифрового

клієнта у виробництві та споживанні і пропозиції повинні цьому відповідати. З впровадженням штучних офісів, цифрових платформ, які дозволяють діловим партнерам спілкуватися один з одним по єдиному каналу в інтернеті набувають все більшого значення.

Як правило, існує кілька категорій Fintech:

- Fintech BtoC (business-to-consumer), які орієнтовані на широку громадськість, наприклад, 100 % цифрові «необанки», без агентства, яке пропонує недорогий рахунок та платіжну картку (Compte Nickel, Morning), онлайн-джекпот, такий як Leetchi або LePotCommun, платіжні програми, такі як Lydia або програми для управління особистими фінансами (Bankin, Linxo), а також інструменти управління капіталом (інформаційні панелі, такі як Grisbee) або автоматизовані інвестиційні інструменти (робо-консультанти, такі як Marie Quantier);

- Fintech BtoB (business-to-business), що пропонує фінансові послуги компаніям, МСП, наприклад, онлайн-переказ валюти (Kantox) або дематеріалізований факторинг (Finexkap);

- Fintech BtoBtoC (business-to-business-to-consumer), як платформи спільного фінансування, які об'єднують лідерів проєктів, творців, трейдерів, МСП та інвесторів, фізичних осіб або професіоналів: краудфандинг у вигляді пожертвувань з винагородами або без винагород (KissKissBankBank, Ulule), краудлайнінг (позики МСП, таким як Lendix або Lendosphere) та краудкейфіт (капітальне фінансування, таке як Sowefund);

- Insurtech, у страхуванні: від компаратора, як Fluo, до спільного страхування, як Inspeer або Different, і 100 % цифрового медичного страхування, як Alan;

- Regtechs, компанії, які пропонують технологічні рішення для задоволення регуляторних обмежень та обмежень відповідності переважно банківських гравців (особливо з погляду знань клієнтів або "KYC" на жаргоні), таких як Fortia або Neuroprofiler.

Законодавство та нормативні акти повинні бути оновлені з розвитком технологій та ефективно адаптовані до цифрового світу. RegTechs (регуляторні технології), які контролюють соціальні, економічні та фінансові сфери, всі з яких є зростаючим

компонентом складного та швидко мінливого світу FinTech, відкрили нове вікно для безпеки, відповідності та управління ризиками законодавства та нормативних актів, особливо регулювання державного сектору, які базуються на інформаційних системах. Це технологія, розроблена, щоб допомогти компаніям ефективно адаптуватися до правил. Запобігання відмиванню грошей, боротьба з шахрайством, регуляторна сумісність з робототехнічними технологіями, поведінковий аналіз та виявлення особистості можна зарахувати до успішних ініціатив.

Якщо банки вирішать взаємодіяти з FinTech, вони можуть зробити це одним з наступних основних способів: інвестування банками частини власного капіталу в стартап FinTech або як венчурний капітал чи за допомогою прямих інвестицій (*інвестування*); використовують платформи, розроблені фінтех-фірмою; формування мережі, в якій можна тестувати та впроваджувати нові технологічні рішення; формування спільного підприємства з фінтех фірмою (*співробітництво*); власна розробка продуктів, коли банки самі розробляють фінтех-рішення, такі як безконтактні платежі, роборадники для інвестицій та інші (*власний розвиток*); злиття та поглинання, коли банки купують фінтех-фірму, щоб отримати швидший доступ до нових технологій (*правовий розвиток*); програми FinTech, у яких банки або приєднуються до інших банків та заінтересованих сторін у конкретній програмі з метою розробки рішення FinTech, або очолюють таку програму (*програмний розвиток*).

Потенціал фінтех-екосистеми, в якій співіснують банки, фінтех-фірми та необанки, може сприяти розробці нових банківських продуктів та послуг та покращенню існуючих, а також може підвищити ефективність та швидкість надання фінансових послуг традиційними фінансовими установами, знизити вартість посередництва. Фінтех може допомогти банкам у зборі необхідних ресурсів фінансування, відкритті більшої кількості ощадних і поточних рахунків та управлінні ними, отриманні доступу до ринків, що розвиваються, де фінансова інфраструктура обмежена, зниженні витрат на дотримання вимог та підвищенні точності оцінки

ризиків в областях посиленої перевірки особистості, інвестиційний профіль та споживчу поведінку. Більш того, фінтех-рішення потенційно можуть створити можливості для банківського сектора у забезпеченні ліквідності та покращенні збору та управління інформацією. Логічний шлях для банків – прагнути співпраці з фінтех-фірмами та необанками, а також впроваджувати фінтех-рішення.

Підвищена зацікавленості до соціальних мереж, доступність до Інтернету, онлайн магазинів та універсальних пошукових систем, формування покоління мобільних додатків та смартфонів – сприяло змінам у функціонуванні банківських систем світу, зокрема появи так званих необанків.

Необанк – це компанія, що надає всі види банківських послуг дистанційно за допомогою мобільного додатку. Це банк, який функціонує без відділень [36]. Необанк – це компанія, яка забезпечує банківський і платіжний сервіс без традиційної інфраструктури банківських відділень [37]. Необанки – це високотехнологічні стартапи з банківською ліцензією: P2P, FX, краутфандинг та мікрокредитування. Незалежні, або в складі великих компаній.

Світові лідери необанкінгу: ABN Amro, Adyen, Ant financial, ANZ, Aspiration, Banco Inter, Bank Leumi, Banco Sabadell, Banco Votorantim, Bnext, bunq, Chime, Commonwealth Bank of Australia, Dave, Finleap, ING, Judo, Klar, Kuda, Mastercard, Monzo, Moven, MYbank, National Australia Bank, Neon, Nubank, N26, OakNorth, Open, Pepper, Penta, Revolut, Raising, Rabobank, Santander, Starling, Standard Chartered, Tandem, TD Bank, TransferWise, Tencent, Uala, Uber, Volt, Varo, WeBank, Westpac, Xinja, 86400 [38].

Проаналізувавши досвід функціонування зарубіжних необанків, можна виділити притаманні їм особливості діяльності: відсутність відділень/філій як результат відсутності черг; цілодобове надання банківських послуг незалежно від географічного розташування клієнта; необхідність постійного доступу до Інтернету; персоналізований підхід до клієнта; швидкість обслуговування та економія часу клієнта; комодизація банківських послуг та підвищення рівня задоволеності клієнтів; використання сучасних

інформаційних технологій; просте та швидке відкриття рахунку в Інтернеті порівняно з традиційними банками; застосування біометричних способів підтвердження транзакцій; спрощене відстеження грошових потоків та можливість агрегації рахунків; налагодження партнерських відносин із традиційними фінансовими установами; доступні тарифи на обслуговування за рахунок мінімізації витрат на утримання філій та інших операційних витрат.

Розглянемо вітчизняну практику розвитку необанків. Перший проєкт необанку, або віртуального банку, Monobank був запущений у листопаді 2017 р. на базі ліцензії комерційного банку «Універсал Банк» разом із Fintech Band. Monobank – це онлайн-платформа, що прив’язана до платформи Universal Bank. Monobank не має власної банківської ліцензії, яка видається НБУ і надає право здійснювати банківську діяльність. Monobank – це онлайн-сервіс, який забезпечує доступ до банківських послуг. При цьому безпосередньо операції здійснює Universal Bank. Він є фінансовим партнером Monobank, і саме він оперує грошима клієнтів. Іншими словами, підключаючись до онлайн-сервісу, людина, по суті, стає клієнтом Universal Bank. Але доступ до його послуг він отримує не безпосередньо у відділеннях Universal Bank, а дистанційно через Monobank. У листопаді 2019 р. був запущений другий проєкт віртуального банку – Sportbank. Проєкт позиціонується як «перший спортивний мобільний банк в Україні». Sportbank також не має власної банківської ліцензії і здійснює свою діяльність на базі ліцензії «Оксі банк». Аналогічно з Monobank Sportbank розробив одноіменний мобільний додаток, що забезпечує доступ до карткового рахунку в «Оксі банку». Особливостями обох вітчизняних необанків є такі: відсутність власної банківської ліцензії; функціонування на базі ліцензії інших банків; розроблення та впровадження онлайн-сервісу, мобільного додатку; зручний кешбек витрат до 20 %, що є сучасним світовим трендом; доставка випущеної платіжної картки клієнту; співпраця виключно з фізичними особами; решта послуг, які пропонуються цими банками, є традиційними: поповнення картки, перекази, нарахування відсотків на залишок по картковому

рахунку, можливість відкриття кредитної лінії, можливість відкриття депозиту, оплата послуг [39].

Відносини між банками та технологіями вийшли на абсолютно новий рівень із тенденцією FinTech, і технологічні компанії тепер стають конкурентами банків. Фінтех-компанії, які пропонують своїм клієнтам простіші та дешевші функції первинного банкінгу, стали альтернативою банкам. Є фінтех-компанії, такі як Union, які перевищили 1 млрд дол. в основних банківських послугах. До них відносяться PayPal, Square, Stripe та ін. в платіжних системах; PayPal знову ж таки, TransferWise, Dwolla та ін. у грошовому переказі; Кредитний клуб, Credit Karma та ін. у кредитуванні. Біткоїн та інші криптовалюти, які сформували нову грошову систему, мають потенціал змінити банківський світ.

Важливість прямого впливу інноваційних технологічних ініціатив на ринки прискорила роботу з фінансових інновацій і продемонструвала її вплив на витрати на НДДКР. За даними ОЕСР, загальні світові витрати на фінансові інновації продовжували неухильно зростати з 2004 р., за винятком 2008–2009 рр. Банки також докладають зусиль для фіксації та розвитку інноваційних ідей, створюючи R&D-центри та організовуючи різноманітні хакатони.

Цифрова трансформація породжує нові продукти та послуги в платіжних системах. Наприклад, Amazon подала патентну заявку на “Payby-selfie”, а Mastercard пропонує своїм користувачам оплату Selfie. І навпаки, з розвитком технології масового ланцюжка платежів стануть реальністю «шттовхові» платежі, які замінять неопосередковані транзакції між рахунками. З ринковою ініціативою Amazon Go в Сполучених Штатах подібний досвід покупок по всьому світу незабаром стане досягненням FinTech, і по всьому світу будуть створені мережі миттєвих платежів. Інновації в цифровому світі продовжуватимуть залишатися руйнівною силою попередніх технологій.

Можна спостерігати, особливо за останні десять років, важливий внесок штучного інтелекту у фінансові установи та відносини з клієнтами. ChatBot виділяється серед багатьох інших продуктів

у цій галузі, таких як новітнє застосування штучного фінансового помічника. Очікується, що його використання стане широко поширеним завдяки знайомству поколінь Y і Z з мобільним зв'язком і їх переваги текстових повідомлень. Додатки чат-ботів від American Express і Bank of America, Amexbot і Erica, відповідно, вважаються провідними в галузі.

Слід також розкрити технологію блокчейн, яка лежить в основі Індустрії 4.0 та є однією з найважливіших інноваційних технологій в цифровій трансформації в галузі. Її можна використовувати трьома способами: для передачі активів (грошей, цінних паперів, акцій), для кращої простежуваності активів та продуктів та для автоматичного виконання контрактів (так звані «розумні контракти»).

Точно так само Blockchain здатний виконувати певні завдання, які виконують компанії електронної комерції, банки, нотаріуси і навіть уряди, набагато швидше, дешевше і безпечніше. Банки не можуть залишатися байдужими до цієї нової системи. Наприклад, ABN Amro, ING і Rabobank, три великі голландські банки оголосили про науково-дослідну діяльність з технології Blockchain для поліпшення своїх платіжних систем. Провідні світові банки та установи, включаючи Bank of America, Deutsche Bank, Goldman Sachs, Citigroup та Santander, також інвестували значні кошти в цю технологію та створили дослідницькі лабораторії.

Таким чином зі стрімким збільшенням доступу до інтернету та використання мобільних пристроїв очікування клієнтів досягли високих рівнів у фінансовому секторі, як і у всіх інших секторах. Тепер споживачі очікують фінансових послуг, які легко доступні з будь-якого місця, швидкі та зручні для користувачів. Розвиток технологій та зростаючі очікування клієнтів стимулюють нові потреби у фінансовому секторі, а цифрова трансформація має важливе значення для залучення та підвищення лояльності існуючих клієнтів.

Нові бізнес-моделі, створені фінансовими технологіями, спонукають банки та різних гравців галузі розвивати проекти в цій галузі. Мобільний банкінг зараз важливіший за відділення, кол-центри та онлайн-банкінг у багатьох сферах. Зараз впроваджуються

фінансові технологічні рішення, які інтелектуально задовольняють кредитні потреби МСП з різними фінансовими можливостями; У цьому мінливому середовищі банки змінюють свої структури, а також свої проекти. Оскільки альтернативні підрозділи каналів розподілу рухаються в бік цифрового банкінгу в багатьох банках, навіть були створені нові посади на рівні заступника генерального директора з цифрових технологій та даних. Очікується, що одні професії повністю застаріють, інші будуть розвиватися далі і з'являться нові, наразі невідомі нам. Тому, щоб зберегти стабільність в умовах постійно зростаючої конкуренції і, як наслідок, зміни ринкових умов, банки та фінансові установи повинні трансформуватися в сервісні установи, які інвестують у цифрову трансформацію, а не в традиційні послуги.

7.3 ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ЦИФРОВИХ СКЛАДОВИХ ПРОМИСЛОВОЇ РЕВОЛЮЦІЇ В ГІРНИЧОДОБУВНОМУ ТА МЕТАЛУРГІЙНОМУ СЕКТОРІ

Інноваційний потенціал орієнтований на постійний розвиток є вагомим чинником конкурентоспроможності суб'єктів підприємництва промислового сектора, які діють в умовах високодинамічного середовища. Зростання мінливості зовнішньої середовища (прикладом може бути скорочення життєвого циклу технологій, скорочення фінансового та операційного циклу), обумовлює необхідність більш оперативного впровадження відкритих інновацій в діяльність промислових підприємств металургії. Інновації є результатом новацій (нових ідей), вони створюють для споживача нову цінність продукту та використовуються для розвитку бізнесу. Можна стверджувати, що саме теорія організації та управління, а в її рамках і теорія стратегічного управління вагомо підкреслює тему досліджень, розробок та інновацій в ринковій економіці. Науково-дослідна та інноваційна діяльність є підґрунтям розвитку підприємств на мікрорівні та національного

господарства на макрорівні, вектором темпів конкурентоспроможності. Металургійний комплекс пострадянських країн визначає напрями розвитку національних економік. Частка металургії у формуванні ВВП України – 3–4 %, промислового виробництва України – 20 %. В умовах глобалізації та інтеграції ринок металопродукції є найбільш важливим для нашої країни. Україна має великі запаси залізних і марганцевих руд, енергетичного вугілля, є діючі металургійні підприємства з окремими елементами сучасних технологій і поки ще висококваліфіковані кадри, а також великі потенційні потреби в модернізації діючого металофонду країни. Металургійна галузь є стратегічною складовою національного виробництва, основною бюджетоутворюючою та експортною галуззю економіки України [40].

В сучасних умовах швидкого інноваційного розвитку значиму роль грають нові матеріальні ресурси: удосконалені сплави титану, магнію, алюмінію та міді використовуються у воєнній та аерокосмічній сфері, постійні магнітні матеріали індія, галя та рідкоземельних елементів необхідні для вітряних турбін, вольфрам, титан, германій забезпечує прискорення розвитку технологій високотемпературних надпровідників, кобальт, марганець та літій відіграли вирішальну роль у побудові електромобілів [41]. Для чорної металургії характерна велика різноманітність продукції: сталь, чавун, прокат, кокс, феросплави, вогнетриви, труби. Сталь є основним видом продукції, від якого залежать обсяги виробництва сировинних матеріалів. Світове виробництво сталі має нерівномірний характер з поступовим зростанням. З 1950 р. обсяг виробництва сталі збільшився практично в 10 разів, 2004 р. увійшов в історію, коли виробники чорної металургії перевищили позначку в 1000 млн т. Більш ніж 2 % всього виробничого потенціалу світу припадає саме на українські сталеливарні компанії. Тому підвищення продуктивності праці, нарощення виробничих потужностей, скорочення операційного циклу на основі цифрових інструментів Industry 4.0 є важливим питанням суб'єктів металургійної галузі в умовах сьогодення. Режим виробництва та роботи в галузі кольорової та чорної металургії має характерні

особливості: сировина часто змінюється, виробничі процеси включають фізичні та хімічні реакції, а задіяні механізми складні; виробничий процес безперервний і не може бути зупинений, проблеми у частині процесу неминуче вплинуть на якість кінцевої продукції. Склад сировини, стан устаткування, параметри процесу, якість продукції деяких галузей неможливо виміряти у часі чи всебічно виміряти. Вищезгадані характеристики металургійного сектору проявляються у труднощах виміру, моделювання, контролю та оптимізації, прийняття рішень. Подолати зазначені труднощі в операційній діяльності промислових підприємств можливо за рахунок інструментів цифрових технологій (Industry 4.0).

Нестача природних ресурсів та збільшення вартості енергії створили різні проблеми для розвитку обробної промисловості, безпосередньо сталеплавильної промисловості. Як основна частина виробничого процесу, енергія відіграє важливу роль в енергоємних виробничих галузях (хімічна, сталеливарна промисловість), які використовують велике та енергоємне обладнання протягом усього виробництва і, отже, мають вищі рівні споживання, ніж будь-який інший сектор [42]. Серед енергоємних та матеріалоемних галузей розумне виробництво стало основним напрямом промислової революції та промислового розвитку, крім того, сталий розвиток став консенсусом людського існування. Значний внесок у вирішення екологічних проблем робить обробна промисловість, а новий виток промислової революції формує сучасний вектор глибокої та довготривалої зміни в роботі, житті виробничого персоналу промислових підприємств та кінцевих споживачів.

Слід зазначити, що стримування цифрового вектора здійснюють не тільки внутрішні чинники (матеріалоемне та енергоємне виробництво), але і багато глобальних факторів, таких як: помірне зростання кон'юнктурною динаміки, значна кількість виробничих потужностей на світовому ринку, нерозвинутий процес ціноутворення, тиск з боку кінцевого споживача стосовно якості, зростаючий ресурсний націоналізм, посилення торгових воїн на всіх етапах ланцюга створення вартості.

Немає жодних підстав припускати, що ці тенденції зміняться найближчим часом. Навпаки, вони швидше за все зберуться на невизначений термін, визначаючи «нову нормальність» галузі. Більше того, у всіх галузях поточна структура ланцюжка створення вартості з існуючими підприємствами піддається сумніву не лише макроекономічними умовами, а й дедалі швидшою та всеохоплюючою цифровізацією.

За розрахунками Accenture Research впровадження напрямів Industry 4.0 дасть можливість отримати 425 млрд дол. доданої вартості до 2025 р., інакше кажучи збільшать доходи світової галузі металургії на 4%; забезпечать загальний приріст галузевих активів на 320 млрд дол. (гірничодобувного сектора на 130 млрд, металургійного на 130 млрд), сформує стійкий сталий розвиток суб'єктів підприємництва стратегічної галузі та зменшить кількість викидів CO₂ на 610 млн т, оціночна вартість для суспільства яких дорівнює 30 млрд дол.; врятує 1000 життів та не дасть можливість отримати травму 44 000 робітників металургійного сектору. Але є один із самих вагомих негативних наслідків цифровізації – це скорочення кількості робочої сили на 330 тис. осіб, що складає майже 5 % персоналу галузі [43].

На Всесвітньому економічному форумі було сформовано основні напрями цифрових технологій Industry 4.0 в гірничодобувній та металургійній галузі [43]:

- максимальне перетворення ручної праці, або праці людина-машина у автоматичні апаратні засоби з цифровою підтримкою (датчики, 3D-принтери);
- використання віртуальної та додаткової реальності, розширення можливостей працівників за рахунок дистанційних інструментів та віддалених операційних центрів;
- інтеграція інформаційних технологій, виробничих та фінансових циклів, формування інформаційної безпеки активів;
- використання алгоритмів та штучного інтелекту для обробки даних із джерел усередині та за межами традиційного ланцюжка створення вартості.

Ключовими інноваційними інструментами у розрізі основних напрямів Industry 4.0 в гірничодобувній та металургійній галузі є:

інтернет речей, великі дані, блокчейн, хмарні обчислення, людино-машинна взаємодія, робототехніка, програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом та штучний інтелект.

Практичним прикладом використання промислового інтернету речей може стати тематичне дослідження, проведене гірничодобувною компанією Altos de Punitaqui на відкритому кар'єрі Фьюжнада. У цьому науковому дослідженні представлена недорога розробка IoT: впровадження інформаційної системи (FIS) замість (FMS) для середніх копалень для отримання та обробки даних для оптимізації процесів завантаження та транспортування на відкритій копальні в Чилі. Отже, в дослідженні показано, що підприємства середнього масштабу можуть покращити керування навантаженням та транспортуванням, повідомляючи такі параметри, як кількість циклів самоскида на день, середній час навантаження, розташування самоскида та екскаватора, контроль швидкості самоскида та інші [44].

Вдалим приклад застосування штучного інтелекту в металургійній галузі може послужити робота групи науковців M. Vannucci, V. Colla, M. Chini, D. Gaspardo, B. Palm. Ця робота була розроблена у співпраці з електрометалургійним заводом, розташованим на півночі Італії і належить компанії Ferriere Nord (FENO). Запропонована система штучного інтелекту присвячена прогнозуванню стану старіння ковшів, що працюють на установці безперервного лиття заготовок електрометалургійного комбінату. Проблема стикається з погляду прогнозного обслуговування. Фактично, оперативне виявлення критичного зносу ковша дозволяє уникнути проблем з процесом і продуктивністю, а також втратою прибутковості. В роботі були запропоновані дві моделі на основі Decision Tree (DT) і Random Forest (RF) відповідно. Запропонована система штучного інтелекту може використовуватися або в рамках моделі прийняття управлінських рішень, яка підказує операторам, коли починати цикл технічного обслуговування ковша, або, в більш автоматизованій структурі, може бути використана для планування ковшових операцій і планування операцій з технічного обслуговування на заводі [45].

Розвиток штучного інтелекту (artificial intelligence) визначив розвиток нового поняття “Digital Twins”. Цифровий двійник (Digital Twins) створює віртуальну модель фізичного об’єкта цифровим способом, сприяє взаємодії та інтеграції фізичного світу та інформаційного світу, а також створює надійний міст для промислової інформаційної інтеграції. Цифровий двійник може імітувати різні процеси, якими можуть проходити матеріальні об’єкти, і прогнозувати їх продуктивність у складних умовах. Недавнє дослідження Marketsand Markets показує, що розмір світового ринку цифрових двійників оцінювався в 3,1 млрд дол. США в 2020 р. і, за прогнозами, досягне 48,2 млрд дол. США до 2026 р. Global Market Insight підрахував, що розмір ринку цифрових двійників, що оцінювався в 2022 р. в 8 млрд дол., очікувано зросте приблизно на 25 % сукупного річного темпу зростання з 2023 по 2032 р. [46].

Практичним прикладом застосування цифрового двійника може бути Master Italy s.r.l – італійське МСП, яке проєктує та виробляє шляхом лиття з алюмінію фурнітури та компонентів для дверей та вікон.

Лиття алюмінію під тиском є складним процесом, оскільки на нього впливають проблеми якості та обслуговування.

Цикл процесу складається з чотирьох основних етапів:

- Плавлення: алюміній входить у твердий стан і виходить у розплавленому. Після розплавлення та підняття до належної температури алюміній передається на машину для лиття під тиском.

- Ін’єкція: розплавлений алюміній вводиться у форму через поршень. Коли машина готова до наступного циклу, автоматизований ківш бере заданий об’єм розплавленого алюмінію з витяжної печі і виливає його у форму. Як тільки заливка завершена, починаються фази ін’єкції. Першою фазою впорскування є повільна фаза, де плунжер рухається вперед з низькою швидкістю. Після встановленої дистанції, плунжер входить у фазу проміжної швидкості, де швидкість збільшується для заповнення форми. Після завершення машина переходить у швидку фазу, де швидкість значно збільшується, щоб заповнити порожнину деталі алюмінієм.

- Охолодження: розплавлений алюміній застигає в порожнині форми. Коли вся порожнина заповнена і розплавлений метал застигає при заданому тиску і силі затиску, формується остаточна форма виливки.

- Екстракція: механізм виштовхування виштовхує продукт з порожнини форми. Коли цикл впорскування завершено і машина повністю відкрита, лиття матриці виштовхується назовні, а товщина лиття штампа контролюється для виявлення дефектів якості.

Цифровий двійник був розроблений для підтримки співробітників у процесі прийняття рішень, щоб: запобігання якісним обрізкам; аналізувати і співвідносити симптоми і причини відмов і дефектів у виробництві; попереджати операторів за допомогою належних систем сигналізації про ненормальні або нетолерантні ситуації; підтримка вибору коригувальних дій, щоб уникнути можливих збоїв [47].

Якщо розглядати технологію block chain, то в серпні 2019 р. Метінвест уклав контракт на постачання обладнання через блокчейн-платформу we.trade. У травні 2020 р. гірничодобувний гігант ВНР завершив операцію із залізної руди з блокчейном у Китаї. У липні 2020 р. Nanjing Iron & Steel закрила блокчейн-операцію з купівлі залізняку в Австралії [48].

7.4 СУЧАСНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ ПРОМИСЛОВОЇ РЕВОЛЮЦІЇ 5.0

Міркування, проведені раніше в науковій літературі підкреслюють технологічні зміни, які мають бути впроваджені у виробничих компаніях Індустрії 4.0. Проте через її вплив на всі сфери економіки промислову революцію слід розуміти ширше. Заслужують на увагу зміни у формуванні нової стратегії, орієнтованої на задоволення соціальних, економічних та екологічних потреб в охопленні всіх ланок ланцюжка створення вартості та клієнтоорієнтованість [49; 50].

Обговорення ефективного впровадження та використання технологій Індустрії 4.0 продовжується. У той самий час зароджується нова тенденція п'ятої промислової революції, яка виходить за рамки виробництва товарів та послуг з метою максимізації прибутку. Індустрія 5.0 привносить у галузь новий погляд і вимагає від усіх змінити свою думку.

Індустрія 5.0 – це галузь, яка фокусується на поверненні людей у виробничу систему. У цій революції людина та машина знаходять способи спільної роботи для підвищення якості та ефективності виробництва. Взаємодія людського та штучного інтелекту має першорядне значення в Індустрії 5.0. П'ята промислова революція також корисніша для навколишнього середовища, оскільки компанії розробляють системи, що використовують відновлювані джерела енергії та усувають відходи [51; 52].

На думку ЄС, сила Індустрії 5.0 полягає у соціальній меті, окрім робочих місць та економічного зростання, у тому, щоб стати стійким джерелом добробуту, змусивши обробну промисловість поважати межі планети та поставивши добробут промислових робітників на перше місце. Основні ідеї концепції Індустрії 5.0 розглянули учасники зустрічі науково-технічних організацій, організованої Європейською комісією (ЄК) 2–9 липня 2020 р. [53]. На той час було розроблено основні принципи концепції «Індустрія 5.0» та запропоновано ключові напрями змін, щоб зробити галузь більш стійкою та орієнтованою на людину.

Передумова Індустрії 5.0 фокусується на більшу участь людини в кіберфізичних системах і створення взаємодії в системі людина-машина. Взаємодія включає підключення людей до інтелектуальних пристроїв і кіберфізичної системи через інтелектуальні мобільні пристрої. Сьогодні роботи, схоже, замінюють людей через досягнення в галузі розвитку штучного інтелекту та потенціалу розвитку інтерфейсу «мозок-машина». Це означає в майбутньому сильну комбінацію роботів з людським мозком і використання їх як співробітників та виконавців команд, а не конкурентів. Отже, ідея Індустрії 5.0 буде зосереджена на розробці досконаліших людино-машинних інтерфейсів з використанням алгоритмів

штучного інтелекту (ІІ). Це дає можливість використовувати можливості людського мозку для підвищення ефективності автоматизації та роботизації систем. Це означає розрив для втрати контролю над кіберфізичним світом, у якому домінують мислячі роботи, чого боялися в епоху Індустрії 4.0. Трансформація концепції Індустрії 4.0 в Індустрію 5.0 є поєднанням переваг кіберфізичної системи інтелектуальних машин і здорового глузду, що може означати акцент на продуктивності та стійкості.

При інтеграції людини та машини також важливо розвивати компетентність та знання у галузі нових технологій та тенденцій управління талантами. Майбутнє ґрунтується на інвестиціях у перепідготовку співробітників та процес навчання протягом усього життя. За даними Forbes, близько 34 % HR-керівників вкладають кошти у розробку стратегій, щоб підготуватися до нових технологій. Це передбачає необхідність зосередитися на розвитку талантів та управлінні талантами співробітників, щоб підвищити продуктивність систем та краще орієнтуватися на потреби економіки та суспільства [54].

Очікується, що Індустрія 5.0 створить багато нових робочих місць у галузі взаємодії людини та машини (НМІ) та людського обчислювального фактора (НСФ). Деякі з найважливіших областей, у яких створюватимуться робочі місця, включають інтелектуальні системи, штучний інтелект і робототехніку, машинне програмування, машинне навчання, технічне обслуговування та навчання. Мета Індустрії 5.0 – більш високий рівень життя та творчих здібностей за рахунок високоякісних продуктів, виготовлених на індивідуальне замовлення, які ведуть до сталого виробництва та споживання. Сприятливим чинником у розвиток концепції Індустрії 5.0 є зростаюча екологічна свідомість суспільства. Це означає інтерес до «зелених» продуктів, економіки спільного використання та інтерес до розвитку економіки замкнутого циклу [55].

Індустрія 5.0 наголошує на важливості технологій для промислового розвитку. Тим не менш, в той же час просуваються соціальні цілі на робочому місці, наприклад, підкреслюється

безпека на робочому місці за допомогою технологій наступного покоління або відносин між людиною та машиною та зовнішніх цілей, тобто соціальної та екологічної відповідальності. Індустрія 5.0 не заперечує необхідність оцифрування суспільства, економіки та промисловості, а натомість доповнює її соціальними та екологічними аспектами [56].

Цифровізація в Індустрії 5.0 – це широка філософія, яка організує процеси підприємств та ланцюжків постачання. У рамках цієї філософії цифровізація та елементи штучного інтелекту проникають у повсякденне життя людей. Отже, вчені вважають, що Індустрія 5.0 створює ідею «Суспільства 5.0». Суспільство 5.0 не обмежене промисловістю та вирішує соціальні проблеми шляхом інтеграції фізичного та віртуального простору. Суспільство 5.0 – це суспільство, в якому передові технології активно використовуються в житті людей, промисловості, охороні здоров'я та інших сферах не заради прогресу, а на благо та якість життя.

Четверта промислова революція, Індустрія 4.0 та Індустрія 5.0 – це технологічні зміни, а також соціальні та промислові зміни, спричинені цифровою трансформацією промисловості. Четверту промислову революцію можна визначити як епоху, в якій сучасні технічні рішення та технології формують промислове середовище та впливають на економіку та суспільство, посилюючи сталий розвиток. Мегатенденції Четвертої промислової революції – «Економіка 4.0», «розумні фабрики», «Суспільство 5.0», стійке споживання та стійке виробництво.

Сучасний світ характеризується вкрай нестабільним та мінливим середовищем. Це стосується багатьох сфер життя: техніки, економіки, праці, культури, цінностей. М. Каstellс [57] влучно називає сучасність «постійними змінами». Р. Бауман [58], з іншого боку, називає її «плинною сучасністю», в якій все змінюється, ніщо не є стабільним або передбачуваним, а кожна організація і кожна людина повинні бути гнучкими і постійно пристосовуватися до нових умов. Сучасні технології та темпи комерціалізації результатів досліджень роблять зміни, що відбуваються у виробничих організаціях, надзвичайно динамічними. Проте не нові

технології чи темпи змін створюють найсерйозніші проблеми у сьгоднішніх ринкових умовах. Існує технологічне домінування змін у виробництві, послугах, освіті, науці та управлінні, що є основою інтелектуальної автоматизації, роботизації, логістики та комунікації. Це матеріал, який пов'язує воєдино професійне, приватне та соціальне життя окремих людей і навіть цілих спільнот. Спільне корпоративне дослідження, маркетинг чи після-продажне обслуговування – це шлях до спільного сталого виробництва. Економія за рахунок масштабу – двигун глобалізації, а Індустрія 4.0 та 5.0 – наступний етап її розвитку.

Ідея Індустрії 4.0 визначає економічні зміни, що ведуть до Економіки 4.0, яка охоплює повністю цифровий ланцюжок створення вартості від постачальників через посередників і брокерів до кінцевого споживача (отримувача продукту / послуги), незалежно від того, ким є цей клієнт: підприємством, споживачем, власником будівлі, власником роздрібного магазину, працівником, громадянином, пасажиром чи пацієнтом.

Економіка 4.0 – це, з одного боку, Індустрія 4.0 та 5.0 з розумними заводами. З іншого боку, розумні концепції поширюються на багато секторів, таких як розумні мережі, розумна мобільність і транспорт, розумні будівлі, розумна охорона здоров'я та розумне сільське господарство. Обсяг економіки 4.0 можна розділити так [59]:

- технології 4.0, застосовані до розумного заводу;
- технології 4.0, які застосовуються для міжзаводського співробітництва;
- виготовлені розумні речі, розгорнуті у розумних середовищах кінцевих користувачів;
- цифрові послуги, які надаються користувачам інтелектуального середовища.

Японський уряд провів моніторинг і на його основі розробив «П'ятий план науково-технічної бази», прийнятий у січні 2016 р. План передбачає перехід від Індустрії 4.0 до Суспільства 5.0, де всі аспекти життя суспільства, зокрема промислові роботи, формуються з допомогою новітніх методів і технологій. Японія

зіткнулася із необхідністю розробки нової моделі функціонування суспільства. Прогнозуемий перехід має проблеми з нестачею та імпортом енергії, обмеженими природними ресурсами та старіючим населенням. Основна ідея політиків – використовувати штучний інтелект (ІІ) для вирішення довгострокових соціальних та економічних проблем [60].

Суспільство 5.0 прагне створити світ, в якому товари та послуги першої необхідності доставляються всім у будь-який час та в будь-якому місці, незалежно від регіону, віку, статі, мови чи інших обмежень. Він спрямований на одночасне досягнення валового внутрішнього продукту (ВВП) та процвітання та подолання соціальних проблем, сприяючи тим самим добробуту суспільства. Очікується, що «Суспільство 5.0» вплине на повсякденне життя, але основна увага приділятиметься економічним та соціальним аспектам.

Перевагами ідеї Суспільства 5.0 повинні скористатися всі. Суспільство 5.0 має бути орієнтоване на людину; вектор розвитку повинен знайти баланс між економічним прогресом та вирішенням соціальних проблем за допомогою системи, яка значною мірою інтегрує кіберпростір та фізичний простір. Тому Японія хоче стати взірцем для нового суспільства, в якому різні соціальні проблеми можуть бути вирішені шляхом реалізації бачення Індустрії 4.0 у кожній галузі та сфері суспільства. Отже, суспільство майбутнього буде суспільством, в якому постійно створюються нові цінності та послуги, які роблять життя людей більш зручним, забезпечуючи при цьому стійкий та збалансований розвиток.

ВИСНОВКИ

1. Доведено, що Індустрія 4.0 формується з наступних основних елементів, які забезпечують її розвиток: стратегія та лідерство; організаційна культура та структура; цифрова інтеграція; управління, безпека та захищеність; робоча сила; інтелектуальні продукти та послуги.

Розглянуто та обґрунтовано наступні моделі зрілості І4.0: Теорія стадій розвитку Р. Нолана (1973), модель Ф. Кросбі (1979), модель Х. Харрінгтона (1991), СММ (модель зрілості можливостей), модель зрілості Prince 2, модель зрілості управління проектами Керцнера (КМРЗ), Модель зрілості управління проектами OGC та Модель зрілості управління проектами PM Solutions; Індекс готовності розумної промисловості Сінгапуру, RAMI 4.0, П'ять рівнів змін, запропонованих Д. Фішером.

2. Розкрито та визначено взаємозв'язок FinTech та банківського сектору. Потенціал фінтех-екосистеми, в якій співіснують банки, фінтех-фірми та необанки, може сприяти розробці нових банківських продуктів та послуг та покращенню існуючих, а також може підвищити ефективність та швидкість надання фінансових послуг традиційними фінансовими установами, знизити вартість посередництва. Фінтех може допомогти банкам у зборі необхідних ресурсів фінансування, відкритті більшої кількості ощадних і поточних рахунків та управлінні ними, отриманні доступу до ринків, що розвиваються, де фінансова інфраструктура обмежена, зниженні витрат на дотримання вимог та підвищенні точності оцінки ризиків в областях посиленої перевірки особистості, інвестиційний профіль та споживчу поведінку. Більш того, фінтех-рішення потенційно можуть створити можливості для банківського сектора у забезпеченні ліквідності та покращенні збору та управління інформацією.

Обґрунтовано основні категорії розвитку FinTech: Fintech BtoC (business-to-consumer); Fintech BtoB (business-to-business); Fintech BtoBtoC (business-to-business-to-consumer); Insurtech; Regtechs.

3. Запропоновано впровадження цифрових інструментів Industry 4.0 в діяльність підприємств гірничодобувної та металургійної галузі. За розрахунками Accenture Research впровадження напрямів Industry 4.0 дасть можливість отримати 425 млрд дол. доданої вартості до 2025 р., інакше кажучи збільшать доходи світової галузі металургії на 4 %; забезпечать загальний приріст галузевих активів на 320 млрд дол. (гірничодобувного сектора на 130 млрд, металургійного на 130 млрд), сформує стійкий

сталий розвиток суб'єктів підприємництва стратегічної галузі та зменшить кількість викидів CO₂ на 610 млн т, оціночна вартість для суспільства яких дорівнює 30 млрд дол.; врятує 1000 життів та не дасть можливість отримати травму 44 000 робітників металургійного сектору. Але є один із самих вагомих негативних наслідків цифровізації – це скорочення кількості робочої сили на 330 тис. осіб, що складає майже 5 % персоналу галузі. Пропозиції впровадження цифрових інструментів ґрунтуються на науково-практичних підходах підприємств великого та середнього бізнесу: Altos de Punitaqui, Ferriere Nord (FENO), Master Italy s.r.l, Метінвест, ВНР, Nanjing Iron & Steel.

4. Розглянуто процес розвитку та впровадження Industry 5.0 та створення на базі п'ятої промислової революції «Суспільства 5.0». Перевагами ідеї Суспільства 5.0 повинні скористатися всі. Суспільство 5.0 має бути орієнтоване на людину; вектор розвитку повинен знайти баланс між економічним прогресом та вирішенням соціальних проблем за допомогою системи, яка значною мірою інтегрує кіберпростір та фізичний простір. Суспільство майбутнього буде суспільством, в якому постійно створюються нові цінності та послуги, які роблять життя людей більш зручним, забезпечуючи при цьому стійкий та збалансований розвиток.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Key Enabling Technologies in Horizon 2020. Available online: <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/area/key-enabling-technologies> (accessed on 25 June 2023).
2. Erboz, G. How to Define Industry 4.0: Main Pillars of Industry 4.0 Proceedings of the Conference : 7th International Conference on Management (ICoM 2017) Nitra, Slovakia 30 November 2017. Available online: https://www.researchgate.net/publication/326557388_How_To_Define_Industry_40_Main_Pillars_Of_Industry_40 (accessed on 25 June 2023).
3. Senn, C. The Nine Pillars of Industry 4.0 (2019). Available online: <https://dokumen.pub/the-nine-pillars-of-technologies-for-industry-40-telecommunications-1839530057-9781839530050.html> (accessed on 25 June 2023).

4. Sniderman, B., Mahto, M., Cotteleer, M. J. Industry 4.0 and Manufacturing Ecosystems Exploring the World of Connected Enterprises. *Deloitte Development LLC*. 2016. P. 1–24. Available online: https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/manufacturing-ecosystems-exploring-world-connected-enterprises/DUP_2898_Industry4.0ManufacturingEcosystems.pdf (accessed on 25 June 2023).
5. Rübmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., Harnisch, M. Industry 4.0. The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. The Boston Consulting Group (Issue April). 2015. Available online: http://image-src.bcg.com/Images/BCG-Przemysl-4-PL_tcm78-123996.pdf
6. Schuh, G., Anderl, R., Dumitrescu, R., Kruger, A., M. ten Hopel Industrie 4.0 Maturity Index. Managing the Digital Transformation of Companies-Update 2020. 2020. Available online: <https://en.acatech.de/publication/industrie-4-0-maturity-index-update-2020/>
7. Hashmi, A. R. Competition and innovation: the inverted-u relationship revisited. *Rev. Econ. Stat.* 2013. V. 95 (5). P. 1653–1668.
8. Thomas, A. J., Barton, R. A. Characterizing SME migration towards advanced manufacturing technologies *Proc. IME B J. Eng. Manufact.* 2012. V. 226. Article 745e756.
9. Sony, M. Pros and cons of implementing Industry 4.0 for the organizations: a review and synthesis of evidence. *Production and Manufacturing Research*. 2020. V. 8 (1). P. 244–272.
10. Nolan, R. Managing the Computer Resource: A Stage Hypothesis. *Commun. ACM*. 1973. V. 16. P. 399–405.
11. Crosby, P. B. McGraw-Hill Inc., New York, NY, USA. 1980.
12. Harrington, H. McGraw-Hill Inc., New York, NY, USA. 1991.
13. Chrissis, M. B., Konrad, M., Shrum, S. (3rd ed.), Addison Wesley, Boston, MA, USA. 2011.
14. Kerzner, H. (3rd ed.), Wiley, Hoboken, NJ, USA. 2019.
15. OGC-Office of Government Commerce, UK Portfolio, Programme and Project Management Maturity Model (P3M3). Office of Government & Commerce, Version 1.0. 2006. Available online: <http://www.ogc.gov.uk/documents/p3m3.pdf>
16. The Singapore Smart Industry Readiness Index. Available online: <https://www.incit.org/> (accessed on 25 June 2023).
17. Schweichhart, K. Reference Architectural Model Industrie 4.0 (RAMI 4.0). Industrie 4.0. Platform: Industrie 4.0. Available online: https://ec.europa.eu/futurium/en/system/files/ged/a2-schweichhart-reference:architectural_model_industrie_4.0_rami_4.0.pdf (accessed on 30 March 2022).

18. Fisher, D. M. The Business Process Maturity Model. A Practical Approach for Identifying Opportunities for Optimization. BP Trends, 1–7. 2004. Available online: <https://www.bptrends.com/publicationfiles/10-04%20ART%20BP%20Maturity%20Model%20-%20Fisher.pdf>
19. IAF. Industrial Automation Forum-IAF Shinbashi, Minato-ku, Tokyo, Japan. 2020.
20. PwC. Industry 4.0 Self-Assessment; Industry 4.0 – Enabling Digital Operations. 2016. Available online: www.pwc.com/industry40.
21. Hammer, M. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, Poland. 2007. P. 115.
22. Kagermann, H. Change through Digitization-Value Creation in the Age of Industry 4.0. Management of Permanent Change, Springer Fachmedien Wiesbaden, Berlin, Germany. 2015. P. 23–45.
23. Martins, M. S., de Paula, G. M., Botelho, M. D. R. A. Technological Innovations and Industry 4.0 in the Steel Industry: Diffusion, Market Structure and Intra-Sectoral Heterogeneity. Rev. Bras. Inov. Camp. SP, 20. 2021.
24. Peters, H., Brummayer, M., Chust, R., Colla, V., Gailly, E., Delsing, J., Kämper, F., Kuiper, G., Krauth, P. J., Mathis, G. European Steel Technology Platform (ESTEP), Brussels, Belgium. 2016.
25. Available online: Naujok, N., Stamm, H. PwC Strategy, Warsaw, Poland (14 June 2017).
26. Working Document. Neef, C., Hirzel, S., Arens, M. Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI, Karlsruhe, Germany. 2018.
27. Report: Steel Figures. Available online: <https://aceroplatea.es/docs/StainlessSteelFigures2021.pdf> (accessed on 25 June 2023).
28. Manual, O. Committee for Scientific and Technological Policy, OECD-OCDE, Paris, France. 2005.
29. Matt, D. T., Modrák, V., Zsifkovits, H. Palgrave Macmillan Springer Nature Switzerland AG, Cham, Switzerland. 2020.
30. Oun, A., Benabdallah, I., Cherif, A. Improved Industrial Modeling and Harmonic Mitigation of a Grid Connected Steel Plant in Libya.
31. Bousdekis, A., Lepenioti, K., Ntalaperas, D., Vergeti, D., Apostolou, D., Boursinos, V. A RAMI 4.0 View of Predictive Maintenance: Software Architecture, Platform and Case Study in Steel Industry. Int. Conf. Adv. Inf. Syst. Eng., 349. 2019. P. 952106.
32. GreenSteel for Europe This Project Has Received Funding from the European Union under Grant Agreement NUMBER 882151-GREENSTEEL. Brussels. Available online: <https://www.estep.eu/green-steel-for-europe/> (accessed on 25 June 2023).

33. Arner, D. W., Barberis, J. N., Buckley, R. P. The evolution of Fintech: A new post-crisis paradigm? University of Hong Kong Faculty of Law Research Paper No. 2015/047, UNSW Law Research Paper No. 2016-62. 2015.
34. McAfee, A., Brynjolfsson, E. Human work in the robotic future: Policy for the age of automation Foreign Affairs. 2016. No. 95 (4). P. 139–150.
35. Magnuson, W. Regulating Fintech. Vanderbilt Law Review. 2018. No. 71 (4). P. 1167–1227.
36. Ситник І. П., Фоміна В. С. Вплив фінтеху на розвиток сучасних платіжних систем України. *Бізнес-навігатор*. 2019. Вип. 2. С. 139–143.
37. Гулей А. І. Цифрова трансформація вітчизняного банківського середовища в умовах розвитку фінтех-екосистеми. *Український журнал прикладної економіки*. 2019. Том 4. № 1. С. 6–15.
38. The global neobanks report. URL: <https://www.businessinsider.com/global-neobanks-report?r=US&IR=T> (дата звернення: 03.11.2020).
39. Еркес О. Є., Калита О. В., Гордієнко Т. М. Потенціал цифрового розвитку банків України. *Наукове фахове видання «Науковий вісник Ужгородського національного університету»*. Серія «Міжнародні економічні відносини та світове господарство». 2019. С. 108–114.
40. Шапуров О. О. Економічний вектор розвитку світової та локальної металургії. *Ефективна економіка*. 2020. № 1. С. 6–19.
41. Шапуров О. О. Стан та стратегічні перспективи розвитку кольорової металургії. *KELM: knowledge, education, law, management*. 2022. № 3 (47). С. 145–155.
42. Shuaiyin, Ma and all. Digital twin and big data-driven sustainable smart manufacturing based on information management systems for energy-intensive industries. *Applied Energy*. 2022. Vol. 326. P. 119986.
43. World Economic Forum (2017, January). Mining and Metals Industry. Digital Transformation Initiative. White Paper. World Economic Forum. In collaboration with Accenture.
44. Aguirre-Jofré, H., Eyre, M., Valerio, S., Vogt, D. Low-cost internet of things (IoT) for monitoring and optimising mining small-scale trucks and surface mining shovels. *Automation in Construction*. 2021. Vol. 131. P. 103918. DOI: 10.1016/j.autcon.2021.103918.
45. Vannucci, M., Colla, V., Chini, M., Gaspardo, D., Palm, B. Artificial Intelligence Approaches For The Ladle Predictive Maintenance In Electric Steel Plant. *IFAC-PapersOnLine*. 2022. Vol. 55, Issue 2. P. 331–336. DOI: 10.1016/j.ifacol.2022.04.215
46. Lianhui, L., Bingbing, L., Chunlei, M. Digital twin in smart manufacturing. *Journal of Industrial Information Integration*. 2022. Vol. 26. P. 100289. DOI: 10.1016/j.jii.2021.100289

47. Semeraro, C., Lezoche, M., Panetto, H., Dassisti, M. Pattern-based Digital Twin for Optimizing Manufacturing Systems: A Real Industrial-Case Application. *IFAC-PapersOnLine*. Vol. 54, Issue 1. 2021. P. 307–312.
48. Gmk.Center. Why the steel industry needs blockchain. Blockchain. 2020. URL: <https://gmk.center/en/opinion/why-the-steel-industry-needs-blockchain/> (дата звернення: 10.05.2023).
49. Dalenogarea, L. S., Benitez, G. B., Ayalab, N. F., Franka, A. G. The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *Int. J. Prod. Econ.* 2018. 204, 383–394.
50. Azmi, A. N., Kamin, Y., Noordin, M. K., Nasir, A. N. M. Towards industrial revolution 4.0: Employers' expectations on fresh engineering graduates. *Int. J. Eng. Tech.* 2018. 7, 267–272.
51. Özdemir, V., Hekim, N. Birth of industry 5.0: Making sense of big data with artificial intelligence, the internet of things and next-generation technology policy. *Omic J. Integr. Biol.* 2018. 22, 65–76.
52. Demir, K. A., Döven, G., Sezen, B. Industry 5.0 and human-robot co-working. *Procedia Comput. Sci.* 2019. 158, 688–695.
53. Industry 5.0 Towards A Sustainable, Human Centric and Resilient European Industry. P. 14. European Commission, Brussels, Manuscript Completed in January 2021. Available online: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/aed3280d-70fe-11eb-9ac9-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-search> (дата звернення: 10.05.2023).
54. Østergaard, E. H. Welcome to Industry 5.0. Retrieved Febr. 2018. 5, 2020.
55. ElFar, O. A., Chang, C. K., Leong, H. Y., Peter, A. P., Chew, K. W., Show, P. L. Prospects of Industry 5.0 in algae: Customization of production and new advance technology for clean bioenergy generation. *Energy Convers. Manag.* 2021. 10, 100048.
56. Doyle-Kent, M., Kopacek, P. Industry 5.0: Is the manufacturing industry on the cusp of a new revolution? In Proceedings of the International Symposium for Production Research 2019; Springer : Cham, Switzerland, 2019.
57. Castells, M. The Internet Galaxy: Reflections on the Internet, Business, and Society; Oxford University Press: Oxford, UK, 2002.
58. Bauman, R. A World of Others' Words: Cross-Cultural Perspectives on Intertextuality; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 2008.
59. Azevedo, A. Collaborative Transformation Systems-Path to Address the Challenges around the Competitiveness of Mature Countries; Camarinha-Matos, L. M., Afsarmanesh, H., Rezgui, Y., Eds.; Springer: Cham, Switzerland, 2018. Volume 534, P. 21–32.
60. Japan Growth Strategy 2017. Available online: <https://www.mofa.go.jp/files/000272312.pdf> (accessed on 25 June 2023).