

УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ МІЖНАРОДНИХ ПІДПРИЄМСТВ: КЛЮЧОВІ ВІДМІННОСТІ ІНДУСТРІЇ 4.0 ТА 5.0

ЗУБКОВА Аліна¹, МАЙГУРОВА Дар'я², МІСЮНЯ Руслан³

¹ Національний Технічний Університет «Харківський політехнічний інститут»

<https://orcid.org/0000-0002-4478-181x>

e-mail: alina.zubkova@khpi.edu.ua

² Національний Технічний Університет «Харківський політехнічний інститут»

e-mail: daria.maihurova@emmb.khpi.edu.ua

³ Національний Технічний Університет «Харківський політехнічний інститут»

<https://orcid.org/0000-0002-3496-3986>

e-mail: ruslan.misiunia@emmb.khpi.edu.ua

Ця наукова робота присвячена порівнянню ключових характеристик та технологій Індустрії 4.0 та Індустрії 5.0 з метою визначення спільних та відмінних рис. В контексті сучасної епохи цифрових інновацій, досліджуються важливі аспекти технологічного розвитку міжнародних компаній. Основною метою цієї роботи є виокремлення інструментів п'ятої промислової революції, зокрема програмного забезпечення, яке може бути використане компаніями у різних галузях. Звертаючи увагу на сучасні тенденції, робота аналізує актуальні виклики, з якими стикаються підприємства, та надає рекомендації щодо впровадження інноваційних технологій. Для досягнення цих цілей використовуються методи зіставного аналізу, системного підходу та аналізу науково-технічної літератури. Дослідження виявляє значущі особливості та переваги Індустрії 5.0 порівняно з Індустрією 4.0, зокрема зосереджується на використанні штучного інтелекту, автоматизації та взаємодії між людьми та машинами. Отримані результати дають можливість компаніям краще розуміти потенційні переваги та обмеження використання інструментів Індустрії 5.0 у сучасному виробництві. Крім того, робота враховує актуальні тенденції цифрової економіки та промислового розвитку, що підкреслює її значимість для дослідників, виробничих підприємств та стратегічних планувальників

Ключові слова: Індустрія 4.0, Індустрія 5.0, управління проектами, управління ланцюгами постачання, міжнародна діяльність, управління міжнародним підприємством, цифрова трансформація, сталість.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

В умовах переоцінки бачення подальшого шляху глобального розвитку, з урахуванням невід'ємності його поєднання зі сталим розвитком та циркулярною економікою, серед науковців та практиків, усе частіше лунає термін «Індустрії 5.0». Однак, попри часту згадуваність у літературі, наразі відсутня єдина думка стосовно форми даної концепції. З метою більш плідного подальшого дослідження та розвитку даної концепції, необхідно визначити, чи є Індустрія 5.0 продовженням Індустрії 4.0, або виступає альтернативною формою чи заміщає попередню. Для максимізації позитивного впливу від імплементації інструментів та технологій Індустрії 5.0, необхідно визначити, як саме міжнародний бізнес, в залежності від галузей та поставленої мети, зможуть використовувати різне програмне забезпечення, що є частиною контексту п'ятої промислової революції.

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Процесу переходу до Індустрії 5.0, її взаємозв'язку із попередньою – четвертою промисловою індустрією та ключовим чинникам такої трансформації приділено увагу у наукових працях за авторством: Європейської Комісії, Deloitte, Остергаарда Е.Х. Слід зазначити, що наразі продовжується наукова дискусія стосовно визначення формату класифікації п'ятої промислової революції у якості наступного етапу, чи надбудови (всбічного поліпшення) Індустрії 4.0. Зокрема, у роботах таких авторів як Трана Т. А., Рупперта Т., Айгнера Г., Абоні Дж.

ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

Однією з основних цілей статті є порівняння ключових характеристик та технологій Індустрії 4.0 та Індустрії 5.0 з метою визначення спільних та відмінних рис.

Метою роботи є виокремлення інструментів п'ятої промислової революції (програмного забезпечення), що може використовуватися компаніями у різних галузях, залежно від очікуемого функціоналу та поставленої мети впровадження.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Із прискоренням процесів глобалізації та ростом динамічності світового ринку, компанії стикаються із необхідністю прийняття цілого ряду змін, викликаних як зовнішніми, так і

внутрішніми факторами, з метою довгострокового функціонування в умовах зростаючої конкуренції. Особливої уваги у даному питанні заслуговує проблема управління міжнародним бізнесом.

Враховуючи, що невід'ємними факторами, характерними для сучасної реальності, є нестабільність, невизначеність, складність і неоднозначність, питання управління міжнародним бізнесом стає все більш актуальним. Таким чином, необхідно розуміти основні властивості та специфіку функціонування підприємств на міжнародному ринку, усвідомлювати ключові відмінності у процесах управління такими підприємствами, а також оцінювати основні питання та проблеми даного напрямку.

Глобальна економіка дозволяє компаніям у країнах, що розвиваються, отримати більш легкий доступ до нових технологій, навичок, умінь, ринків та джерелам фінансування; а також більш далекосяжним перспективам росту, ніж будь-коли. В той же час, це зіштовхує їх із інтенсивною конкуренцією імпортерів дешевих товарів та іноземних фірм, розташованих на місцевому рівні. З падінням торговельних бар'єрів немає такої речі, як тільки внутрішній ринок. Будь-який товар або послуга, що пропонує компанія, що розвивається, має дедалі більше відповідати стандартам ціни, якості та доставки на міжнародних ринках.

Наразі людство переживає четверту промислову революцію і є свідком технологічних та економічних змін, пов'язаних з інтеграцією у діяльність таких інновацій як штучний інтелект, блокчейн, інтернет речей, криптовалюти, засобів автоматизації, тощо. Природно, початкове бачення Індустрії 4.0 було розроблено насамперед промислової автоматизації та інтелектуального виробництва, проте незабаром Індустрія 4.0 стала глобальним трендом, деякий час вона сприймалася як насамперед актуальна для європейського бізнес-середовища та політики.

Однак, швидкий розвиток високотехнологічних та інноваційних підходів до виробництва спонукав світову спільноту приділити більше уваги до пошуку можливих шляхів для гармонійного існування суспільства та спровокував формацію концепції Індустрії 5.0 як еволюцію оригінальної концепції з посиленою роллю людей, що забезпечує бізнес-цінність поряд з роботами. Дана промислова парадигма ставить перед дослідниками, у першу чергу, завдання виявлення та систематизації конкретних рекомендацій для управління міжнародним бізнесом.

Вперше про програму «Індустрія 4.0» мова зайшла у 2011 році на промисловій виставці в Ганновері, де уряд Німеччини поставив задачу розширити застосування інформаційних технологій у виробництві. Над створенням програми модернізації промислових підприємств країни в цьому напрямку працювала високопрофесійна команда, до якої увійшли представники бізнесу і держави. Мета програми – збереження і збільшення конкурентних переваг підприємств країни [1].

Характерні риси Індустрії 4.0 – це повністю автоматизовані виробництва, на яких керівництво всіма процесами здійснюється в режимі реального часу і з урахуванням мінливих зовнішніх умов. Кіберфізичні системи створюють віртуальні копії об'єктів фізичного світу, контролюють фізичні процеси і приймають децентралізовані рішення. Вони здатні об'єднуватися в одну мережу, взаємодіяти в режимі реального часу, самоналагоджуватися і самонавчатися. Важливу роль відіграють інтернет-технології, що забезпечують комунікації між персоналом та машинами. Підприємства виробляють продукцію відповідно до вимог індивідуального замовника, оптимізуючи собівартість виробництва [1].

Експерти виділяють чотири базових технології, в результаті впровадження яких очікуються революційні зміни.

Інтернет речей (Internet of Things, IoT). У цій технології Інтернет використовується для обміну інформацією не тільки між людьми, але і між різними «речами», тобто машинами, пристроями, датчиками, тощо. З одного боку, речі, забезпечені датчиками, можуть, обмінюватися даними і обробляти їх без участі людини. З іншого боку, людина може активно брати участь в цьому процесі, наприклад, коли мова йде про «розумний будинок».

Різновидом IoT є промисловий (індустріальний) інтернет речей (Industrial Internet of Things, IIoT). Саме він відкриває пряму дорогу до створення повністю автоматизованих виробництв. Починається все з того, що ключові компоненти обладнання забезпечуються різними датчиками, виконавчими механізмами і контролерами; зібрані дані обробляються і надсилаються до відповідних служб підприємства, що дозволяє персоналу оперативно приймати обґрунтовані і виважені рішення. Але завдання-максимум полягає в досягненні такого рівня автоматизації підприємства, при якому на всіх ділянках, де це можливо, машини працюють без участі людей. Роль персоналу при цьому зводиться до контролю роботи машин і реагування лише на екстрені ситуації [1].

Також важливою технологією є цифрові екосистеми. Це системи, що складаються з різних фізичних об'єктів, програмних систем і керуючих контролерів, що дозволяють уявити таке утворення як єдине ціле. Фізичні та обчислювальні ресурси в такій екосистемі тісно пов'язані, моніторинг і управління фізичними процесами здійснюється з використанням технологій ІоТ. Традиційні інженерні моделі гармонійно співіснують з комп'ютерними.

Аналітика великих даних (Data Driven Decision) або просто Великі дані (Big data). Величезні обсяги інформації, що накопичуються в результаті «оцифрування» фізичного світу, можуть бути ефективно оброблені тільки комп'ютерами (в майбутньому, можливо, квантовими), із застосуванням хмарних обчислень і технологій штучного інтелекту (Artificial Intelligence). В результаті людина, яка контролює той чи інший процес, ситуацію, обстановку має отримувати оброблені дані, максимально зручні для сприйняття, аналізу і ухвалення рішення [1].

Нова промислова парадигма, Індустрія 5.0, з'явилася дуже скоро після Індустрії 4.0 і викликала дискусію про роль і причини застосування нової парадигми. Індустрія 4.0 базується на концепції розумної фабрики, де розумні продукти, машини, системи зберігання та дані об'єднуються у формі кіберфізичних виробничих систем. У технічному аспекті Індустрія 4.0 покращила взаємодію між людиною та машиною, але в соціально стійкому аспекті технологічні перетворення Індустрії 4.0 повинні ретельно враховувати центральну роль людини. Під час пандемії COVID-19 було підкреслено роль і важливість співробітників, а сама пандемія спонукала до переосмислення парадигми Індустрії 4.0. Таким чином, ідея Індустрії 5.0 з'явилася як розширення Індустрії 4.0 із соціальним та екологічним вимірами. З одного боку, Індустрія 5.0 зосереджена на навичках, знаннях і вміннях працівників співпрацювати з машинами та роботами, а з іншого – на гнучкості виробничих процесів і впливі на навколишнє середовище. Оптимізація процесів за допомогою цих досягнень суттєво вплинула на значущість людини у виконанні багатьох завдань у різних галузях, що викликало значне занепокоєння та протест серед працівників. Таким чином, п'ята промислова революція має зробити галузі більш орієнтованими на майбутнє, гармонійний розвиток та людиноцентризм.

Індустрію 5.0 не слід розглядати як хронологічне продовження чи альтернативу існуючій парадигмі Індустрії 4.0. Індустрія 5.0 доповнює та розширює відмінні риси Індустрії 4.0. Вона наголошує на аспектах, які будуть вирішальними факторами при розміщенні промисловості в майбутньому європейському суспільстві. Ці фактори мають не тільки економічний чи технологічний характер, але також містять важливі екологічні та соціальні аспекти (концепція сталого розвитку) (Рисунок 1).



Рис. 1. Парадигма гармонійного розвитку суспільства в Індустрії 5.0

Концепція активно обговорюється з 2020 року на низці міжнародних самітів та конференцій. Основна увага приділялася технологіям, які підтримують Індустрію 5.0. Було досягнуто консенсусу щодо необхідності більш повної інтеграції соціальних та екологічних європейських пріоритетів у технологічні інновації та зміщення акценту з індивідуальних технологій на системний підхід [2]. Було визначено шість категорій, кожна з яких, як вважається, розкриває свій потенціал у поєднанні з іншими як частина технологічних структур:

- 1) індивідуалізована взаємодія людини та машини;
- 2) біоінформаційні технології та інтелектуальні матеріали;
- 3) цифрові двійники та моделювання;

- 4) технології передачі, зберігання та аналізу даних;
- 5) штучний інтелект (ШІ);
- 6) технології енергоефективності, відновлюваних джерел енергії, зберігання та автономії [3].

Нова роль галузевого працівника в промисловості 5.0 істотно змінюється. Працівник розглядається не як «вартість», а як «інвестиційна» позиція для компанії, що дозволяє компанії та працівникові розвиватися. Це означає, що роботодавець зацікавлений в інвестуванні у навички, здібності та благополуччя своїх співробітників для досягнення їх цілей. Такий підхід дуже відрізняється від простого врівноваження витрат на робочу силу з фінансовими доходами: людський капітал більш шанується і цінується. Важлива передумова Індустрії 5.0 у тому, що технологія служить людям, а чи не навпаки.

Принципи постійного саморозвитку та самонавчання виходитимуть на перший план для працівників виробництв. Корпоративні культури будуть будуватися на підтримці освіти, розвитку творчого та нешаблонного мислення персоналу, який працює з роботами. Роботи підштовхуватимуть і доповнюватимуть цей нескінченний процес розвитку.

Одним з найважливіших компонентів Індустрії 5.0 стане інтерфейс людина-машина. Роботи навчатимуться у людей, а люди отримають вигоду від роботів, які виконують завдання, які люди не можуть або не хочуть виконувати в рамках виробничих операцій. Поєднання людського інтелекту з когнітивними здібностями технологічно просунутого робітника – потужна комбінація, призначена для досягнення високих результатів.

Отже, п'ята промислова революція станеться, коли три її основні елементи – інтелектуальні пристрої, інтелектуальні системи та інтелектуальна автоматизація – повністю зіллються з фізичним світом у співпраці з людським інтелектом. Термін «автоматизація» визначає автономних роботів як інтелектуальних агентів, що працюють одночасно з людьми в одному робочому просторі. Проте, наразі існують практичні питання щодо ведення бізнесу в умовах Індустрії 5.0. Як наголошувалося раніше, дана концепція досить чітко ґрунтується на засадах сталого розвитку (гармонійного розвитку). Попри той факт, що існує не лише Глобальний Договір ООН, покликаний на дотримання Цілей сталого розвитку, а й постійно відбуваються саміти/конференції, де наголошують на необхідності імплементації ідей сталого розвитку на підприємствах, механізм оцінки рівня сталого розвитку – відсутній.

Окремої уваги потребує розбір технологій, що використовуються у контексті Індустрії 5.0. Кілька перспективних технологічних тенденцій, таких як Edge Computing (граничні обчислення), Digital Twins (цифрові близнюки), IoE (Інтернет усього), аналітика великих даних, коботи (cobots), 6G і блокчейн, інтегровані з когнітивними навичками та інноваціями, які можуть допомогти галузям збільшити виробництво та швидше постачати індивідуальні продукти. Ці передові технології роблять Industry 5.0 вдосконаленою моделлю виробництва з акцентом на взаємодії між машинами та людьми. Розумні машини розроблені для спільної роботи з людьми, і ця спільна робота робить людські здібності більш продуктивними, надзвичайно простими в автоматизації для окремих осіб і малих підприємств, ніж будь-коли раніше.

Важливою концепцією п'ятої промислової революції став IoE. IoE є поняттям, яке поєднує різні аспекти технологій та підходів, щоб створити зв'язану інтернет-екосистему. У контексті Індустрії 5.0 IoE означає розширення концепції IoT та включення в неї людей, процесів та інтелектуальних систем [4, 5]. В Індустрії 5.0 з'єднані пристрої IoT, люди, машини та системи, щоб створити спільну мережу, в якій вони можуть спілкуватися, обмінюватися даними та співпрацювати для досягнення спільних цілей [6]. Основна ідея полягає в тому, що спільна робота розумних систем, людей та машин призводить до більш ефективних та інноваційних рішень. IoE в Індустрії 5.0 включає в себе використання передових технологій, таких як штучний інтелект (AI), аналітика даних, блокчейн, розширена реальність (AR) та віртуальна реальність (VR). Ці технології сприяють збору, обробці та аналізу великих обсягів даних, розумінню контексту та прийняттю інформованих рішень. Завдяки IoE в Індустрії 5.0 можуть реалізовуватись такі сценарії, як інтелектуальні міста, автономні транспортні системи, розумні фабрики та інші інноваційні рішення. Наприклад, в розумному місті системи управління рухом можуть взаємодіяти з автомобілями та пішоходами, аналізувати даних з сенсорів та забезпечувати оптимальну організацію руху.

Таким чином, з вищесказаного можна зрозуміти, що на відміну від Індустрії 4.0, яка фокусується на автоматизації та зменшенні людської участі, Індустрія 5.0 прагне поєднати переваги як людини, так і машин.

Загальні відмінності можна зобразити у формі таблиці 1 нижче:

Таблиця 1

Ключові відмінності між Індустрією 4.0 та Індустрією 5.0

Індустрія 4.0	Індустрія 5.0	Специфікація відмінностей
IoT (Internet of Things)	IoE (Internet of Everything)	Індустрія 4.0 базується на «Інтернеті речей» (IoT) та хмарних обчисленнях, а Індустрія 5.0 базується на «Інтернеті усього» (IoE).
Роботи	Коботи	Індустрія 4.0 орієнтована на оптимізацію виробничих процесів, а Індустрія 5.0 – на оптимізацію всього ланцюжка створення вартості.
Людино-орієнтовна	Людино-центрична	
Оптимізація виробничих процесів	Оптимізація всього ланцюжка створення вартості	
Кібер-фізичні системи	Оптимізаційні системи	Індустрія 4.0 зосереджена на використанні кіберфізичних систем, а Індустрія 5.0 – на використанні автономних систем
Big data та аналітика	Прогностична аналітика та машинне навчання	Індустрія 4.0 зосереджена на використанні великих даних і аналітики, тоді як Індустрія 5.0 зосереджена на використанні прогностичної аналітики та машинного навчання.

Як зазначалося раніше, відповідно до Європейської комісії, прийдешня п'ята промислова революція можлива лише при збалансованій успішній імплементації трьох категорій: гнучкості, людино-центричності та сталості. Відтак, відповідно до цих категорій, технології, що використовуються в контексті Індустрії 4.0 та Індустрії 5.0, можуть бути розділені за метою (фокусом) у формі таблиці 2 нижче:

Таблиця 2

Зміна фокусу технологій в контексті Індустрії 4.0 та 5.0

Δ	Фокус	Індустрія 4.0	Індустрія 5.0
Адаптивність	Технології	Робототехніка, IoT, AI, big data	IoE, Advanced robotics, AI, людини та машини
	Ключові драйвери	Підвищення ефективності та зменшення витрат	соціальна та екологічна сталість
	Ланцюги постачання	Цифровізовані та взаємопов'язані	Інтегровані та локалізовані
Людино-центричність	Роль людини	Зменшення людської участі (моніторинг, обслуговування, контроль)	Поліпшення можливостей людини та її участі (співтворці, розв'язувачі проблем та приймачі рішень)"
	Добробут працівників	Не є пріоритетом	фокус на покращенні благополуччя та задоволеності працівників
Сталість	Продукти	Вироблений в масових масштабах та стандартизований	Індивідуалізовані та персоналізовані
	Сталий розвиток	Не є пріоритетом	Акцент на сталість та соціальну відповідальність

Перехід від Індустрії 4.0 до 5.0 вимагає вирішення певної проблематики та викликів, пов'язаних зі змінами ланцюгів постачання. Деякі з цих проблем передбачають більш глибоку інтеграцію між різними елементами виробничих процесів та ланцюгів постачання, кібербезпеки, масштабуванні та пропускну здатності.

Таким чином, управління проектами з цифрової трансформації міжнародних підприємств може залежати від обраного підприємством фокусу: відмінність технологій, ключові драйвери, роль людини, добробут працівників, розвиток продуктів, сталий розвиток.

Відповідно до стратегії підприємства, проєкти з цифрової трансформації можуть бути спрямовані на такі напрями: соціальна та екологічна сталість, створення інтегрованих та локалізованих ланцюгів постачання, підвищення мотивації та задоволеності працівників, індивідуалізація та персоналізація готового продукту, тощо.

Вирішенням таких проблем слугують технології. Насамперед блокчейн, Digital Twins та Cloud Supply. Технологія блокчейн може позитивно вплинути на формування та зміну ланцюгів постачання та цінності при переході від Індустрії 4.0 до 5.0. Вона забезпечує безпеку, прозорість та недоступність до змін інформації, що передається між учасниками ланцюга постачання. Одним із ключових використань блокчейну в ланцюгах постачання є відстеження походження товарів. Відтак можна створити неперервний, незмінний журнал транзакцій, який дозволить точно відстежувати кожен етап виробництва та постачання товару. Це дозволить уникнути підробок, підвищить довіру між сторонами та забезпечить високу якість продукції. Блокчейн може покращити ефективність фінансових транзакцій у ланцюгах постачання. Використовуючи "смарт контракти" на базі блокчейну, можна автоматизувати процеси оплати, уникнути затримок та помилок, що часто виникають при традиційних фінансових операціях. З метою підвищення ефективності імплементації технології блокчейн на підприємствах, було проведено аналіз використання різного програмного забезпечення провідними компаніями у різних галузях. Відповідно до мети впровадження та очікуваного функціоналу, пропонується використання відповідного програмного забезпечення (Таблиця 3)

Таблиця 3

Кейси використання блокчейну у міжнародному бізнесі

Індустрія	Компанія	Мета впровадження	Функції	Програмне забезпечення
Технологічна	IBM	Управління ланцюгом поставок, торгове фінансування	Управління ланцюгами поставок та активами	IBM Blockchain Platform
Роздрібна торгівля	Walmart, Walmart China	Безпека харчових продуктів, управління ланцюгами поставок	Управління ланцюгами поставок, підвищення безпеки	IBM Food Trust, VeChain
Логістика	Maersk, FedEx	Управління ланцюгом поставок, відстеження вантажів	Управління ланцюгами поставок	IBM Blockchain Platform, Chainyard
Фінанси	Barclays, Santander, Mastercard, JPMorgan Chase, China Construction Bank	Торгове фінансування, перевірка КУС, платежі, грошові перекази	Управління активами, підвищення рівня безпеки	Corda, Ripple, Mastercard Blockchain, Onyx, Hyperledger Fabric
Автомобільна	Porsche	Відстеження історії автомобіля, управління ланцюгом поставок	Управління ланцюгами поставок	XAIN
Аерокосмічна	Airbus	Управління ланцюгом поставок, відстеження технічного обслуговування	Управління ланцюгами поставок	Hyperledger Fabric
Їжа та напої	AB InBev, Coca-Cola	Управління ланцюгом поставок, оптимізація логістики	Управління ланцюгами поставок	BlockApps, SAP Blockchain

Це дозволить забезпечити швидку та безпечну оплату за товари та послуги у ланцюгах постачання. Європейська комісія визнала потенціал технології блокчейн у контексті Індустрії 5.0 та активно просуває її розвиток та впровадження. У зв'язку з цим, Європейська комісія висловила зацікавленість у потенціалі технології блокчейн у контексті Індустрії 5.0 у звіті під назвою "Блокчейн для промислових перетворень", опублікованому у 2018 році [7]. Зокрема, Європейська комісія виділила наступні можливі застосування технології блокчейн у І5.0:

1. Управління ланцюгом поставок: створення безпечних та прозорих ланцюгів поставок, що забезпечить більшу видимість та можливість відстеження продуктів.

2. Управління інтелектуальною власністю: створення незмінних та недоступних для змін документів щодо прав на інтелектуальну власність, для більшої ефективності та прозорості в управлінні патентами, товарними знаками та авторськими правами.

3. Децентралізовані автономні організації (DAO): створення DAO, організацій, які керуються кодом, а не людьми. Це може забезпечити нові форми співпраці та децентралізованого прийняття рішень в контексті І5.0.

4. Управління цифровою ідентичністю: створення безпечних та децентралізованих систем цифрової ідентичності, для більшої приватності та контролю персональних даних.

Загалом, Європейська комісія бачить блокчейн як ключовий інструмент концепції Індустрії 5.0, що дозволяє забезпечити більшу співпрацю, прозорість та ефективність в різноманітних застосуваннях. ЄС також виділяє кошти на блокчейн-проекти та дослідження через різні програми та ініціативи («Горизонт 2020» та Європейське блокчейн-партнерство).

Cloud Supply є ще однією технологією, яка може мати позитивні фактори впливу на ланцюги постачання та цінності. Її використання дозволяє підприємствам отримувати доступ до обчислювальних ресурсів, програмного забезпечення та даних через Інтернет. Це забезпечує більшу гнучкість та масштабованість управління ланцюгами постачання. Підприємства можуть легко змінювати масштаби своїх операцій, залежно від попиту та потреб ринку. Компанії можуть також отримувати реальний час інформацію про стан запасів, прогнозувати попит та координувати роботу з постачальниками. Cloud Supply сприяє покращенню співпраці між учасниками ланцюга постачання. Завдяки спільному доступу до хмарних платформ та даних, компанії можуть легко обмінюватись інформацією, спільно планувати ресурси та координувати свої дії, що дозволяє зменшити затримки і помилки, покращити взаєморозуміння та забезпечити більш ефективну роботу усього ланцюга постачання.

Відповідне програмне забезпечення для функцій компаній наведено у таблиці 4 нижче.

Таблиця 4

Кейси використання Cloud supply у міжнародному бізнесі

Індустрія	Компанія	Мета впровадження	Функції	Програмне забезпечення
Їжа та напої	Coca-Cola, Nestle, McDonald's, PepsiCo	Управління ланцюгом поставок, оптимізація запасів та логістики	Управління ланцюгами поставок	SAP Ariba, Anaplan, JDA Software
Споживчі товари	L'Oreal, Procter & Gamble, Colgate-Palmolive	Управління закупівлями, співпраця з постачальниками, планування попиту	Управління ланцюгами поставок	SAP Ariba, Anaplan
Роздрібна торгівля	Walmart	Управління ланцюгом поставок, оптимізація запасів	Управління ланцюгами поставок	Oracle Supply Chain Management
Електронна комерція	Amazon	Управління ланцюгом поставок, оптимізація запасів	Управління ланцюгами поставок	Oracle Supply Chain Management
Меблі	ІКЕА	Управління ланцюгом поставок, оптимізація логістики	Управління ланцюгами поставок	Oracle Supply Chain Management

Технологія Digital Twins полягає у створенні віртуальних моделей фізичних об'єктів та процесів, що відбуваються у реальному світі. Застосування Digital Twins дозволяє учасникам ланцюга постачання моніторити, аналізувати та оптимізувати роботу системи в реальному часі. Віртуальна модель дозволяє прогнозувати різні сценарії та експериментувати з оптимальними рішеннями. Наприклад, Digital Twins може бути використаний для прогнозування попиту на продукцію, виявлення несправностей у процесах виробництва та управління якістю продукції. Використання Digital Twins дозволяє покращити управління запасами, забезпечити більш точне прогнозування попиту та забезпечити високу якість продукції. Віртуальна модель також сприяє швидкій взаємодії між учасниками ланцюга постачання та дозволяє швидше реагувати на зміни ринкових умов (таблиця 5).

З метою узагальнення, дану інформацію можна представити у вигляді рисунку 2 нижче. Як показано на рисунку вище, основна роль використання різного програмного забезпечення Cloud Supply – управління ланцюгами поставок (оптимізація запасів, покращення процесу комунікації з постачальниками, скорочення строків поставок, підвищення ефективності використання складів). Програмне забезпечення Digital Twins, у свою чергу, більш націлено на підвищення ефективності

виробництва (прогнозне обслуговування, покращення процесів створення дизайну та моделювання транспортних засобів, проектування, оптимізація обладнання, тощо). Використання програмного забезпечення блокчейн не лише впливає на управління ланцюгами поставок, а й допомагають в процесах управління активами та підвищення рівні безпеки (як людей, так і даних/інформації).

Таблиця 5

Кейси використання Digital Twin у міжнародному бізнесі

Індустрія	Компанія	Мета впровадження	Функції	Програмне забезпечення
Виробництво	Siemens, Caterpillar, General Electric	Прогнозне обслуговування, оптимізація виробництва Обслуговування та оптимізація обладнання Управління активами, прогнозне обслуговування	Підвищення ефективності виробництва Управління активами	Siemens Digital Twin ANSYS Twin Build Perredix Digital Twin
Автомобільна	Porsche, BMW	Дизайн та моделювання транспортних засобів Оптимізація виробництва, управління ланцюгами поставок	Управління ланцюгами поставок Підвищення ефективності виробництва	Siemens Digital Twin
Аерокосмічна	Boeing, Rolls-Royce, NASA, Airbus, Safran	Проектування та моделювання літаків або космічних апаратів Проектування двигунів та оптимізація продуктивності	Підвищення ефективності виробництва	ANSYS Twin Builder Dassault Systèmes 3DEXPERIENCE
Енергетична	Schneider Electric, Total, EDF	Оптимізація електростанцій, управління активами Оптимізація нафтової вишки, управління безпекою Оптимізація АЕС, управління безпекою	Підвищення ефективності виробництва Підвищення рівня безпеки Управління активами	AVEVA Digital Twin
Будівництво	Skanska	Проектування та управління будівництвом	Підвищення ефективності виробництва	Autodesk BIM 360
Споживчі товари	Procter & Gamble	Дизайн і оптимізація продукту	Управління активами	SAP Digital Twin
Теле-комунікації	Deutsche Telekom	Оптимізація мережі, управління активами	Підвищення ефективності виробництва Управління активами	SAP Digital Twin
Технологічна	Intel	Оптимізація дата-центрів, управління активами	Управління активами	Predix Digital Twin

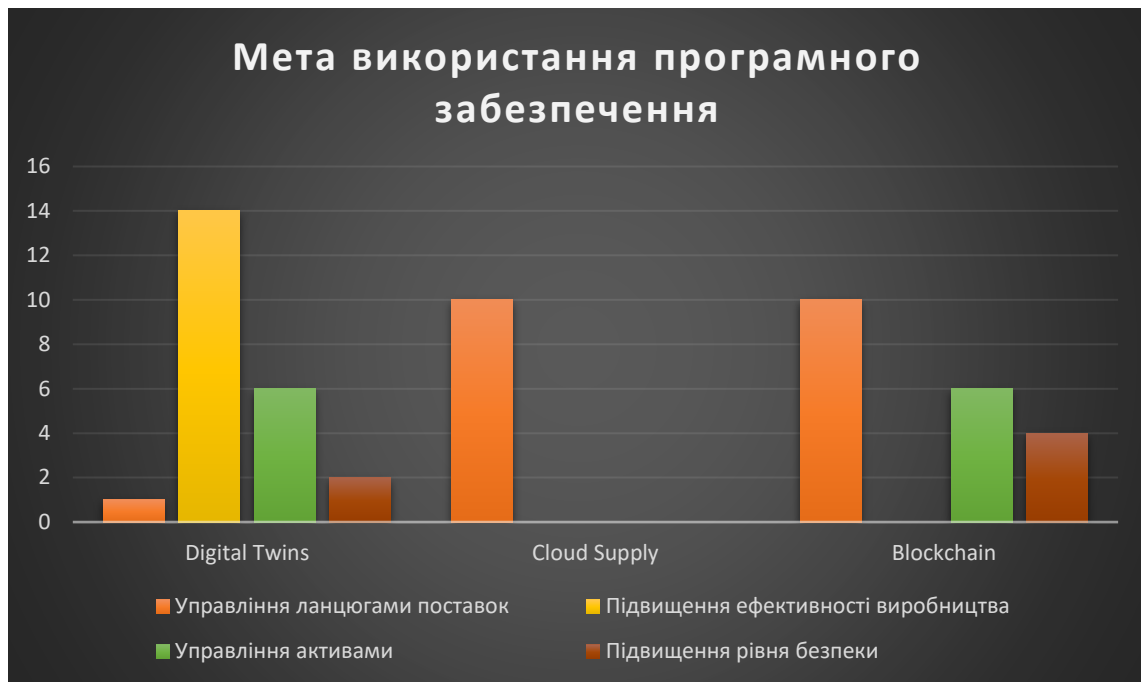


Рис. 2. Використання програмного забезпечення відповідно до функціонального навантаження

ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМІ

Загалом, Індустрія 5.0 (у контексті продовження Індустрії 4.0) спонукає компанії використовувати нове програмне забезпечення з метою мінімізації логістичних витрат (строки поставок, ефективність використання складів, тощо), максимізації ефективності виробничих процесів (підвищення якості готового продукту, прискорення процесів розробки та моделювання продукту, зменшення часу виробництва, тощо), підвищення рівня безпеки (безпека працівників, безпека продукції для споживачів, безпека персональних даних, тощо) та підвищення ефективності управління активами.

Таким чином, узагальнюючи вищезгадані порівняльні аналізи ключових характеристик, спільних та відмінних рис Індустрії 4.0 та Індустрії 5.0, а також відповідність використання певного програмного забезпечення з метою впровадження інновацій та очікуваного функціонального навантаження, можна зробити висновки стосовно переходу від четвертої до п'ятої промислової революції.

Як результат, можна стверджувати, що Індустрія 5.0 є надбудовою, що продовжує концепцію Індустрії 4.0, з урахуванням підвищення значущості ролі соціальної відповідальності і сталого розвитку (Таблиця 6).

Відтак, міжнародні компанії, що мають намір запускати проекти з цифрової трансформації, можуть одразу орієнтуватися на функції, які концептуально відносяться до Індустрії 5.0, адже як зазначалося раніше, Індустрія 5.0 є надбудовою та поліпшеною версією Індустрії 4.0. Наприклад, імплементація технології Digital Twins, що є властивою для обох Індустрій, надасть змогу компаніям не лише створити віртуальні копії фізичних активів (Індустрія 4.0), а й додатково створити віртуальні копії працівників (Індустрія 5.0).

Окремо слід зауважити, що контекст Індустрії 5.0 прямим чином вплине на вже існуючі бізнес-моделі міжнародних підприємств, а специфіка цифрової трансформації матиме особливо значний вплив на високотехнологічні підприємства. Роль та можливості використання технологій Digital twins, Cloud-supply та блокчейн для створення нових та переформатування наявних бізнес-моделей є предметом подальшого дослідження.

Таблиця 6

Використання гнучких та адаптивних технологій для управління ланцюгами постачання у міжнародному бізнесі

		Функції		Мета	
		Індустрія 4.0 (IoT)	Індустрія 5.0 (IoE)	Індустрія 4.0 (IoT)	Індустрія 5.0 (IoE)
Ланцюг поставок	Digital Twins	Створення віртуальних копій фізичних активів	Створення віртуальних копій фізичних активів і працівників	Оптимізація промислових процесів за допомогою передових технологій	Створення більш стійкої та соціально відповідальної галузі
		Оптимізація виробничих процесів і якості продукції	Оптимізація продуктивності людини та персоналізоване навчання		
		Створення розумних фабрик, прогнозне обслуговування та моделювання	Створення робочого середовища для співпраці, взаємодії людини і машини		
		Створення віртуальних копій машин, виробничих ліній, фабрик	Створення віртуальних копій робітників, моніторинг охорони праці		
	Cloud Supply	Інтеграція цифрових технологій і аналіз даних	Співпраця та людиноорієнтований підхід до управління ланцюгом поставок	Створення розумних, взаємопов'язаних і гнучких ланцюгів поставок	Створення стійких та соціально відповідальних ланцюгів поставок
		Покращена маневреність, чуйність та інноваційність	Екологічна та соціальна відповідальність		
		Прогнозне обслуговування, прогнозування попиту та 3D-друк	Циркуляційні ланцюжки поставок, відповідальне постачання та етичне виробництво		
	Блокчейн	Інтеграція блокчейну з IoT, ШІ та ланцюгом поставок	Співпраця та людиноорієнтований підхід до управління системою	Безпечний і ефективний обмін даними та транзакції	Створення стійких та соціально відповідальних систем
		Покращена безпека даних, прозорість і ефективність	Екологічна та соціальна відповідальність		
		Управління ланцюгом поставок, відстеження активів і платежі	Сталі фінанси, циркулярна економіка та етичне управління		
		Прозорість ланцюжка поставок, відстеження активів і платежів	Відповідальне інвестування та зелені облігації		

ЛІТЕРАТУРА:

1. European Union. Industry 4.0. Digitalisation for productivity and growth/ European Union. – 2015.
2. Nahavandi, Saeid. "Industry 5.0—A human-centric solution." *Sustainability* 11.16 (2019): 4371.
3. Skobelev, P. O., and S. Yu Borovik. "On the way from Industry 4.0 to Industry 5.0: From digital manufacturing to digital society." *Industry 4.0* 2.6 (2017): 307-311.
4. X. Li, L. Da Xu, A review of internet of things – resource allocation, *IEEE Internet of Things Journal* 8 (11) (2021) 8657–8666. doi:10.1109/IIOT.2020.3035542.
5. S. P. RM, S. Bhattacharya, P. K. R. Maddikunta, S. R. K. Somayaji, K. Lakshmana, R. Kaluri, A. Hussien, T. R. Gadekallu, Load balancing of energy cloud using wind driven and firefly algorithms in internet of everything, *Journal of parallel and distributed computing* 142 (2020) 16–26.
6. S. Higginbotham, What 5G hype gets wrong - [Internet of everything], *IEEE Spectrum* 57 (3) (2020) 22–22.
7. Figueiredo Do Nascimento S. #Blockchain4EU: Blockchain for Industrial Transformations [Електронний ресурс] / S. Figueiredo Do Nascimento, A. Roque Mendes Polvora, J. Sousa Lourenco // Publications Office of the European Union. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC111095>.

MANAGEMENT OF DIGITAL TRANSFORMATION PROJECTS OF INTERNATIONAL ENTERPRISES:
KEY DIFFERENCES OF INDUSTRY 4.0 AND 5.0

ZUBKOVA Alina, MAIHUROVA Daria, MISIUNIA Ruslan
National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”

The research is devoted to the comparison of the key characteristics and technologies of Industry 4.0 and Industry 5.0 in order to identify common and distinctive features. In the context of the modern era of digital innovations, important aspects of the technological development of international companies are investigated. The main purpose of this work is to highlight the tools of the fifth industrial revolution, in particular software that can be used by companies in various industries. Paying attention to modern trends, the work analyzes the current challenges faced by enterprises and provides recommendations for the implementation of innovative technologies. To achieve these goals, methods of comparative analysis, system approach and analysis of scientific and technical literature are used. The study reveals significant features and advantages of Industry 5.0 compared to Industry 4.0, particularly focusing on the use of artificial intelligence, automation and human-machine interaction. The obtained results enable companies to better understand the potential advantages and limitations of using Industry 5.0 tools in modern production. In addition, the work takes into account current trends in the digital economy and industrial development, which emphasizes its importance for researchers, manufacturing enterprises and strategic planners.

Ключові слова: Industry 4.0, Industry 5.0, project management, supply chain management, international business, international enterprise management, digital transformation, sustainability.