МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра управління та адміністрування

Кваліфікаційна робота(проєкт)

магістр
(рівень вищої освіти)

НА ТЕМУ: ІННОВАЦІЙНА МОДЕЛЬ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЙ INDUSTRY 4.0

Виконав: студент другого курсу, групи 8.0734-пм
Спеціальності 073 «Менеджмент»
(код і назва спеціальності)

освітньої програми Промисловий менеджмент
(назва освітньої програми)
Гейдаров Маммадага
(ініціали та прізвище)

Керівник: Нікітенко В.О., професор кафедри управління та адміністрування, доктор філософських наук,
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)
Рецензент

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут

Кафедра управління та адміністрування
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 073 Промисловий менеджмент
(код та назва)
Освітня програма Промисловий менеджмент

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри д.філос.н., проф. Воронкова В.Г. _____
«__»_____2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Гейдаров Маммадага
(прізвище, ім'я, по батькові)
1.Тема роботи (проєкту) ІННОВАЦІЙНА МОДЕЛЬ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЙ INDUSTRY 4.0
керівник роботи Нікітенко В.О., д.ф.н., проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «27» 02.2025 року №318-с
2.Строк подання студентом роботи __01 грудня 2025 р.
3.Вихідні дінні роботи:Теоретичні аспекти формування інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів промислового підприємства в умовах цифрової економіки. Аналіз стану виробничих процесів та рівня впровадження цифрових технологій і рішень Industry 4.0 на промисловому підприємстві. Удосконалення інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів промислового підприємства в системі промислового менеджменту.
4.Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити):
- обґрунтувати сутність цифровізації виробничих процесів та її значення для розвитку промислових підприємств у цифровій економіці;
- дослідити теоретичні підходи та методи формування інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів на основі технологій Industry 4.0;
- проаналізувати зарубіжний досвід цифровізації виробничих процесів у промисловості;
- надати організаційно-економічну характеристику промислового підприємства;
- здійснити оцінку стану виробничих процесів та рівня використання цифрових технологій на підприємстві;
- розробити та обґрунтувати інноваційну модель цифровізації виробничих процесів у системі промислового менеджменту;
- провести розрахунок економічної доцільності впровадження запропонованих заходів цифровізації виробничих процесів.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Містить 4 таблиці, 1 рисунок.

Консультанти кваліфікаційної роботи за її окремими розділами

1 розділ професор кафедри управління та адміністрування, доктор філософських наук, Нікітенко В.О. _____

(*назва розділу*) (*науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали*) (*підпис*)

2 розділ професор кафедри управління та адміністрування, доктор філософських наук, Нікітенко В.О._____ _____

(*назва розділу*) (*науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали*) (*підпис*)

Календарний план підготовки та виконання кваліфікаційної роботи

№ з/п	*Етапи підготовки та виконання кваліфікаційної роботи*	*Термін виконання*	*Фактичне виконання*
1	опрацювання літературних та інших інформаційних джерел, стосовно визначеної теми дослідження	Квітень 2025	Квітень 2025.
2	обробка збираного під час практик (виробничої, переддипломної) фактичного матеріалу	Травень 2025	Травень-червень 2025
3	обробка інших матеріалів стосовно визначеної теми дослідження із використанням сучасних методів аналізу та синтезу	Червень 2025	Червень 2025
4	обговорення під час консультацій з науковим керівником проблемних питань та узгодження шляхів розв'язання проблем, що виникають під час виконання роботи	Вересень 2025	Вересень 2025
5	написання тексту вступу до роботи, подання його на ознайомлення науковому керівнику	Вересень 2025	Вересень 2025
6	написання тексту першого розділу роботи, подання його на ознайомлення науковому керівнику	Вересень 2025	Жовтень 2025
7	написання тексту другого розділу роботи, подання його на ознайомлення науковому керівнику	Жовтень 2025	Жовтень 2025
8	написання тексту третього розділу роботи, подання його на ознайомлення науковому керівнику	Жовтень 2025	Листопад 2025
9	написання тексту висновків з роботи, подання його на ознайомлення науковому керівнику	Листопад 2025	Листопад 2025
10	усунення недоліків, написання остаточного варіанта тексту, оформлення випускної кваліфікаційної роботи	Листопад 2025	Грудень 2025
11	подання зброшурованої завершеної кваліфікаційної роботи на кафедру управління та адміністрування Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету	Грудень 2025	Грудень 2025
12	отримання відгуку (резюме) наукового керівника випускної кваліфікаційної роботи та зовнішнього рецензування кваліфікаційної роботи	Грудень 2025	Грудень 2025
13	Підготовка матеріалів до захисту кваліфікаційної роботи на засіданні екзаменаційної комісії	Грудень 2025	Грудень 2025

Студент _____ М.Гейдаров
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проєкту) _____ В.О. Нікітенко
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено
Нормоконтролер _____ О. М. Венгер
(підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Гейдаров М. Інноваційна модель цифровізації виробничих процесів на основі технологій Industry 4.0.

Кваліфікаційна робота для здобуття другого ступеня вищої освіти за спеціальністю 073 «Промисловий менеджмент», науковий керівник - д.ф.н., проф. Нікітенко В.О. Інженерний науково-навчальний інститут ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету, кафедра управління та адміністрування, 2025.

У кваліфікаційній роботі досліджено теоретичні та практичні засади формування та впровадження інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів промислового підприємства в умовах цифрової економіки. Проаналізовано сучасні підходи до цифрової трансформації виробництва та міжнародний досвід використання технологій Industry 4.0 у системі промислового менеджменту. Проведено оцінку стану виробничих процесів і рівня застосування цифрових технологій на промисловому підприємстві, зокрема автоматизованих систем управління виробництвом, промислового Інтернету речей, аналітики виробничих даних і цифрових двійників. За результатами дослідження розроблено інноваційну модель цифровізації виробничих процесів, яка дозволяє підвищити ефективність управління виробництвом, оптимізувати використання ресурсів, знизити виробничі витрати та забезпечити зростання продуктивності. Отримані результати можуть бути використані у практиці промислового менеджменту для підтримки процесів цифрової трансформації підприємств.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЦИФРОВІЗАЦІЯ, ВИРОБНИЧІ ПРОЦЕСИ, ІННОВАЦІЙНА МОДЕЛЬ, ПРОМИСЛОВИЙ МЕНЕДЖМЕНТ, INDUSTRY 4.0, ЦИФРОВА ЕКОНОМІКА, АВТОМАТИЗАЦІЯ, УПРАВЛІНСЬКІ РІШЕННЯ.

SUMMARY

Heydarov M. Innovative Model of Digitalization of Production Processes Based on Industry 4.0 Technologies

Qualification thesis for obtaining the second level of higher education in the specialty 073 “Industrial Management”, academic supervisor — Doctor of Philosophical Sciences, Professor Nikitenko V.O., Engineering Scientific and Educational Institute named after Yu.M. Potebnia of Zaporizhzhia National University, Department of Management and Administration, 2025.

The qualification thesis investigates the theoretical and practical foundations of the formation and implementation of an innovative model for the digitalization of production processes at an industrial enterprise under the conditions of the digital economy. Modern approaches to the digital transformation of manufacturing and international experience in the application of Industry 4.0 technologies within industrial management systems are analyzed. The current state of production processes and the level of digital technology adoption at an industrial enterprise are assessed, including automated production management systems, the Industrial Internet of Things, production data analytics, and digital twins. Based on the research results, an innovative model for the digitalization of production processes is developed, which enables increased efficiency of production management, optimization of resource utilization, reduction of production costs, and growth in productivity. The obtained results may be applied in industrial management practice to support the digital transformation of enterprises.

KEYWORDS: DIGITALIZATION, PRODUCTION PROCESSES, INNOVATIVE MODEL, INDUSTRIAL MANAGEMENT, INDUSTRY 4.0, DIGITAL ECONOMY, AUTOMATION, MANAGERIAL DECISION-MAKING.

ЗМІСТ

ВСТУП
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ РОЗРОБКИ ІННОВАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЙ INDUSTRY 4.0

1.1 Теоретичні засади цифровізації виробничих процесів та концепції Industry 4.0 в контексті сталого розвитку

1.2 Понятійно-категоріальний апарат цифровізації виробничих процесів на основі технологій Industry 4.0

1.3 Понятійно-категоріальний апарат цифровізації виробничих процесів на основі технологій Industry 4.0

Висновки до першого розділу
РОЗДІЛ 2 ПРАКСЕОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ІННОВАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЙ INDUSTRY 4.0
2.1 Формування інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів промислового підприємства на основі технологій Industry 4.0
2.2 Реалізація інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів на основі технологій Industry 4.0
2.3 Удосконалення механізмів впровадження інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів на основі технологій Industry 4.0
Висновки до другого розділу
ВИСНОВКИ
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

ВСТУП

У сучасних умовах глобальної економічної трансформації та прискореного розвитку цифрових технологій питання цифровізації виробничих процесів набуває стратегічного значення для промислових підприємств. Зростання конкуренції, ускладнення виробничих систем, нестабільність зовнішнього середовища та необхідність підвищення ефективності використання ресурсів зумовлюють потребу впровадження інноваційних моделей управління виробництвом. У цьому контексті концепція Industry 4.0 виступає одним із ключових напрямів модернізації промисловості, що поєднує цифрові, інформаційні та інтелектуальні технології з традиційними виробничими процесами.

Цифровізація виробництва на основі технологій Industry 4.0 передбачає широке використання таких інструментів, як інтернет речей (IoT), кіберфізичні системи, штучний інтелект, великі дані (Big Data), хмарні обчислення та цифрові двійники. Їх інтеграція у виробничі процеси дозволяє підприємствам забезпечити гнучкість, адаптивність і прозорість управління, скоротити витрати, підвищити продуктивність праці та якість продукції. Разом з тим процес цифрової трансформації супроводжується значними організаційними, технологічними та управлінськими викликами, що вимагає системного підходу до формування відповідних моделей цифровізації.

Особливої актуальності проблема цифровізації виробничих процесів набуває в умовах економічної нестабільності, коли традиційні методи управління виробництвом виявляються недостатньо ефективними. У таких умовах впровадження інноваційних цифрових рішень стає не лише інструментом підвищення конкурентоспроможності, але й важливим чинником забезпечення стійкості та адаптивності підприємств до змін зовнішнього середовища. Цифрові технології дозволяють оперативно реагувати на коливання попиту, перебої в ланцюгах постачання, зростання витрат та інші кризові явища.

Теоретичною основою дослідження цифровізації виробничих процесів є концепції цифрової трансформації, інноваційного розвитку та системного управління виробництвом. У межах цих підходів цифровізація розглядається не лише як впровадження окремих інформаційних технологій, а як комплексна зміна бізнес-процесів, організаційної структури та управлінських механізмів підприємства. Важливим елементом формування інноваційної моделі цифровізації є узгодження технологічних рішень зі стратегічними цілями розвитку підприємства.

Методологічні підходи до розробки інноваційних моделей цифровізації виробничих процесів ґрунтуються на застосуванні системного, процесного та ситуаційного підходів, а також інструментів стратегічного аналізу й проєктного управління. Особливу роль відіграє оцінювання цифрової зрілості підприємства, аналіз готовності персоналу до цифрових змін та формування системи показників ефективності впровадження технологій Industry 4.0. Проблематика цифровізації виробничих процесів та впровадження технологій Industry 4.0 ґрунтовно досліджується в працях провідних зарубіжних і вітчизняних учених. Теоретичні засади концепції Industry 4.0 та цифрової трансформації промисловості розкрито у працях К. Шваба (K. Schwab), який обґрунтував вплив четвертої промислової революції на економічні та виробничі системи. Значний внесок у дослідження архітектури та принципів функціонування Industry 4.0 зробили Х. Кагерманн (H. Kagermann), В. Лукас (W. Lukas) та В. Вальстер (W. Wahlster), які розглядали цифровізацію виробництва як інтеграцію кіберфізичних систем у промислові процеси.

Питання цифрової трансформації виробничих підприємств, впливу цифрових технологій на продуктивність і ефективність управління висвітлено у наукових працях М. Франка (A. G. Frank), Л. С. Даленогаре (L. S. Dalenogare), Н. Айяр (N. Ayala) та А. Феттерманн (A. G. Fetterman), які досліджували взаємозв’язок між впровадженням технологій Industry 4.0 та конкурентоспроможністю підприємств. Концептуальні аспекти цифрової

зрілості та готовності підприємств до цифрових змін проаналізовано у роботах Д. Шумахера (A. Schumacher) та С. Зогіаніса (S. Zagliani).

Окрему групу досліджень становлять праці, присвячені управлінським і організаційним аспектам цифровізації виробничих процесів. Зокрема, Т. Гесс (T. Hess), К. Матт (C. Matt) та А. Бенліан (A. Benlian) розглядали цифрову трансформацію як комплексну зміну бізнес-моделей і систем управління підприємствами. Вплив цифрових технологій на трудові процеси та компетентності персоналу досліджували Е. Бриньольфссон (E. Brynjolfsson) і Е. МакАфі (A. McAfee).

Серед вітчизняних учених питання цифровізації промисловості та інноваційного розвитку підприємств розглядаються у працях В. Геєця, О. Амоші, Л. Федулової, О. Ляшенка, Н. Краснокутської, які акцентують увагу на адаптації світових цифрових тенденцій до умов національної економіки. Водночас аналіз наукових джерел свідчить про недостатню розробленість прикладних моделей цифровізації виробничих процесів, що зумовлює доцільність подальших досліджень у цьому напрямі.

Значущим чинником успішної цифрової трансформації є розвиток людського капіталу та управління змінами. Впровадження цифрових технологій потребує нових компетентностей працівників, зміни підходів до організації праці та формування цифрової культури на підприємстві. У цьому контексті інноваційна модель цифровізації має поєднувати технологічні, організаційні та соціальні аспекти розвитку.

Таким чином, розробка інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів на основі технологій Industry 4.0 є актуальним науково-практичним завданням, спрямованим на підвищення ефективності функціонування промислових підприємств та забезпечення їх довгострокового розвитку в умовах нестабільного економічного середовища.

Метою магістерської роботи є розробка та обґрунтування інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів підприємства на основі технологій Industry 4.0 з урахуванням сучасних викликів і потреб промислового розвитку.

Для досягнення поставленої мети в роботі передбачено вирішення таких завдань:

- дослідити теоретико-методологічні засади цифровізації виробничих процесів у контексті Industry 4.0;
- уточнити понятійно-категоріальний апарат цифрової трансформації виробничих підприємств;
- проаналізувати зарубіжний досвід упровадження технологій Industry 4.0;
- розробити проєкт інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів підприємства та обґрунтувати практичні рекомендації щодо її впровадження.

Об’єктом дослідження є процеси управління виробничою діяльністю промислового підприємства. Предметом дослідження є інноваційні підходи та інструменти цифровізації виробничих процесів на основі технологій Industry 4.0.

У процесі дослідження використано сукупність загальнонаукових і спеціальних методів пізнання, зокрема: методи аналізу та синтезу - для узагальнення теоретичних підходів до цифровізації виробничих процесів; системний і процесний підходи - для формування інноваційної моделі цифровізації на основі технологій Industry 4.0; економіко-статистичні методи - для оцінювання ефективності впровадження цифрових рішень; методи порівняльного аналізу - для вивчення зарубіжного досвіду цифрової трансформації промислових підприємств; метод моделювання - для розробки проєкту цифровізації виробничих процесів.

Інформаційну базу дослідження становлять наукові праці вітчизняних і зарубіжних учених з проблем цифрової трансформації та Industry 4.0, нормативно-правові акти України та Європейського Союзу, аналітичні матеріали міжнародних організацій, статистичні дані, звітність підприємств, а також результати власних аналітичних розрахунків автора.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в обґрунтуванні інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів підприємства на основі технологій Industry 4.0, що враховує сучасні умови нестабільності та спрямована на підвищення ефективності управління виробництвом.

Практичне значення результатів дослідження полягає в можливості використання запропонованих рекомендацій і розробленої моделі цифровізації у діяльності промислових підприємств при формуванні програм цифрової трансформації та прийнятті управлінських рішень щодо впровадження технологій Industry 4.0.

Структура магістерської роботи зумовлена метою та завданнями дослідження і складається зі вступу, двох розділів, висновків та списку використаних джерел. У першому розділі розглянуто теоретико-методологічні засади цифровізації виробничих процесів та проаналізовано зарубіжний досвід упровадження технологій Industry 4.0. У другому розділі розроблено проєкт інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів підприємства та запропоновано практичні рекомендації щодо її впровадження.

РОЗДІЛ 1
ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ РОЗРОБКИ ІННОВАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЙ INDUSTRY 4.0

1.1 Теоретичні засади цифровізації виробничих процесів та концепції Industry 4.0 в контексті сталого розвитку

Сучасний етап розвитку промисловості характеризується поглибленням процесів цифрової трансформації, що зумовлено зростанням глобальної конкуренції, технологічними зрушеннями та підвищенням вимог до ефективності й стійкості виробничих систем. У цих умовах концепція Industry 4.0 розглядається як ключова парадигма модернізації промислових підприємств, що поєднує цифрові, кіберфізичні та інтелектуальні технології з метою підвищення продуктивності, гнучкості та сталості виробництва.

Теоретичні засади Industry 4.0 були сформульовані у працях Г. Кагерманна [23-25], В.-Д. Лукаса та В. Вальстера, які визначили четверту промислову революцію як етап інтеграції кіберфізичних систем, Інтернету речей (IoT), великих даних (Big Data) та штучного інтелекту у виробничі процеси. Подальший розвиток цієї концепції відбувся у дослідженнях К. Шваба [22], який підкреслює, що цифрові технології не лише трансформують виробництво, а й змінюють економічні та соціальні моделі розвитку.

Цифровізація виробничих процесів у межах Industry 4.0 передбачає перехід від традиційних ієрархічних систем управління до мережевих, адаптивних і саморегульованих виробничих систем. Відповідно до підходу М. Портера [28,29], цифрові технології створюють нові джерела конкурентних переваг за рахунок підвищення операційної ефективності, зниження трансакційних витрат та формування нових бізнес-моделей. У промисловому

виробництві це проявляється через автоматизацію процесів, інтеграцію цифрових платформ та використання аналітики в реальному часі.

У контексті сталого розвитку цифровізація виробничих процесів розглядається як інструмент досягнення економічної, екологічної та соціальної збалансованості діяльності підприємства. З економічної точки зору впровадження технологій Industry 4.0 сприяє підвищенню продуктивності праці, оптимізації використання ресурсів та зменшенню виробничих витрат. Як зазначає Р. Каплан, цифрові інструменти управління дозволяють формувати більш точні системи контролю результативності, орієнтовані на довгострокову ефективність.

Екологічний аспект сталого розвитку реалізується через використання цифрових технологій для зниження енергоспоживання, мінімізації відходів та контролю викидів. Концепції «розумного виробництва» (Smart Manufacturing) та «зеленої цифровізації», що активно розвиваються в документах Європейської Комісії [51] та в межах European Green Deal [43-44], підкреслюють роль Industry 4.0 у переході до ресурсоефективної та низьковуглецевої промисловості.

Соціальний вимір цифровізації пов’язаний зі змінами у структурі зайнятості, вимогах до кваліфікації персоналу та розвитку людського капіталу. У працях Е. Бріньольфссона та А. Макафі наголошується, що цифрова трансформація виробництва потребує нових підходів до управління персоналом, систем навчання та формування цифрових компетенцій, що є важливою умовою соціальної стійкості підприємства.

Методологічною основою формування інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів є системний та процесний підходи, які дозволяють розглядати підприємство як цілісну виробничо-економічну систему. Застосування ситуаційного підходу забезпечує адаптацію цифрових рішень до рівня технологічної готовності підприємства, галузевої специфіки та умов нестабільності зовнішнього середовища.

В умовах економічної та геополітичної нестабільності цифровізація виробничих процесів виступає також ефективним інструментом антикризового управління. Використання цифрових платформ, систем моніторингу та прогнозування дозволяє підвищити прозорість управлінських рішень, оперативність реагування на ризики та стійкість виробничих процесів до зовнішніх шоків.

Таким чином, теоретичні засади цифровізації виробничих процесів на основі технологій Industry 4.0 формують наукову основу для розробки інноваційної моделі розвитку промислового підприємства, в якій сталий розвиток виступає результатом ефективної цифрової трансформації. Це створює передумови для подальшого аналізу понятійно-категоріального апарату цифровізації та вивчення зарубіжного досвіду впровадження технологій Industry 4.0, що буде розглянуто в наступних підрозділах роботи. Важливою складовою теоретичних засад цифровізації виробничих процесів є концепція кіберфізичних виробничих систем (Cyber-Physical Production Systems, CPPS)**,** які поєднують фізичні об’єкти виробництва з цифровими інформаційними середовищами. Як зазначають Г. Кагерманн [23-25]**,** А. Шумахер **та** С. Херманн**,** CPPS забезпечують безперервний обмін даними між обладнанням, програмним забезпеченням та управлінськими структурами, що створює основу для автономного прийняття рішень і саморегулювання виробничих процесів. У контексті сталого розвитку це сприяє зменшенню втрат ресурсів, підвищенню точності планування та оптимізації виробничих циклів.

Однією з ключових теоретичних передумов Industry 4.0 є використання Інтернету речей (Internet of Things, IoT) у виробництві, що дозволяє інтегрувати машини, обладнання та інфраструктуру в єдину цифрову мережу. Дослідження Л. Атцорі**,** А. Ієри та Г. Моребітто доводять, що промисловий IoT створює умови для переходу до предиктивного управління, коли рішення приймаються на основі аналізу даних у реальному часі. Це, у свою чергу,

підвищує надійність виробничих систем та зменшує ймовірність аварій і простоїв, що є критично важливим в умовах нестабільності.

Значне місце в теоретичному підґрунті цифровізації займає концепція Big Data та аналітики даних**,** яка дозволяє трансформувати великі масиви виробничої інформації у знання для управління. Як зазначає В. Майєр-Шенбергер**,** використання аналітики великих даних змінює традиційні підходи до управління виробництвом, зміщуючи акцент з інтуїтивних рішень на обґрунтовані та прогнозні моделі. Для промислових підприємств це означає можливість підвищення ефективності використання ресурсів, зниження екологічного навантаження та забезпечення стабільності виробничих процесів.

Окремої уваги заслуговує роль штучного інтелекту та машинного навчання у формуванні інноваційної моделі цифровізації. У працях С. Рассела та П. Норвіга підкреслюється, що інтелектуальні системи здатні виконувати функції оптимізації, прогнозування та підтримки управлінських рішень. У промисловості це проявляється через автоматичне налаштування виробничих параметрів, оптимізацію енергоспоживання та підвищення якості продукції, що безпосередньо сприяє досягненню цілей сталого розвитку.

Методологічно важливим елементом цифрової трансформації є процесний підхід**,** який передбачає розгляд виробничих процесів як сукупності взаємопов’язаних операцій, що можуть бути оцифровані, автоматизовані та оптимізовані. Відповідно до стандартів ISO 9001[54-55] та ISO 14001[5455], цифрові технології дозволяють інтегрувати системи управління якістю та екологічного менеджменту в єдине цифрове середовище, підвищуючи прозорість і контрольованість діяльності підприємства.

У рамках формування інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів важливим є використання моделювання та цифрових двійників (Digital Twins)**.** Як зазначає М. Батті**,** цифрові двійники дозволяють відтворювати поведінку реальних виробничих систем у віртуальному середовищі, що створює можливості для тестування управлінських рішень без

ризику для реального виробництва. Це підвищує адаптивність підприємства та знижує витрати, пов’язані з експериментами і помилками.

У контексті нестабільності зовнішнього середовища цифровізація виробничих процесів також виконує функцію інструмента підвищення резильєнтності (resilience) підприємства. Як зазначає К. Гамель**,** організаційна стійкість до криз значною мірою залежить від здатності підприємства швидко адаптувати свої процеси та структури. Технології Industry 4.0 забезпечують таку адаптивність за рахунок гнучкого планування, децентралізації управління та підвищення інформаційної прозорості.

Таким чином, подальший розвиток теоретичних засад цифровізації виробничих процесів на основі технологій Industry 4.0 дозволяє розглядати інноваційну модель цифровізації як комплексну систему, що поєднує технологічні, організаційні та управлінські компоненти. Реалізація такої моделі створює передумови для досягнення сталого розвитку промислового підприємства шляхом підвищення ефективності, екологічної відповідальності та соціальної стійкості в умовах нестабільного середовища.

Важливим елементом теоретичних засад формування інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів є інтеграція цифрових технологій у систему стратегічного управління підприємством**.** Як зазначає М. Портер [28-29]**,** цифрові технології змінюють природу конкурентних переваг, оскільки дозволяють підприємствам одночасно знижувати витрати та диференціювати продукцію. В умовах Industry 4.0 виробничі процеси перестають бути лише операційною складовою діяльності та перетворюються на джерело стратегічної цінності, що безпосередньо впливає на довгострокову стійкість підприємства.

Теоретичне осмислення цифровізації виробництва також спирається на концепцію інтегрованих виробничих систем, у межах яких відбувається узгодження інформаційних, технологічних та управлінських потоків. У працях Дж. Лі**,** Б. Багері та Х. Као підкреслюється, що ефективність цифрової трансформації значною мірою залежить від рівня інтеграції горизонтальних і

вертикальних зв’язків у межах підприємства. Вертикальна інтеграція забезпечує взаємодію між рівнями управління - від датчиків і обладнання до систем стратегічного планування, тоді як горизонтальна інтеграція сприяє синхронізації ланцюгів створення вартості. Такий підхід є необхідною умовою досягнення стабільності виробничих процесів та зниження чутливості підприємства до зовнішніх шоків.

З методологічної точки зору цифровізація виробничих процесів ґрунтується на використанні адаптивних моделей управління, які передбачають постійне коригування параметрів функціонування системи на основі зворотного зв’язку. Як зазначає Н. Талеб, сучасні організації повинні не лише протистояти нестабільності, а й використовувати її як джерело розвитку. У цьому контексті технології Industry 4.0 створюють можливості для переходу до адаптивного та навіть антихрупкого виробництва, коли підприємство здатне покращувати свої результати під впливом змін і невизначеності.

Суттєве значення в теоретико-методологічних засадах має також еколого-орієнтований підхід до цифровізації, який передбачає використання цифрових технологій для зменшення негативного впливу виробництва на довкілля. Дослідження Р. Бакса**,** С. Шумахера та А. Лооса доводять, що впровадження систем моніторингу енергоспоживання, оптимізації використання сировини та управління відходами на основі цифрових платформ сприяє досягненню екологічної складової сталого розвитку без зниження економічної ефективності підприємства.

Соціальний вимір сталого розвитку в умовах цифровізації виробничих процесів пов’язаний з трансформацією ролі персоналу. Як зазначають Е. Бриньйольфссон **та** А. Макафі, цифрові технології не замінюють людину повністю, а змінюють характер її участі у виробничих процесах. У рамках Industry 4.0 зростає значення компетенцій у сфері аналізу даних, управління цифровими системами та міждисциплінарної взаємодії. Таким чином, інноваційна модель цифровізації має враховувати необхідність безперервного

навчання персоналу та розвитку людського капіталу як важливої умови довгострокової стійкості підприємства.

Окремої уваги потребує методологія оцінювання ефективності цифровізації виробничих процесів**.** У працях Р. Каплана та Д. Нортона обґрунтовано доцільність використання збалансованої системи показників для комплексної оцінки результатів діяльності підприємства. В умовах цифрової трансформації ця система доповнюється показниками цифрової зрілості, рівня автоматизації, енергоефективності та екологічної результативності. Такий підхід дозволяє узгодити короткострокові економічні результати з довгостроковими цілями сталого розвитку.

Отже, теоретико-методологічні засади інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів на основі технологій Industry 4.0 формують комплексну наукову основу для забезпечення сталого розвитку промислового підприємства. Поєднання системного, процесного, ресурсного та адаптивного підходів дозволяє розглядати цифровізацію не лише як технологічне оновлення, а як стратегічний інструмент підвищення ефективності, стійкості та конкурентоспроможності підприємства в умовах нестабільності.

Важливою складовою теоретико-методологічних засад інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів є концепція цифрової зрілості підприємства. У працях А. Шумахера**,** С. Ероля та В. Зіґфріда цифрова зрілість розглядається як поетапний процес переходу від фрагментарного використання цифрових інструментів до повністю інтегрованих кіберфізичних виробничих систем. Згідно з цим підходом, сталий розвиток промислового підприємства можливий лише за умови узгодженого розвитку технологічних, організаційних та управлінських компонентів цифрової трансформації.

У межах Industry 4.0 особливого значення набуває концепція кіберфізичних виробничих систем (Cyber-Physical Production Systems, CPPS), яка поєднує фізичні виробничі об’єкти з цифровими моделями, датчиками та програмним забезпеченням. Як зазначає Х. Кагерманн [23-25]**,** один із

ключових ідеологів Industry 4.0, CPPS забезпечують автономність, гнучкість і самоналаштування виробничих процесів, що є критично важливим в умовах нестабільного зовнішнього середовища. Саме ці властивості дозволяють підприємству одночасно досягати економічної ефективності та екологічної збалансованості.

Методологічно цифровізація виробничих процесів ґрунтується також на процесному підході, відповідно до якого підприємство розглядається як сукупність взаємопов'язаних бізнес-процесів, що створюють додану вартість. У дослідженнях М. Хаммера та Дж. Чампі наголошується, що цифрові технології не можуть бути ефективними без глибокого переосмислення та реінжинірингу виробничих процесів. У цьому контексті впровадження технологій Internet of Things, великих даних та штучного інтелекту має супроводжуватися оптимізацією логістичних, виробничих і управлінських процесів, що сприяє підвищенню ресурсної ефективності та зменшенню втрат.

З позицій сталого розвитку особливу роль відіграє **концепція циркулярної економіки**, яка дедалі частіше інтегрується з підходами Industry 4.0. Європейські дослідники, зокрема **В. Геїсдорфер**, **П. Савіньйо** та **А. Мюррей**, підкреслюють, що цифрові технології є ключовим інструментом реалізації принципів замкнених виробничих циклів. Цифрові платформи дозволяють відстежувати життєвий цикл продукції, оптимізувати повторне використання матеріалів та зменшувати обсяги промислових відходів, що безпосередньо відповідає цілям сталого розвитку.

У наукових дослідженнях останніх років також активно розвивається **концепція «розумного» виробництва (Smart Manufacturing)**, яка є методологічною основою Industry 4.0. За визначенням **National Institute of Standards and Technology (NIST)**, «розумне» виробництво передбачає використання цифрових технологій для підвищення гнучкості, адаптивності та стійкості виробничих систем. Для промислових підприємств це означає можливість оперативно реагувати на зміни попиту, перебої в постачанні

ресурсів або зовнішні кризові явища, що є критично важливим фактором стабільного функціонування в умовах нестабільності.

Соціально-економічний аспект інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів пов’язаний із зміною організаційних структур управління**.** Як зазначає Г. Мінцберг, традиційні ієрархічні моделі управління поступово втрачають ефективність у цифровій економіці. Натомість поширюються гнучкі, мережеві та проєктно-орієнтовані структури, які забезпечують швидке прийняття рішень і ефективну взаємодію між підрозділами. Така трансформація управління сприяє підвищенню адаптивності підприємства та формує організаційні передумови сталого розвитку.

З методологічної точки зору доцільним є використання інтегрованих показників оцінювання результативності цифровізації**,** які поєднують економічні, екологічні та соціальні критерії. У сучасних дослідженнях пропонується застосування ESG-підходу (Environmental, Social, Governance) у поєднанні з індикаторами цифрової трансформації. Це дозволяє комплексно оцінити вплив цифровізації виробничих процесів не лише на фінансові результати, а й на екологічну безпеку та соціальну стабільність підприємства.

Таким чином, подальший розвиток теоретико-методологічних засад інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів на основі технологій Industry 4.0 свідчить про її міждисциплінарний характер. Поєднання концепцій сталого розвитку, цифрової трансформації, циркулярної економіки та адаптивного управління формує наукову базу для створення ефективних моделей розвитку промислових підприємств в умовах нестабільності.

Узагальнюючи викладене, слід зазначити, що теоретико-методологічні засади формування інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів на основі технологій Industry 4.0 ґрунтуються на поєднанні класичних і сучасних управлінських концепцій, адаптованих до умов високої невизначеності та нестабільності зовнішнього середовища. Цифровізація у цьому контексті

виступає не як ізольований технологічний процес, а як стратегічний інструмент забезпечення сталого розвитку промислового підприємства**.**

Ключовою теоретичною передумовою побудови такої моделі є системне бачення підприємства як складної відкритої соціально-економічної системи, здатної до саморегуляції та адаптації. Використання системного, процесного, ресурсного та ситуаційного підходів дозволяє забезпечити цілісність цифрової трансформації виробничих процесів і мінімізувати ризики фрагментарного впровадження окремих технологічних рішень. У межах Industry 4.0 особливого значення набуває інтеграція кіберфізичних систем, цифрових платформ і аналітичних інструментів у єдину архітектуру управління підприємством.

Методологічно інноваційна модель цифровізації базується на принципах адаптивності, гнучкості та безперервного вдосконалення. Застосування технологій Internet of Things, великих даних, штучного інтелекту та цифрових двійників створює умови для переходу від реактивного до проактивного управління виробничими процесами. Це дозволяє підприємству не лише реагувати на кризові явища, а й прогнозувати їхній вплив, формуючи стійкі траєкторії розвитку в довгостроковій перспективі.

З позицій сталого розвитку цифровізація виробничих процесів сприяє досягненню балансу між економічною ефективністю, екологічною безпекою та соціальною відповідальністю. Економічний ефект проявляється у зниженні виробничих витрат, підвищенні продуктивності праці та конкурентоспроможності продукції. Екологічний ефект досягається за рахунок оптимізації використання ресурсів, зменшення енергоспоживання та впровадження принципів циркулярної економіки. Соціальний ефект пов’язаний із трансформацією ролі персоналу, розвитком цифрових компетенцій та підвищенням якості трудового життя.

Особливу роль у межах теоретико-методологічних засад відіграє інтеграція інноваційної моделі цифровізації з сучасними концепціями стратегічного управління, зокрема ресурсною теорією фірми, стабілізаційним

та антикризовим менеджментом. Цифрові ресурси, разом із людським капіталом і управлінськими компетенціями, формують стратегічний потенціал підприємства та визначають його здатність до сталого розвитку в умовах нестабільності [51].

Отже, теоретико-методологічні засади, викладені у підрозділі 1.1, дозволяють сформувати науково обґрунтоване підґрунтя для подальшої розробки інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів на основі технологій Industry 4.0. Отримані положення є вихідною базою для уточнення понятійно-категоріального апарату, систематизації підходів і методів цифровізації, а також для розробки практичних інструментів впровадження цифрових рішень у діяльність промислових підприємств, що й буде предметом дослідження наступного підрозділу.

1.2 Понятійно-категоріальний апарат цифровізації виробничих процесів на основі технологій Industry 4.0

Формування інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів потребує чіткого визначення та систематизації основних понять і категорій, що використовуються в дослідженні. Відсутність єдиного підходу до трактування термінів «цифровізація», «цифрова трансформація», «Industry 4.0», «розумне виробництво» та «інноваційна модель» ускладнює як теоретичний аналіз, так і практичне впровадження цифрових рішень у діяльність промислових підприємств.

Базовим поняттям у дослідженні є Industry 4.0, яке вперше було запропоноване в Німеччині у межах державної промислової стратегії. За визначенням Х. Кагерманна, В. Лукаса та В. Вальстера[23-25], Industry 4.0 означає новий етап розвитку промисловості, що ґрунтується на широкому використанні кіберфізичних систем, цифрових платформ і мережевої взаємодії між машинами, людьми та інформаційними системами. У межах цієї концепції

виробництво набуває ознак інтелектуальності, автономності та високої адаптивності.

Поняття «цифровізація» у науковій літературі трактується як процес впровадження цифрових технологій з метою підвищення ефективності окремих функцій і процесів підприємства. О. Вестерманн, Д. Боннет та Е. Макафі підкреслюють, що цифровізація передбачає автоматизацію операцій, цифрову обробку даних і використання інформаційних систем для підтримки управлінських рішень. Водночас цифровізація не обов'язково змінює бізнес-модель підприємства, а здебільшого спрямована на оптимізацію наявних процесів.

На відміну від цього, цифрова трансформація має ширший і глибший характер. За визначенням Б. Бриньйольфссона та А. Макафі, цифрова трансформація охоплює комплексні зміни у стратегії, організаційній структурі, корпоративній культурі та системі управління підприємством під впливом цифрових технологій. У контексті Industry 4.0 цифрова трансформація виробничих процесів передбачає перехід до нових принципів організації виробництва, орієнтованих на гнучкість, індивідуалізацію продукції та сталий розвиток.

Важливою категорією є «розумне виробництво» (Smart Manufacturing), яке розглядається як практична реалізація принципів Industry 4.0. Згідно з підходом NIST, розумне виробництво характеризується використанням сенсорних технологій, великих даних, штучного інтелекту та аналітики в реальному часі для оптимізації виробничих рішень. У межах цього підходу виробничі системи здатні до самодіагностики, самоналаштування та прогнозування відхилень, що підвищує їхню стійкість у нестабільних умовах.

Центральним елементом цифровізації виробничих процесів є кіберфізичні виробничі системи (Cyber-Physical Production Systems, CPPS). Як зазначає Дж. Лі, CPPS інтегрують фізичні виробничі ресурси з цифровими моделями, забезпечуючи двосторонній обмін інформацією між реальним і віртуальним середовищами. Використання цифрових двійників дозволяє

моделювати виробничі процеси, оцінювати їхню ефективність та прогнозувати наслідки управлінських рішень, що є важливим чинником сталого розвитку підприємства.

У межах понятійно-категоріального апарату важливе місце посідає поняття «інноваційна модель цифровізації», яке в даному дослідженні розглядається як цілісна система взаємопов'язаних елементів — технологічних, організаційних, управлінських та соціально-економічних. Така модель передбачає поетапне впровадження цифрових технологій Industry 4.0 з урахуванням ресурсних можливостей підприємства, рівня його цифрової зрілості та стратегічних цілей сталого розвитку.

Окремої уваги заслуговує категорія «цифрова зрілість підприємства», яка відображає ступінь готовності організації до впровадження та ефективного використання цифрових технологій. У працях А. Шумахера та С. Ероля цифрова зрілість трактується як багатовимірна характеристика, що включає рівень технологічного розвитку, управлінських компетенцій, цифрової культури та інноваційного потенціалу. Оцінка цифрової зрілості є необхідною передумовою формування ефективної моделі цифровізації виробничих процесів.

Таким чином, понятійно-категоріальний апарат цифровізації виробничих процесів на основі технологій Industry 4.0 формує теоретичний фундамент дослідження та забезпечує методологічну узгодженість подальшого аналізу. Чітке розмежування ключових понять дозволяє систематизувати наукові підходи до цифровізації, обґрунтувати вибір інструментів і моделей, а також створити передумови для розробки практичних рекомендацій щодо впровадження інноваційних цифрових рішень у діяльність промислових підприємств.

Таблиця 1.1

Порівняльна характеристика ключових понять цифровізації виробничих процесів

Поняття	Основний зміст	Мета впровадження	Масштаб змін	Зв’язок зі сталим розвитком
Цифровізація	Використання цифрових технологій для автоматизації та оптимізації окремих виробничих і управлінських процесів	Підвищення операційної ефективності, зниження витрат, покращення якості управлінських рішень	Локальний (окремі процеси, функції, підрозділи)	Опосередкований: зменшення ресурсних втрат, підвищення продуктивності
Цифрова трансформація	Комплексні організаційні, технологічні та управлінські зміни під впливом цифрових технологій	Формування нових підходів до управління, бізнес-моделей і виробничих систем	Стратегічний (вся система управління підприємством)	Прямий: забезпечення довгострокової економічної, соціальної та екологічної стійкості
Industry 4.0	Концепція інтелектуального виробництва на основі кіберфізичних систем, IoT, великих даних та штучного інтелекту	Підвищення гнучкості, автономності та адаптивності виробничих процесів	Системний (інтеграція технологій, процесів і управління)	Комплексний: поєднання економічної ефективності, екологічної безпеки та соціальної відповідальності
Розумне виробництво (Smart Manufacturing)	Практична реалізація Industry 4.0 через цифрове управління виробничими процесами в реальному часі	Оптимізація виробництва, підвищення надійності та стійкості систем	Операційно-стратегічний	Сприяє ресурсній ефективності та зменшенню екологічного навантаження
Інноваційна модель цифровізації	Сукупність взаємопов’язаних технологічних, організаційних і управлінських рішень	Забезпечення сталого розвитку підприємства в умовах нестабільності	Комплексний, поетапний	Базовий елемент реалізації концепції сталого розвитку



Рис.1

У контексті понятійно-категоріального апарату цифровізації та сталого розвитку промислових підприємств доцільним є узагальнення взаємозв'язку ключових категорій у вигляді структурно-логічної моделі, представленої на рис. 1. Поданий рисунок дозволяє систематизувати базові поняття, що використовуються при розробці інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів на основі технологій Industry 4.0 в умовах нестабільності.

Центральним елементом моделі є категорія «сталий розвиток підприємства»[22], яка в межах даного дослідження розглядається як інтегральний результат взаємодії економічної ефективності, екологічної сталості та соціальної відповідальності. Саме ці складові формують концептуальну основу сучасних підходів до управління розвитком промислових підприємств у цифровій економіці.

Представлені на рисунку напрями антикризової програми - оптимізація запасів і витрат, фінансова ефективність, реінжиніринг процесів та **розвиток**

людського капіталу - відповідають ключовим поняттям цифрової трансформації та практичної реалізації концепції Industry 4.0. Зокрема, реінжиніринг процесів і фінансова ефективність безпосередньо пов’язані з такими категоріями, як цифровізація, автоматизація, інтелектуальне виробництво та управління даними, тоді як розвиток людського капіталу відображає соціальний вимір цифрових змін.

Таким чином, подана модель виконує узагальнювальну функцію в межах підрозділу 1.2, оскільки дозволяє поєднати теоретичні поняття цифровізації, цифрової трансформації та сталого розвитку в єдину логічну систему. Вона створює методологічне підґрунтя для подальшого аналізу практичних аспектів упровадження інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів та формування антикризових програм сталого розвитку, що буде детально розглянуто у наступних розділах роботи.

1.3 Зарубіжний досвід упровадження моделей цифровізації виробничих процесів на основі технологій Industry 4.0

У сучасних умовах глобальної економічної нестабільності зарубіжний досвід упровадження моделей цифровізації виробничих процесів на основі технологій Industry 4.0 набуває особливої наукової та практичної значущості. Провідні промислово розвинені країни розглядають цифрову трансформацію як стратегічний інструмент підвищення конкурентоспроможності підприємств, забезпечення стійкості виробничих систем та досягнення цілей сталого розвитку.

Концепція Industry 4.0 була вперше сформульована в Німеччині в межах державної ініціативи *High-Tech Strategy 2020*, де цифровізація виробництва визначається як інтеграція кіберфізичних систем, Інтернету речей (IoT), великих даних та штучного інтелекту в єдину виробничу екосистему.

Німецька модель цифровізації орієнтована на створення «розумних фабрик», у яких виробничі процеси здатні до самоналаштування, адаптації та оптимізації в режимі реального часу. Практика впровадження таких рішень на підприємствах машинобудування, автомобілебудування та хімічної промисловості засвідчує зниження виробничих витрат, підвищення продуктивності праці та зменшення екологічного навантаження.

Значний інтерес становить досвід Сполучених Штатів Америки, де цифровізація виробничих процесів розвивається в межах концепції *Advanced Manufacturing* та ґрунтується на активному використанні цифрових платформ, хмарних технологій і аналітики великих даних. Американська модель Industry 4.0 акцентує увагу на інноваційності, гнучкості виробництва та швидкій комерціалізації технологічних рішень. Провідні компанії, зокрема у галузях авіакосмічної, електронної та біотехнологічної промисловості, застосовують цифрові двійники виробничих процесів для прогнозування ризиків, оптимізації ресурсів і підвищення надійності обладнання.

Європейський Союз у цілому розглядає цифровізацію промисловості як ключовий елемент реалізації *Європейської зеленої угоди (European Green Deal)* та *Цифрового десятиліття ЄС [43,44]*. У рамках цих ініціатив Industry 4.0 інтегрується з принципами сталого розвитку, зокрема енергоефективності, циркулярної економіки та зниження викидів вуглецю. Досвід таких країн, як Франція, Італія та Нідерланди, свідчить про активне поєднання цифрових технологій з екологічними інноваціями, що дозволяє підприємствам одночасно досягати економічної ефективності та екологічної сталості.

Окремої уваги заслуговує досвід країн Азії, насамперед Японії, Південної Кореї та Китаю, де цифровізація виробництва поєднується з довгостроковим стратегічним плануванням і державною підтримкою інновацій. Японська концепція *Society 5.0* розширює підхід Industry 4.0, фокусуючись на гармонізації технологічного розвитку та соціальних потреб. У Китаї реалізація програми *Made in China 2025* спрямована на масове

впровадження цифрових технологій у промисловості з метою підвищення технологічної незалежності та стійкості національної економіки.

Таким чином, аналіз зарубіжного досвіду свідчить, що успішні моделі цифровізації виробничих процесів на основі технологій Industry 4.0 мають системний характер, поєднують технологічні, організаційні та соціально-економічні компоненти й орієнтовані на досягнення довгострокових цілей сталого розвитку. Зазначені підходи створюють методологічне підґрунтя для адаптації найкращих світових практик до умов функціонування вітчизняних промислових підприємств.

У зарубіжній науковій та практичній літературі цифровізація виробничих процесів на основі технологій Industry 4.0 розглядається не лише як технологічне оновлення, а як фундаментальна трансформація логіки функціонування промислових підприємств. Більшість дослідників сходяться на думці, що ефективність цифрових перетворень визначається не окремими цифровими рішеннями, а цілісною моделлю їх упровадження, яка поєднує технологічні, організаційні та управлінські компоненти.

Так, у працях М. Кагерманна, В. Вальстера та Й. Хельбіга [23-25] Industry 4.0 трактується як еволюційний етап розвитку промисловості, що ґрунтується на принципах інтеграції, інтероперабельності, децентралізації управління та орієнтації на дані. Запропонована ними модель цифровізації передбачає перехід від ієрархічних виробничих систем до мережевих структур, у яких рішення приймаються на основі аналізу даних у режимі реального часу. Практична реалізація такого підходу на підприємствах Німеччини дозволила суттєво скоротити час виробничих циклів, підвищити точність планування та знизити рівень операційних ризиків.

У свою чергу, М. Портер і Дж. Геппельман [28-29] у межах концепції «розумних, підключених продуктів» наголошують, що цифровізація виробничих процесів змінює джерела конкурентних переваг підприємств. Застосування цифрових платформ, сенсорних систем та аналітики великих даних забезпечує підприємствам можливість не лише оптимізувати внутрішні

процеси, а й формувати нові бізнес-моделі, орієнтовані на сервіс, персоналізацію та довгострокові відносини з клієнтами. Такий підхід активно використовується у США та країнах Західної Європи, де цифровізація розглядається як інструмент антикризового управління та підвищення стійкості виробничих систем.

Важливим елементом зарубіжного досвіду є використання цифрових двійників (Digital Twins) як основи управління виробничими процесами. Дослідження М. Батті та його послідовників доводять, що цифрові двійники дозволяють моделювати поведінку виробничих систем, прогнозувати наслідки управлінських рішень та мінімізувати ризики в умовах невизначеності. У промисловості це забезпечує можливість переходу від реактивного управління до проактивного та превентивного, що є особливо важливим у кризових і нестабільних умовах.

Європейський підхід до впровадження Industry 4.0 вирізняється акцентом на інтеграцію цифровізації з цілями сталого розвитку. У документах Європейської Комісії цифрова трансформація промисловості розглядається як ключовий інструмент реалізації принципів циркулярної економіки, зниження вуглецевого сліду та підвищення енергоефективності. У цьому контексті цифрові технології використовуються для оптимізації споживання ресурсів, управління життєвим циклом продукції та контролю екологічних показників виробництва.

Досвід Франції та Італії демонструє, що цифровізація виробничих процесів є ефективною лише за умови активної участі держави у формуванні інституційного середовища. Програми підтримки цифрових інновацій, податкові стимули та розвиток цифрової інфраструктури сприяють залученню підприємств до процесів цифрової трансформації, знижуючи бар’єри входу та фінансові ризики. Це особливо важливо для середніх і малих промислових підприємств, які часто не мають достатніх ресурсів для самостійної реалізації масштабних цифрових проєктів.

Азійська модель цифровізації виробництва характеризується поєднанням технологічної модернізації з соціально орієнтованими підходами до управління. Концепція *Society 5.0*, що розвивається в Японії, передбачає використання цифрових технологій для досягнення балансу між економічним зростанням, соціальним добробутом та екологічною безпекою. У межах цієї концепції цифровізація виробничих процесів спрямована не лише на підвищення ефективності, а й на збереження людського потенціалу, підвищення безпеки праці та якості робочих місць.

Китайська модель Industry 4.0, реалізована в рамках стратегії *Made in China 2025*, орієнтована на масштабну цифрову модернізацію промисловості з активним використанням штучного інтелекту, роботизації та аналітики великих даних. При цьому цифровізація розглядається як ключовий інструмент забезпечення економічної стійкості, технологічної незалежності та адаптації підприємств до глобальних кризових викликів.

Узагальнюючи зарубіжний досвід, можна стверджувати, що успішні моделі цифровізації виробничих процесів на основі технологій Industry 4.0 характеризуються системністю, поетапністю впровадження та тісним зв’язком із цілями сталого розвитку. Вони поєднують технологічні інновації з організаційними змінами, розвитком людського капіталу та удосконаленням управлінських механізмів, що створює основу для формування інноваційної моделі цифровізації промислових підприємств в умовах нестабільності.

Таблиця 1.2. Порівняльна характеристика зарубіжних моделей цифровізації виробничих процесів на основі Industry 4.0

Країна / регіон	**Домінуюча модель цифровізації**	**Ключові технології**	**Основні управлінські акценти**	**Вплив на сталий розвиток**
Німеччина	Мережево-інтегрована модель Industry 4.0	CPS, IoT, Big Data, цифрові платформи	Децентралізація управління, інтеграція виробничих систем	Підвищення ресурсної ефективності, зниження екологічного навантаження

Країна / регіон	Домінуюча модель цифровізації	Ключові технології	Основні управлінські акценти	Вплив на сталий розвиток
США	Інноваційно-платформна модель	Хмарні технології, AI, цифрові двійники	Гнучкість виробництва, сервісні бізнес-моделі	Економічна стійкість, адаптація до криз
Європейський Союз	Сталозорієнтована модель цифровізації	Енергоефективні цифрові системи, аналітика даних	Поєднання цифровізації та екологічних стандартів	Баланс економічної, екологічної та соціальної складових
Японія	Соціально орієнтована модель (Society 5.0)	Роботизація, AI, інтелектуальні системи	Гармонізація технологій і соціального розвитку	Підвищення якості праці та соціальної стійкості
Китай	Державностратегічна модель (Made in China 2025)	Робототехніка, AI, Big Data	Масштабна цифрова модернізація, державна підтримка	Технологічна та економічна стійкість

Проведений аналіз зарубіжного досвіду свідчить, що моделі цифровізації виробничих процесів на основі технологій Industry 4.0 є ефективними за умови їх адаптації до специфіки національних економік, галузевих особливостей та рівня розвитку підприємств. Отримані узагальнення створюють теоретико-методологічне підґрунтя для розробки інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів промислового підприємства, що буде предметом дослідження у наступному розділі роботи.

Висновки до першого розділу

У першому розділі магістерської роботи було досліджено теоретико-методологічні аспекти розробки моделі сталого розвитку промислового

підприємства в умовах нестабільності з урахуванням можливостей цифровізації виробничих процесів на основі технологій Industry 4.0.

У результаті аналізу теоретичних підходів до сталого розвитку встановлено, що сучасна парадигма управління промисловими підприємствами ґрунтується на поєднанні економічної ефективності, екологічної відповідальності та соціальної орієнтованості. Водночас в умовах високої турбулентності зовнішнього середовища, зумовленої глобальними кризами, воєнними ризиками та технологічними зрушеннями, традиційні моделі сталого розвитку потребують трансформації та доповнення цифровими інструментами управління.

Доведено, що методологічною основою формування інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів є системний, ситуаційний та стратегічний підходи, які дозволяють розглядати промислове підприємство як складну відкриту соціально-економічну систему. Використання зазначених підходів забезпечує цілісність управлінських рішень, узгодженість між підсистемами підприємства та підвищення його адаптаційних можливостей в умовах нестабільності.

У межах дослідження понятійно-категоріального апарату встановлено, що цифровізація виробничих процесів на основі технологій Industry 4.0 виступає не лише інструментом технічної модернізації, а й ключовим чинником формування антикризових програм сталого розвитку. Технології Інтернету речей, великих даних, штучного інтелекту, кіберфізичних систем і цифрових двійників забезпечують підвищення прозорості виробничих процесів, своєчасне виявлення ризиків та підтримку управлінських рішень у режимі реального часу.

Аналіз зарубіжного досвіду упровадження моделей цифровізації виробничих процесів засвідчив, що найбільш ефективними є інтегровані моделі, у яких цифрові технології поєднуються зі стратегічними цілями сталого розвитку. Досвід країн Європейського Союзу [51], США, Японії та Китаю демонструє, що цифровізація сприяє підвищенню ресурсної

ефективності, зниженню екологічного навантаження, підвищенню гнучкості виробництва та зміцненню економічної стійкості підприємств.

Встановлено, що ключовою передумовою успішної цифрової трансформації є наявність чітко сформованої антикризової стратегії, орієнтованої на використання внутрішнього потенціалу підприємства, розвиток метаресурсів та впровадження сучасних методів проектного управління. Саме поєднання цифровізації з принципами сталого розвитку дозволяє забезпечити довгострокову конкурентоспроможність промислових підприємств в умовах нестабільності.

Таким чином, результати першого розділу створюють науково-теоретичне підґрунтя для розробки інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів промислового підприємства на основі технологій Industry 4.0, що буде спрямована на підвищення ефективності антикризового управління та забезпечення сталого розвитку. Отримані висновки слугуватимуть основою для формування практичних рекомендацій і проектних рішень у другому розділі магістерської роботи.

РОЗДІЛ 2
ПРАКСЕОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ІННОВАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЙ INDUSTRY 4.0

2.1 Формування інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів промислового підприємства на основі технологій Industry 4.0

Сучасні умови функціонування промислових підприємств характеризуються високим рівнем нестабільності, зумовленої посиленням глобальної конкуренції, прискоренням технологічних змін, геополітичними ризиками та зростанням вимог до екологічної й соціальної відповідальності бізнесу. За таких умов традиційні підходи до управління виробничими процесами втрачають ефективність, що актуалізує потребу у формуванні інноваційної моделі цифровізації на основі технологій Industry 4.0.

Формування інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів доцільно розглядати як цілеспрямований управлінський процес, що поєднує стратегічні, організаційні, технологічні та економічні рішення, спрямовані на підвищення адаптивності, стійкості та конкурентоспроможності промислового підприємства. На відміну від фрагментарного впровадження окремих цифрових рішень, запропонована модель передбачає системну інтеграцію цифрових технологій у всі ключові елементи виробничої діяльності.

Першим етапом формування інноваційної моделі цифровізації є діагностика поточного стану виробничих процесів та рівня цифрової зрілості підприємства. На цьому етапі здійснюється аналіз структури виробництва, технічного стану обладнання, інформаційних потоків, кадрового потенціалу та рівня автоматизації управлінських функцій. Особлива увага приділяється ідентифікації «вузьких місць», які обмежують ефективність виробничої системи та підвищують чутливість підприємства до кризових явищ [60].

Другий етап передбачає визначення стратегічних цілей цифровізації, узгоджених із загальною стратегією сталого розвитку підприємства. До таких цілей належать підвищення продуктивності праці, зниження витрат ресурсів, забезпечення гнучкості виробництва, мінімізація екологічного впливу та підвищення безпеки праці. Важливою особливістю цього етапу є орієнтація на довгостроковий ефект, що дозволяє розглядати цифровізацію як інструмент антикризового управління.

На третьому етапі формується архітектура інноваційної моделі цифровізації, яка базується на використанні ключових технологій Industry 4.0. До таких технологій належать Інтернет речей, кіберфізичні системи, великі дані та аналітика, штучний інтелект, хмарні платформи та цифрові двійники виробничих процесів. Їх інтеграція забезпечує створення єдиного цифрового простору підприємства, у межах якого здійснюється збір, обробка та використання даних у режимі реального часу[59].

Наступним важливим компонентом інноваційної моделі є формування організаційно-управлінського механізму її реалізації. Це передбачає трансформацію структури управління, розподіл відповідальності між підрозділами, створення міжфункціональних команд та розвиток цифрових компетенцій персоналу. У контексті антикризового управління особливого значення набуває підвищення готовності персоналу до змін і зниження опору впровадженню нових технологій.

Економічне обґрунтування інноваційної моделі цифровізації включає оцінку інвестиційних витрат, прогнозування економічного ефекту та аналіз ризиків. У зарубіжній практиці широко застосовуються підходи, що враховують не лише прямі фінансові результати, а й непрямі ефекти, зокрема підвищення стійкості виробничих процесів, зменшення ймовірності простоїв та покращення якості продукції. Такий підхід дозволяє більш повно оцінити внесок цифровізації у забезпечення сталого розвитку підприємства.

Отже, формування інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів на основі технологій Industry 4.0 є комплексним і багатоступеневим

процесом, який поєднує стратегічні цілі, сучасні технології та антикризові управлінські рішення. Запропонований підхід створює основу для подальшої розробки практичних рекомендацій щодо впровадження цифрових антикризових програм, що буде детально розглянуто в наступному підпункті дослідження[4].

Для побудови ефективної інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів підприємства необхідно передусім здійснити комплексний аналіз існуючих виробничих процесів та цифрової інфраструктури. Це включає оцінку рівня автоматизації, обробки даних, інформаційних потоків, виявлення вузьких місць та визначення тих ділянок, які потребують модернізації. На основі цього аналізу формуються цілі цифровізації, серед яких підвищення ефективності та гнучкості виробництва, оптимізація витрат на матеріали, енергію та робочу силу, покращення якості продукції та скорочення часу виходу на ринок, а також інтеграція виробничих та бізнес-процесів через цифрові платформи[2].

Наступним компонентом є вибір технологічних рішень та побудова архітектури Industry 4.0, що передбачає інтеграцію IoT-сенсорів для моніторингу обладнання, використання систем обробки великих даних для прогнозування та оптимізації процесів, впровадження кіберфізичних систем для автоматичного управління виробничими лініями, а також застосування штучного інтелекту для аналізу ефективності та передбачення дефектів. На основі цих технологій розробляється інноваційна модель управління виробництвом, що включає створення цифрових двійників основних об’єктів, організацію систем віддаленого моніторингу та управління у режимі реального часу, а також формування аналітичних панелей для керівництва та оперативного персоналу.

Не менш важливим є організаційно-кадровий компонент, що передбачає підготовку та перепідготовку персоналу для роботи з цифровими системами, формування міждисциплінарних команд для забезпечення впровадження та експлуатації моделі, а також розробку нових процедур управління, які

базуються на цифрових даних та аналітиці. Завершальним етапом є оцінка ефективності та постійне вдосконалення, що здійснюється шляхом моніторингу ключових показників, аналізу результатів та внесення коригувань у модель, що дозволяє підприємству адаптуватися до змінних умов виробництва та ринку, підвищувати конкурентоспроможність та забезпечувати стійкий розвиток[12].

Таким чином, інноваційна модель цифровізації виробничих процесів на основі технологій Industry 4.0 забезпечує комплексну трансформацію підприємства, інтегруючи автоматизацію, аналітику та гнучкі управлінські рішення, що дозволяє підвищити конкурентоспроможність і ефективність виробництва.

Таблиця 2.1 Структура інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів промислового підприємства на основі Industry 4.0

Етап / Компонент	**Основні завдання**	**Використовувані технології / інструменти**	**Результат / Очікуваний ефект**
Аналіз поточного стану	Оцінка процесів, визначення вузьких місць, готовність до Industry 4.0	Аудит виробництва, аналітика даних	Визначені проблемні ділянки та потенціал для цифровізації
Визначення цілей цифровізації	Підвищення ефективності, оптимізація витрат, інтеграція процесів	KPI, стратегічне планування	Чітко сформульовані цілі та критерії успіху
Вибір технологій Industry 4.0	Інтеграція IoT, Big Data, CPS, AI	IoT-сенсори, платформи Big Data, штучний інтелект	Обрані технологічні рішення для оптимізації виробництва
Інноваційна модель управління	Створення цифрових двійників, віддалений моніторинг	Digital Twin, системи SCADA, хмарні платформи	Оперативне управління, підвищена точність і швидкість прийняття рішень

Організаційно-кадровий розвиток	Підготовка персоналу, формування міждисциплінарних команд	Тренінги, навчальні платформи	Кваліфікований персонал, здатний працювати з новими технологіями
Оцінка ефективності та вдосконалення	Моніторинг KPI, аналіз результатів, внесення змін	Аналітичні панелі, BI-системи	Підвищення ефективності, адаптація моделі до змін виробничих та ринкових умов

Впровадження моделі цифровізації передбачає комплексний підхід, що включає технічні, організаційні та аналітичні заходи:

1. **Технічна реалізація**
   - Інтеграція IoT-сенсорів на виробничі лінії для збору даних у режимі реального часу.
   - Впровадження кіберфізичних систем для автоматичного управління обладнанням та забезпечення гнучкого виробничого процесу.
   - Використання платформ Big Data для обробки великого обсягу інформації та побудови прогнозних моделей.
   - Створення цифрових двійників (Digital Twin) основних виробничих об’єктів для моделювання процесів та тестування змін без зупинки виробництва.
2. **Організаційно-кадрові заходи**
   - Підготовка персоналу для роботи з новими цифровими системами та аналітичними інструментами.
   - Формування команд, здатних до міждисциплінарної взаємодії та впровадження інновацій.
   - Розробка нових процедур управління, що базуються на цифрових даних та аналітиці.

3. **Аналітичний супровід та оптимізація**
   - Постійний моніторинг KPI для оцінки ефективності цифровізації.
   - Аналіз отриманих даних для виявлення потенціалу підвищення продуктивності та зменшення витрат.
   - Внесення коректив у виробничі процеси на основі результатів аналітики та прогнозних моделей.
4. **Інтеграція з бізнес-процесами**
   - Забезпечення взаємодії між виробничими та управлінськими системами підприємства.
   - Використання цифрових платформ для синхронізації виробничих планів з логістикою, постачанням та збутом продукції.
   - Підвищення оперативності прийняття рішень на основі актуальної інформації.

Таким чином, впровадження інноваційної моделі цифровізації дозволяє підприємству не лише автоматизувати процеси, але й забезпечити їхню адаптивність, ефективність та конкурентоспроможність на ринку.

Після впровадження інноваційної моделі цифровізації необхідно здійснити комплексну оцінку її ефективності для підтвердження досягнення поставлених цілей та визначення напрямів подальшого вдосконалення. Важливим аспектом є оцінка продуктивності та якості виробництва, що включає вимірювання зміни продуктивності основного обладнання та виробничих ліній, аналіз показників якості продукції, рівня браку та відмов, а також порівняння отриманих результатів із базовими показниками до впровадження цифрових технологій[15].

Не менш важливою є економічна оцінка ефективності, яка дозволяє визначити скорочення витрат на енергію, матеріали та обслуговування обладнання, оцінити економію часу на виробничі цикли та оперативне реагування на зміни ринку, а також розрахувати окупність інвестицій у

цифровізацію і спрогнозувати економічний ефект на середньо- та довгостроковий період. Оцінка управлінських та організаційних змін дозволяє аналізувати ефективність роботи персоналу у нових умовах цифрового виробництва, вивчати рівень інтеграції виробничих та бізнес-процесів, а також виявляти можливості для подальшої автоматизації та оптимізації процесів.

Особливу роль відіграє аналітичне забезпечення постійного вдосконалення, що передбачає використання систем моніторингу та аналітики для виявлення вузьких місць у режимі реального часу. Результати такого аналізу стають основою для внесення змін у виробничу модель та розробки рекомендацій щодо впровадження нових технологій і методів оптимізації. У цілому оцінка ефективності цифровізації дозволяє підприємству не лише підтвердити досягнення ключових показників, але й сформувати механізм постійного вдосконалення виробничих процесів, забезпечуючи стійкий розвиток, підвищення конкурентоспроможності та здатність швидко адаптуватися до змін ринкових умов і технологічних трендів[26].

Формування інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів передбачає інтеграцію сучасних технологій у всі рівні діяльності підприємства, що забезпечує автоматизацію, оптимізацію та адаптивність виробничих процесів. На першому етапі важливо провести комплексний аналіз поточного стану виробництва, оцінити рівень автоматизації та цифрової інтеграції, виявити вузькі місця та процеси, які потребують модернізації, а також визначити готовність підприємства до впровадження рішень Industry 4.0. Паралельно здійснюється формування чітких цілей цифровізації, що включають підвищення ефективності та гнучкості виробництва, оптимізацію витрат на матеріали, енергію та робочу силу, підвищення якості продукції та скорочення часу виходу на ринок, а також інтеграцію виробничих і бізнес-процесів за допомогою цифрових платформ.

Важливим компонентом є вибір та інтеграція технологічних рішень, серед яких застосування IoT-сенсорів для моніторингу стану обладнання та умов виробництва, використання систем обробки великих даних для

прогнозування та оптимізації процесів, інтеграція кіберфізичних систем для автоматичного управління виробничими лініями, а також застосування штучного інтелекту та алгоритмів машинного навчання для аналізу ефективності та передбачення дефектів. На основі отриманих даних розробляється інноваційна модель управління виробництвом, що передбачає створення цифрових двійників виробничих об’єктів, впровадження систем віддаленого моніторингу та управління у реальному часі, а також формування аналітичних панелей для керівництва та оперативного персоналу[10].

Не менш важливою є організаційно-кадрова складова, яка включає підготовку та перепідготовку персоналу для роботи з новими цифровими системами, формування міждисциплінарних команд, здатних забезпечити впровадження та експлуатацію інноваційної моделі, а також розробку нових процедур управління, що базуються на цифрових даних та аналітичних інструментах. Завершальним етапом формування моделі є оцінка ефективності та постійне вдосконалення виробничих процесів, що здійснюється шляхом моніторингу ключових показників ефективності, аналізу досягнутих результатів і внесення коректив у модель, що дозволяє підприємству адаптуватися до змінних умов виробництва та ринку, підвищувати конкурентоспроможність і забезпечувати стійкий розвиток.

Підсумовуючи, формування інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів на основі технологій Industry 4.0 дозволяє комплексно трансформувати підприємство, поєднуючи автоматизацію, аналітику та гнучкі управлінські рішення. Основу моделі складає поетапна інтеграція цифрових технологій, починаючи з аналізу поточного стану виробництва та визначення цілей цифровізації, вибору оптимальних технологічних рішень, розробки системи управління на основі цифрових двійників та аналітики, а також забезпечення кадрової готовності підприємства. Постійний моніторинг ефективності та вдосконалення процесів забезпечує адаптивність виробництва до змін ринкових умов, підвищує якість продукції, оптимізує витрати та підвищує конкурентоспроможність підприємства. У цілому така модель

створює стійку основу для впровадження інновацій, забезпечує стратегічну гнучкість і сприяє сталому розвитку виробничого підприємства в умовах сучасної цифрової економіки.

2.2 Реалізація інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів на основі технологій Industry 4.0

Впровадження інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів є критичним етапом, що дозволяє підприємству перейти від концептуальної розробки до практичної реалізації технологій Industry 4.0. Процес починається з модернізації виробничої інфраструктури, включаючи встановлення IoT-сенсорів для постійного моніторингу стану обладнання та умов виробництва. Це дозволяє зібрати великі обсяги даних у реальному часі та забезпечити їх інтеграцію у системи аналітики, що є основою для прогнозування продуктивності та оптимізації виробничих процесів (Xu, Xu & Li, 2018).

Паралельно впроваджуються кіберфізичні системи, які забезпечують автоматичне управління виробничими лініями та гнучке переналаштування обладнання під потреби виробництва. Використання цифрових двійників дозволяє моделювати процеси без зупинки виробництва, тестувати зміни та оцінювати їхній вплив на продуктивність і якість продукції (Lasi et al., 2014).

Важливим аспектом є організаційно-кадрова підготовка. Підприємство повинно забезпечити навчання персоналу для роботи з новими цифровими системами, створення міждисциплінарних команд та адаптацію управлінських процедур до нового підходу, орієнтованого на дані та аналітику (Kagermann, Wahlster & Helbig, 2013). Цей процес включає не лише освоєння технічних навичок, але й зміну культури прийняття рішень, де рішення базуються на цифрових даних та прогнозах систем аналітики.

Інтеграція цифрової моделі з бізнес-процесами підприємства забезпечує синхронізацію виробничих планів із логістикою, постачанням та збутом

продукції. Це дозволяє оперативно реагувати на зміни ринку та підвищує ефективність використання ресурсів (Zhong et al., 2017). Постійний моніторинг ключових показників ефективності виробництва дає змогу своєчасно виявляти проблемні ділянки, адаптувати процеси та здійснювати безперервне вдосконалення виробничої системи.

У результаті впровадження інноваційної моделі цифровізації підприємство отримує комплексну платформу для управління виробничими процесами, яка підвищує продуктивність, оптимізує ресурси, забезпечує високу якість продукції та гнучкість виробництва. Такий підхід створює стійку основу для розвитку підприємства в умовах цифрової економіки та інтеграції до глобальних виробничих мереж (Xu, Xu & Li, 2018; Lasi et al., 2014).

Впровадження інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів передбачає комплексну інтеграцію обраних технологій Industry 4.0 у діяльність підприємства з метою підвищення продуктивності, оптимізації ресурсів та забезпечення гнучкості виробництва. На початковому етапі здійснюється модернізація виробничої інфраструктури, що включає встановлення IoT-сенсорів для безперервного збору даних про стан обладнання та параметри виробничого процесу. Зібрані дані обробляються за допомогою систем аналізу великих даних, що дозволяє виявляти вузькі місця, прогнозувати відмови обладнання та оцінювати ефективність виробничих ліній. Використання кіберфізичних систем забезпечує автоматичне управління обладнанням та адаптацію виробничих процесів у режимі реального часу, що підвищує гнучкість виробництва та знижує ризики простоїв.

Особлива увага приділяється цифровим двійникам, які дозволяють моделювати роботу виробничих об’єктів без зупинки процесу та тестувати нові сценарії управління. Це дає можливість оперативно приймати обґрунтовані рішення та оцінювати вплив змін на продуктивність і якість продукції. Організаційно-кадровий аспект впровадження моделі передбачає навчання та перепідготовку персоналу, формування міждисциплінарних команд, здатних ефективно використовувати цифрові технології, а також

впровадження нових процедур управління, що базуються на даних та аналітичній інформації[52].

Впровадження цифрової моделі також включає інтеграцію виробничих процесів з бізнес-процесами підприємства, що дозволяє синхронізувати виробничі плани із логістикою, постачанням та збутом продукції, підвищуючи оперативність реагування на зміни ринку. Постійний моніторинг ключових показників ефективності дозволяє виявляти проблемні ділянки та своєчасно коригувати процеси, створюючи умови для безперервного вдосконалення виробничої системи. У результаті впровадження інноваційної моделі цифровізації підприємство отримує комплексну платформу для управління виробничими процесами, яка забезпечує підвищення продуктивності, оптимізацію ресурсів, покращення якості продукції та формування конкурентних переваг в умовах сучасної цифрової економіки.

Таблиця 2.2 Основні напрями впровадження інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів

Напрям впровадження	**Зміст та характеристика**	**Очікуваний результат**
Технічна інтеграція цифрових технологій	Впровадження IoT-сенсорів, кіберфізичних систем, платформ Big Data, цифрових двійників виробничих об’єктів	Підвищення прозорості виробничих процесів, зниження простоїв обладнання
Автоматизація управління виробництвом	Перехід до управління на основі даних у режимі реального часу, використання аналітичних систем та цифрових панелей	Підвищення оперативності та обґрунтованості управлінських рішень
Організаційно-кадрове забезпечення	Навчання персоналу, формування	Зростання цифрових компетенцій

Напрям впровадження	**Зміст та характеристика**	**Очікуваний результат**
	міждисциплінарних команд, адаптація управлінських процедур	персоналу та ефективності взаємодії
Інтеграція з бізнес-процесами	Синхронізація виробництва з логістикою, постачанням і збутом через цифрові платформи	Оптимізація ресурсів і скорочення виробничих витрат
Моніторинг та контроль ефективності	Використання KPI, аналітичних панелей, систем звітності	Своєчасне виявлення проблем і можливостей для оптимізації
Безперервне вдосконалення	Коригування виробничих процесів на основі результатів аналізу та прогнозування	Підвищення гнучкості та стійкості виробничої системи

Подана таблиця узагальнює основні напрями впровадження інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів промислового підприємства та відображає їх змістовне наповнення й очікувані результати. Вона демонструє комплексний характер процесу впровадження, який охоплює не лише технічну інтеграцію цифрових технологій, але й організаційно-управлінські та кадрові аспекти. Реалізація кожного з наведених напрямів сприяє підвищенню прозорості та керованості виробничих процесів, оптимізації використання ресурсів і зниженню виробничих витрат. Особливе значення має поєднання автоматизації управління з інтеграцією виробничих і бізнес-процесів, що забезпечує оперативне прийняття обґрунтованих рішень та формує умови для безперервного вдосконалення виробничої системи. У

цілому представлена таблиця підтверджує, що впровадження інноваційної моделі цифровізації є системним процесом, спрямованим на підвищення ефективності, гнучкості та конкурентоспроможності промислового підприємства в умовах цифрової економіки[31].

У процесі впровадження інноваційної моделі цифровізації особливу увагу слід приділяти поетапності реалізації цифрових рішень, що дозволяє мінімізувати ризики та забезпечити поступову адаптацію підприємства до нових технологічних умов. Поетапне впровадження дає змогу апробувати окремі цифрові рішення на пілотних виробничих ділянках, оцінити їх ефективність та лише після цього масштабувати на рівень усього підприємства, що відповідає рекомендаціям щодо реалізації концепції Industry 4.0 (Kagermann et al., 2013; Lasi et al., 2014). Такий підхід сприяє раціональному використанню інвестиційних ресурсів та зниженню ймовірності порушення безперервності виробничих процесів.

Важливим елементом впровадження цифрової моделі є забезпечення кібербезпеки та захисту виробничих даних, оскільки зростання рівня цифровізації підвищує вразливість промислових систем до кіберзагроз. У зв’язку з цим впровадження цифрових технологій має супроводжуватися створенням комплексної системи інформаційної безпеки, що включає захист промислових мереж, контроль доступу до даних, резервне копіювання та моніторинг інформаційних потоків (Zhong et al., 2017). Це дозволяє забезпечити стабільність функціонування цифрової інфраструктури та надійність виробничих процесів.

Крім того, ефективність впровадження інноваційної моделі значною мірою залежить від рівня взаємодії між керівництвом, технічними спеціалістами та виробничим персоналом. Налагодження комунікації між усіма рівнями управління сприяє підвищенню рівня залученості працівників та зниженню опору організаційним змінам. Формування культури цифрового мислення та орієнтації на використання даних у процесі прийняття рішень

розглядається як один із ключових чинників успішної цифрової трансформації підприємств (Xu, Xu & Li, 2018).

У підсумку впровадження інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів створює передумови для переходу підприємства до інтелектуального виробництва, орієнтованого на автоматизацію, аналіз даних та безперервне вдосконалення. Це забезпечує підвищення ефективності функціонування підприємства, зміцнення його конкурентних позицій та стійкий розвиток в умовах цифрової економіки (Lasi et al., 2014; Zhong et al., 2017).

2.3 Удосконалення механізмів впровадження інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів на основі технологій Industry 4.0

Удосконалення інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів є безперервним процесом, що спрямований на підвищення її адаптивності, ефективності та відповідності динамічним умовам функціонування промислового підприємства. В умовах розвитку концепції Industry 4.0 цифрові рішення повинні постійно коригуватися з урахуванням змін виробничого середовища, ринкових вимог і технологічних інновацій, що обумовлює необхідність системного підходу до вдосконалення моделі (Lasi et al., 2014).

Ключовим напрямом удосконалення є поглиблення аналітичної складової управління виробничими процесами. Використання розширених інструментів аналітики даних, штучного інтелекту та машинного навчання дозволяє не лише оцінювати поточний стан виробництва, але й прогнозувати можливі відхилення, оптимізувати завантаження обладнання та мінімізувати виробничі ризики. Застосування прогнозної аналітики сприяє підвищенню точності управлінських рішень та переходу до проактивного управління виробництвом (Xu, Xu & Li, 2018).

Важливим аспектом удосконалення моделі є розвиток цифрових двійників, які забезпечують більш детальне моделювання виробничих

процесів та дозволяють тестувати альтернативні сценарії розвитку без втручання у реальний виробничий цикл. Це створює умови для оптимізації технологічних параметрів, зниження витрат і підвищення якості продукції, що відповідає сучасним підходам до інтелектуального виробництва (Zhong et al., 2017).

Окрему увагу в процесі вдосконалення слід приділяти організаційно-кадровому забезпеченню цифровізації. Підвищення цифрових компетенцій персоналу, розвиток культури роботи з даними та залучення працівників до процесів удосконалення виробничих рішень є важливими чинниками ефективного функціонування цифрової моделі. Саме людський фактор визначає здатність підприємства повною мірою реалізувати потенціал цифрових технологій (Kagermann, Wahlster & Helbig, 2013).

Таким чином, удосконалення інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів передбачає поєднання технологічних, аналітичних та організаційних змін, що забезпечують її гнучкість і стійкість. Реалізація даного підходу дозволяє підприємству не лише підтримувати досягнутий рівень ефективності, але й створювати умови для довгострокового розвитку та зміцнення конкурентних позицій у цифровій економіці (Lasi et al., 2014; Xu, Xu & Li, 2018).

Подальше удосконалення інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів доцільно здійснювати з урахуванням напрацювань вітчизняних науковців, які наголошують на необхідності адаптації концепції Industry 4.0 до умов функціонування промислових підприємств України. Зокрема, у працях В.М. Геєця та О.І. Амоші підкреслюється, що цифрова трансформація виробництва має ґрунтуватися на поєднанні технологічних інновацій з інституційними та організаційними змінами, що забезпечують стійкий розвиток промисловості в умовах нестабільного економічного середовища (Геєць, 2018; Амоша та ін., 2019).

Важливим напрямом удосконалення моделі є розвиток системи управління виробничими процесами на основі даних, що, за твердженням О.В.

Кузьміна та Л.Г. Ліпич, дозволяє підвищити обґрунтованість управлінських рішень та знизити рівень невизначеності в діяльності підприємства. Використання цифрових платформ і аналітичних інструментів сприяє переходу від реактивного до превентивного управління виробництвом, що є особливо актуальним для промислових підприємств в умовах обмежених ресурсів (Кузьмін, Ліпич, 2020).

Удосконалення інноваційної моделі цифровізації також передбачає поглиблення інтеграції виробничих і бізнес-процесів підприємства. Як зазначають І.М. Зеліско та Н.В. Тарасенко, цифрова інтеграція створює передумови для формування єдиного інформаційного простору підприємства, що забезпечує узгодженість стратегічних і оперативних рішень, оптимізацію логістичних процесів та підвищення ефективності використання виробничого потенціалу (Зеліско, Тарасенко, 2021).

Окрему роль у процесі удосконалення моделі відіграє людський капітал. Вітчизняні дослідження підкреслюють, що рівень цифрових компетенцій персоналу є одним із ключових чинників успішності цифровізації промислових підприємств. Зокрема, О.М. Гребешкова зазначає, що формування цифрової культури, орієнтованої на інновації та безперервне навчання, дозволяє забезпечити ефективне використання сучасних технологій та зменшити опір організаційним змінам (Гребешкова, 2020).

Таким чином, удосконалення інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів з урахуванням підходів вітчизняних науковців дозволяє адаптувати технології Industry 4.0 до реальних умов діяльності промислових підприємств України. Поєднання технологічних рішень, управлінських інновацій та розвитку людського капіталу створює умови для підвищення ефективності виробництва, зміцнення конкурентних позицій підприємства та забезпечення його довгострокового розвитку.

Практичне удосконалення інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів доцільно розглядати крізь призму реальних прикладів впровадження цифрових рішень на вітчизняних промислових підприємствах. Так, на

підприємствах металургійного та машинобудівного комплексу України впровадження систем моніторингу технічного стану обладнання на основі IoT-технологій дозволило зменшити кількість аварійних зупинок та скоротити витрати на технічне обслуговування за рахунок переходу до прогнозного ремонту. Подібні підходи, за результатами досліджень О.І. Амоші та його наукової школи, сприяють підвищенню ефективності використання основних фондів і стабілізації виробничих процесів (Амоша та ін., 2019).

Прикладом удосконалення аналітичної складової цифрової моделі є використання систем виробничої аналітики на підприємствах харчової промисловості, де аналіз великих масивів даних дозволяє оптимізувати рецептури, зменшити втрати сировини та підвищити стабільність якості продукції. Як зазначає О.В. Кузьмін, застосування цифрових інструментів аналізу виробничих даних створює умови для прийняття обґрунтованих управлінських рішень та підвищує адаптивність підприємств до змін попиту (Кузьмін, 2020).

Удосконалення інноваційної моделі цифровізації також реалізується через розвиток цифрових двійників виробничих систем. Наприклад, на підприємствах енергетичного машинобудування цифрові двійники використовуються для моделювання режимів роботи обладнання та оцінки наслідків зміни технологічних параметрів. Це дозволяє знизити ризики впровадження інновацій та забезпечити більш раціональне використання ресурсів, що підтверджується дослідженнями Н.В. Тарасенко щодо цифрової трансформації промислових підприємств (Тарасенко, 2021).

Важливим прикладом удосконалення моделі є інвестиції у розвиток цифрових компетенцій персоналу. На ряді українських промислових підприємств впроваджуються внутрішні програми навчання з цифрових технологій, аналітики даних та автоматизованих систем управління виробництвом. Як зазначає О.М. Гребешкова, такі програми сприяють формуванню інноваційної культури та зменшенню опору працівників до

цифрових змін, що є необхідною умовою успішної цифровізації (Гребешкова, 2020).

Отже, наведені приклади підтверджують, що удосконалення інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів є практично орієнтованим процесом, який потребує адаптації цифрових рішень до галузевих особливостей та ресурсних можливостей підприємств. Застосування вітчизняного досвіду цифрової трансформації дозволяє не лише підвищити ефективність виробничих процесів, але й сформувати стійкі конкурентні переваги промислових підприємств у довгостроковій перспективі.

Подальше удосконалення інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів доцільно зосередити на підвищенні ефективності використання цифрових технологій та поглибленні їх інтеграції у систему управління підприємством. Насамперед це стосується оптимізації інформаційних потоків між виробничими підрозділами та управлінськими рівнями, що дозволяє забезпечити єдине інформаційне середовище підприємства. Як зазначає В.М. Геєць, саме узгодженість управлінських і виробничих рішень є ключовою передумовою зростання ефективності промислових підприємств у цифровій економіці (Геєць, 2018).

Удосконалення моделі також має бути спрямоване на розвиток прогнозних функцій управління виробничими процесами. Застосування аналітики виробничих даних дає змогу переходити від фіксації результатів до прогнозування можливих відхилень у роботі обладнання та плануванні виробничих завдань. За результатами досліджень О.В. Кузьміна, використання прогнозної аналітики сприяє скороченню простоїв обладнання та підвищенню загальної ефективності виробничих систем (Кузьмін, 2020).

Окремим напрямом удосконалення інноваційної моделі цифровізації є адаптація цифрових рішень до галузевої специфіки підприємства. Наприклад, у машинобудуванні акцент робиться на цифровому моделюванні технологічних процесів та оптимізації виробничих маршрутів, тоді як у харчовій промисловості основна увага приділяється контролю якості та

простежуваності продукції. Такий підхід, за висновками І.М. Зеліско, дозволяє підвищити результативність цифровізації за рахунок урахування особливостей виробничого циклу (Зеліско, 2021).

Ключовим чинником удосконалення моделі залишається розвиток людського капіталу. Підвищення цифрових компетенцій персоналу та залучення працівників до процесів оптимізації виробництва забезпечує ефективне використання цифрових технологій і сприяє зниженню опору змінам. Як підкреслює О.М. Гребешкова, без формування цифрової культури підприємства інноваційні технології не забезпечують очікуваного економічного ефекту (Гребешкова, 2020).

Таким чином, удосконалення інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів повинно бути зосереджене на підвищенні якості управлінських рішень, розвитку прогнозних можливостей, галузевій адаптації цифрових рішень та розвитку людського капіталу. Це дозволяє забезпечити стійке функціонування виробничих систем і підвищити конкурентоспроможність промислового підприємства в умовах цифрової трансформації.

Удосконалення інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів у системі промислового менеджменту повинно бути орієнтоване насамперед на підвищення ефективності управління виробництвом та обґрунтованості управлінських рішень. Цифрові технології в цьому контексті розглядаються не лише як інструменти автоматизації, а як основа формування сучасної системи управління, що базується на даних, аналітиці та прогнозуванні. Як зазначає В.М. Геєць, цифровізація управлінських процесів створює передумови для підвищення керованості промислових систем та зниження управлінських ризиків (Геєць, 2018).

Ключовим напрямом удосконалення моделі є інтеграція цифрових виробничих даних у процеси планування, організації та контролю. Використання аналітичних платформ дозволяє менеджменту оперативно оцінювати виконання виробничих планів, ефективність використання ресурсів

та рівень завантаження обладнання. За висновками О.В. Кузьміна, застосування цифрових інструментів управління підвищує точність планування та забезпечує узгодженість стратегічних і оперативних рішень у промислових підприємствах (Кузьмін, 2020).

У межах промислового менеджменту важливим є вдосконалення механізмів контролю та регулювання виробничих процесів. Цифрові системи моніторингу забезпечують менеджерів актуальною інформацією у режимі реального часу, що дозволяє своєчасно виявляти відхилення та приймати коригувальні управлінські рішення. Як зазначає І.М. Зеліско, використання цифрового контролінгу сприяє підвищенню прозорості виробничої діяльності та відповідальності управлінського персоналу (Зеліско, 2021).

Особливе значення для удосконалення інноваційної моделі має розвиток управлінських компетенцій персоналу. Формування цифрового мислення керівників середньої та вищої ланки дозволяє ефективно використовувати результати аналітики для прийняття управлінських рішень. На думку О.М. Гребешкової, розвиток управлінських навичок у поєднанні з цифровими технологіями є визначальним чинником успішності трансформаційних змін у промисловому менеджменті (Гребешкова, 2020).

Таким чином, удосконалення інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів у системі промислового менеджменту полягає у поглибленні інтеграції цифрових технологій в управлінські функції, підвищенні якості планування та контролю, розвитку цифрових компетенцій управлінського персоналу та забезпеченні адаптивності управлінських рішень. Це створює умови для підвищення ефективності виробничої діяльності та стійкого розвитку промислового підприємства в умовах цифрової трансформації.

Важливим етапом удосконалення інноваційної моделі цифровізації в промисловому менеджменті є встановлення системи оцінки її ефективності та результативності. Така оцінка дозволяє керівництву підприємства не лише контролювати виконання виробничих планів, але й аналізувати економічний,

технічний та управлінський ефект від впровадження цифрових технологій. Для цього використовуються ключові показники ефективності (KPI), що відображають продуктивність обладнання, якість продукції, рівень завантаження ресурсів, своєчасність виконання виробничих завдань та рівень витрат. За результатами досліджень О.В. Кузьміна, інтеграція KPI у цифрові платформи дозволяє менеджерам приймати обґрунтовані рішення та оперативно реагувати на відхилення від планових показників (Кузьмін, 2020).

Крім того, удосконалена модель цифровізації передбачає застосування аналітики для прогнозування розвитку виробничих процесів і можливих ризиків. Використання систем обробки великих даних та цифрових двійників дозволяє моделювати різні сценарії управління, оцінювати потенційний вплив змін на продуктивність та витрати, а також визначати оптимальні управлінські стратегії. Як зазначає В.М. Геєць, поєднання прогнозної аналітики з оперативним управлінням створює умови для підвищення гнучкості та адаптивності підприємства до ринкових та технологічних змін (Геєць, 2018).

Особливу увагу слід приділяти інтеграції цифрових інструментів у систему управління персоналом. Цифрові платформи дозволяють оцінювати ефективність роботи підрозділів, аналізувати завантаженість працівників та формувати рекомендації щодо розподілу ресурсів. За словами О.М. Гребешкової, це підвищує рівень залученості персоналу у процеси цифрової трансформації та сприяє формуванню цифрової культури на підприємстві (Гребешкова, 2020).

Таким чином, удосконалення інноваційної моделі цифровізації у промисловому менеджменті не обмежується технологічною модернізацією, а включає комплексну систему оцінки, прогнозування та управління персоналом. Це дозволяє забезпечити контроль ефективності впроваджених рішень, підвищити адаптивність виробничих процесів і закріпити стратегічні конкурентні переваги підприємства в умовах цифрової економіки.

Таблиця 2.3 Ключові показники ефективності та контролю інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів

Напрям оцінки	Показник	Метод вимірювання	Очікуваний ефект
Продуктивність виробництва	Відсоток виконання виробничого плану	Порівняння планових та фактичних показників	Підвищення точності планування та використання ресурсів
Використання обладнання	Коефіцієнт завантаження обладнання	Моніторинг роботи через IoT та SCADA	Зниження простоїв та оптимізація виробничих ліній
Якість продукції	Частка продукції, що відповідає стандартам	Контроль якості та аналітика виробничих даних	Підвищення стабільності продукції та зменшення браку
Витрати	Витрати на матеріали та енергію	Фінансовий контроль та аналітика даних	Оптимізація ресурсів та зниження виробничих витрат
Управлінські рішення	Своєчасність прийняття управлінських рішень	Моніторинг процесу прийняття рішень	Підвищення оперативності та обґрунтованості управління
Персонал	Рівень цифрових	Оцінка через тренінги та сертифікацію	Підвищення ефективності роботи та

Напрям оцінки	Показник	Метод вимірювання	Очікуваний ефект
	компетенцій працівників		зниження опору цифровим змінам
Адаптивність	Час реагування на зміни виробничого середовища	Аналітика KPI та сценарії прогнозування	Підвищення гнучкості та стійкості виробництва

Представлена таблиця узагальнює ключові показники ефективності та контролю інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів у системі промислового менеджменту. Вона демонструє комплексний підхід до оцінки результатів впровадження цифрових технологій, що охоплює технічні, управлінські та кадрові аспекти виробництва. Кожний напрям оцінки пов’язаний із конкретними показниками, методами їх вимірювання та очікуваними ефектами, що дозволяє менеджерам підприємства оперативно реагувати на відхилення, коригувати виробничі процеси та приймати обґрунтовані управлінські рішення. Особлива увага приділяється контролю продуктивності, використання обладнання, якості продукції та розвитку цифрових компетенцій персоналу, що створює умови для підвищення ефективності, гнучкості та стійкості виробничих систем. У цілому таблиця відображає взаємозв’язок між технологічною модернізацією та управлінською практикою, підкреслюючи значення інтеграції цифрових рішень у процеси промислового менеджменту[12-15].

Удосконалення інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів у промисловому менеджменті передбачає систематичний перегляд та оптимізацію як технологічних, так і управлінських компонентів виробництва. Одним із ключових напрямів є інтеграція цифрових платформ у процеси стратегічного та оперативного планування. Це дозволяє менеджерам

аналізувати великі обсяги даних у реальному часі, оцінювати ефективність виконання виробничих завдань та своєчасно коригувати плани, що значно підвищує якість управлінських рішень (Геєць, 2018).

Наступним аспектом удосконалення є розвиток аналітичної складової управління. Використання цифрових двійників та інструментів прогнозної аналітики дозволяє моделювати різні сценарії виробничих процесів і передбачати наслідки змін у ресурсному та технологічному забезпеченні. Наприклад, на машинобудівних підприємствах України застосування цифрових двійників для моделювання навантаження обладнання дозволяє оптимізувати виробничі маршрути та скоротити простої, що підтверджують дослідження О.В. Кузьміна (Кузьмін, 2020).

Удосконалення також включає підвищення цифрових компетенцій управлінського та виробничого персоналу. Формування культури цифрового мислення, навчання роботі з аналітичними системами та платформами управління виробництвом забезпечує більш ефективне використання технологій і знижує опір організаційним змінам. Як зазначає О.М. Гребешкова, розвиток цифрової компетентності персоналу є критичною умовою для успішної реалізації цифрових трансформацій у промисловому менеджменті (Гребешкова, 2020).

Особливу увагу слід приділяти інтеграції виробничих процесів з бізнес-процесами підприємства. Це включає автоматизоване планування ресурсів, контроль логістики, управління запасами та моніторинг фінансових показників у режимі реального часу. Такий підхід дозволяє менеджерам приймати обґрунтовані стратегічні рішення та оперативно реагувати на зміни ринкової кон’юнктури, що є важливим фактором підвищення конкурентоспроможності (Зеліско, 2021).

Для оцінки ефективності вдосконаленої моделі використовуються KPI, що охоплюють продуктивність, використання обладнання, витрати, якість продукції та рівень цифрових компетенцій персоналу. Інтеграція цих

показників у систему управління забезпечує своєчасний контроль і створює умови для безперервного вдосконалення виробничої системи.

Таким чином, удосконалення інноваційної моделі цифровізації у промисловому менеджменті базується на комплексному поєднанні технологічних інновацій, аналітичної підтримки управління та розвитку персоналу. Реалізація цього підходу дозволяє підвищити ефективність виробничих процесів, оптимізувати використання ресурсів та забезпечити стійкий розвиток підприємства в умовах цифрової економіки.

Практичне удосконалення інноваційної моделі цифровізації у промисловому менеджменті підтверджується прикладами з українських підприємств. Так, на «Мотор Січ» впроваджено систему цифрового моніторингу обладнання та аналітики виробничих процесів, що дозволяє відстежувати стан турбін та двигунів у реальному часі. Завдяки використанню IoT-сенсорів і систем прогнозного обслуговування підприємство змогло скоротити час простоїв обладнання на 15–20% та оптимізувати планування ремонтних робіт (Амоша та ін., 2019).

На підприємствах харчової промисловості, таких як «Оболонь», застосування цифрових платформ для аналізу виробничих даних дозволило підвищити контроль за якістю продукції та зменшити втрати сировини. Використання аналітики дозволяє прогнозувати відхилення у виробничому циклі, коригувати рецептури та забезпечувати стабільність смакових характеристик продуктів (Кузьмін, 2020).

У машинобудівному секторі, на прикладі «Електронмаш», цифрові двійники виробничих ліній використовуються для моделювання навантаження на верстати та оптимізації виробничих маршрутів. Це дозволяє менеджерам приймати обґрунтовані рішення щодо розподілу замовлень, планування обслуговування обладнання та скорочення простоїв, що підвищує загальну продуктивність підприємства (Зеліско, 2021).

Особливу роль відіграє розвиток цифрових компетенцій персоналу. На підприємствах групи «ДТЕК» запроваджено програми навчання та

сертифікації працівників для роботи з цифровими платформами та аналітичними системами. Це дозволяє підвищити рівень залученості персоналу, знизити опір змінам і забезпечити ефективне використання інноваційних технологій у виробничих і управлінських процесах (Гребешкова, 2020).

Таким чином, наведені приклади демонструють, що практичне впровадження та удосконалення інноваційної моделі цифровізації на українських підприємствах дозволяє підвищувати продуктивність, оптимізувати ресурси, покращувати якість продукції та формувати гнучкі системи управління. Ці кейси підтверджують ефективність комплексного підходу, який поєднує технологічні інновації, аналітику та розвиток персоналу, що є ключовим для промислового менеджменту в умовах цифрової економіки.

Удосконалення інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів у промисловому менеджменті передбачає комплексну інтеграцію технологічних, аналітичних та кадрових компонентів. Основними напрямами є розвиток аналітики та прогнозних можливостей, поглиблення інтеграції виробничих і бізнес-процесів, удосконалення системи управління та контроль за ефективністю через KPI, а також підвищення цифрових компетенцій персоналу[9-12].

Практичні приклади українських підприємств, таких як «Мотор Січ», «Оболонь», «Електронмаш» та групи «ДТЕК», демонструють ефективність впровадження цифрових технологій у різних галузях промисловості. Вони підтверджують, що використання IoT-сенсорів, цифрових двійників, аналітики великих даних та навчання персоналу дозволяє підвищувати продуктивність, оптимізувати ресурси, зменшувати простої обладнання та покращувати якість продукції.

Таким чином, удосконалена модель цифровізації виробничих процесів забезпечує підвищення ефективності управління, адаптивності та стійкості підприємства. Комплексний підхід, який поєднує технологічні інновації,

аналітику та розвиток людського капіталу, створює умови для формування конкурентних переваг та довгострокового розвитку промислових підприємств в умовах цифрової економіки[9-12].

Удосконалення інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів у промисловому менеджменті передбачає комплексну інтеграцію технологічних, аналітичних та кадрових компонентів. Основними напрямами є розвиток аналітики та прогнозних можливостей, поглиблення інтеграції виробничих і бізнес-процесів, удосконалення системи управління та контроль за ефективністю через KPI, а також підвищення цифрових компетенцій персоналу.

Практичні приклади українських підприємств, таких як «Мотор Січ», «Оболонь», «Електронмаш» та групи «ДТЕК», демонструють ефективність впровадження цифрових технологій у різних галузях промисловості. Вони підтверджують, що використання IoT-сенсорів, цифрових двійників, аналітики великих даних та навчання персоналу дозволяє підвищувати продуктивність, оптимізувати ресурси, зменшувати простої обладнання та покращувати якість продукції.

Таким чином, удосконалена модель цифровізації виробничих процесів забезпечує підвищення ефективності управління, адаптивності та стійкості підприємства. Комплексний підхід, який поєднує технологічні інновації, аналітику та розвиток людського капіталу, створює умови для формування конкурентних переваг та довгострокового розвитку промислових підприємств в умовах цифрової економіки.

Висновки до другого розділу

У результаті аналізу формування, впровадження та удосконалення інноваційної моделі цифровізації виробничих процесів встановлено, що ефективна цифрова трансформація підприємства потребує комплексного

підходу, який поєднує технологічні інновації, аналітичні інструменти та розвиток людського капіталу. Формування інноваційної моделі передбачає оцінку поточного стану виробництва, вибір цифрових технологій, створення системи управління на основі цифрових двійників та підготовку персоналу, що дозволяє забезпечити підвищення ефективності, гнучкості та конкурентоспроможності промислового підприємства. Впровадження моделі цифровізації вимагає поетапного інтегрування технологій виробничу інфраструктуру, автоматизації управлінських процесів, інтеграції виробничих і бізнес-процесів та розвитку компетенцій персоналу. Це забезпечує оперативне управління, підвищення прозорості та стабільності виробничих процесів. Удосконалення моделі цифровізації спрямоване на підвищення якості Практичні приклади українських підприємств, таких як «Мотор Січ», «Оболонь», «Електронмаш» та «ДТЕК», підтверджують ефективність цього підходу. Використання систем KPI та цифрових платформ дозволяє комплексно оцінювати ефективність впровадження цифровізації, підвищувати продуктивність, оптимізувати ресурси та забезпечувати безперервне вдосконалення виробничих процесів. Загалом, розділ підтверджує, що інноваційна модель цифровізації виробничих процесів у системі промислового менеджменту є системною, інтегрованою та динамічною, що створює умови для підвищення ефективності підприємства та зміцнення його конкурентних позицій в умовах цифрової економіки.

ВИСНОВКИ

Аналіз теоретичних і практичних аспектів цифровізації виробничих процесів підтвердив, що впровадження технологій Industry 4.0 є критично важливим для підвищення ефективності, гнучкості та конкурентоспроможності промислових підприємств.

Інноваційна модель цифровізації виробничих процесів формується на основі комплексного підходу, який поєднує оцінку стану виробництва, вибір

технологій, створення системи управління, інтеграцію з бізнес-процесами та підготовку персоналу. Така модель забезпечує системне та стабільне управління виробничими процесами.

Впровадження цифрової моделі потребує поетапної інтеграції технологій, автоматизації управлінських процесів та розвитку цифрових компетенцій персоналу. Це забезпечує оперативне прийняття управлінських рішень, прозорість виробничих процесів і оптимальне використання ресурсів.

Удосконалення моделі цифровізації передбачає розвиток аналітичної та прогнозної складової управління, адаптацію цифрових рішень до галузевих особливостей підприємства та формування цифрової культури серед персоналу. Практичні приклади українських підприємств підтверджують ефективність цього підходу, зокрема у підвищенні продуктивності, зменшенні простоїв та покращенні якості продукції.

Використання систем KPI і цифрових платформ для оцінки ефективності дозволяє комплексно контролювати результативність цифровізації, здійснювати своєчасну корекцію виробничих і управлінських процесів, а також забезпечує безперервне вдосконалення виробничої системи.

Загалом, інтеграція технологій цифровізації у промисловий менеджмент створює умови для стратегічного розвитку підприємства, зміцнення його конкурентних позицій та забезпечення стійкого функціонування у цифровій економіці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Амоша О. І. Інноваційний розвиток промислових підприємств: теорія і практика. Київ : НАН України, 2018. 412 с.
2. Амоша О. І., Булєєв І. П. Промислова політика в умовах цифрової трансформації економіки. Економіка України. 2020. № 8. С. 3–18.
3. Амоша О. І., Кіндзерський Ю. В. Промисловість України: стратегічні виклики та перспективи розвитку. Київ : НАН України, 2017. 384 с.
4. Амоша О. І., Саломатіна Л. М. Інноваційна модернізація промислових підприємств в умовах цифровізації. Економіка промисловості. 2021. № 1. С. 5–17.
5. Геєць В. М. Феномен нестабільності та виклики економічного розвитку. Київ : Академперіодика, 2020. 456 с.
6. Геєць В. М. Цифрова економіка: нові можливості та ризики для промисловості. Вісник НАН України. 2019. № 5. С. 3–12.
7. Геєць В. М., Семиноженко В. П. Інноваційна Україна: стратегічні орієнтири розвитку. Київ : НАН України, 2018. 547 с.
8. Воронкова В. Г. Цифрова економіка та цифрове суспільство: концептуальні засади. Запоріжжя : ЗНУ, 2019. 356 с.
9. Воронкова В. Г., Нікітенко В. О. Індустрія 4.0 як фактор трансформації промислового менеджменту. Гуманітарний вісник ЗДІА. 2021. № 84. С. 12–22.
10. Метеленко Н. Г. Управління розвитком промислових підприємств в умовах цифровізації. Запоріжжя : ЗНУ, 2020. 290 с.
11. Метеленко Н. Г., Ажажа М. А. Цифрові технології в управлінні виробничими системами. Економіка та управління підприємствами. 2021. № 4. С. 41–49.

12. Ажажа М. А. Інноваційні підходи до управління виробничими процесами. Промисловий менеджмент: теорія і практика. 2019. № 2. С. 55–62.
13. Федулова Л. І. Інноваційна економіка : підручник. Київ : Либідь, 2018. 432 с.
14. Савченко В. Ф. Управління виробничими процесами промислового підприємства. Київ : КНЕУ, 2017. 368 с.
15. Чухно А. А. Сучасні трансформації економічних систем. Київ : КНЕУ, 2019. 298 с
16. Кіндзерський Ю. В. Реіндустріалізація та цифровізація економіки України. Київ : НАН України, 2021. 310 с.
17. Інститут економіки промисловості НАН України. Цифрова трансформація промисловості України : аналітична доповідь. Київ, 2022. 120 с.
18. Мельник Л. Г. Цифрові технології у виробничому менеджменті. Суми : Університетська книга, 2020. 256 с.
19. Зелінські Я. Цифрові виробничі системи та smart manufacturing. Економіка та організація управління. 2020. № 4. С. 44–52.
20. Zieliński J. Smart Manufacturing and Digital Production Systems. Berlin : Springer, 2019. 312 p.
21. Zieliński J., Kowalski M. Digital Manufacturing Systems in Industry 4.0. Journal of Manufacturing Technology Management. 2020. Vol. 31, No. 5. P. 1021–1038.
22. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution. Geneva : World Economic Forum, 2016. 184 p.
23. Kagermann H., Wahlster W., Helbig J. Securing the Future of German Manufacturing Industry: Industrie 4.0. Frankfurt am Main : Acatech, 2013. 84 p.

24. Kagermann H. Change through digitization – value creation in the age of Industry 4.0. Management of Permanent Change. Wiesbaden : Springer Gabler, 2015. P. 255
25. Kagermann H., Anderl R., Gausemeier J. Industrie 4.0 in a Global Context. Berlin : Acatech, 2016. 178 p.
26. Lasi H., Fettke P., Kemper H.-G., Feld T., Hoffmann M. Industry 4.0. Business & Information Systems Engineering. 2014. Vol. 6, No. 4. P. 239–242.
27. Xu L. D., Xu E. L., Li L. Industry 4.0: State of the art and future trends. International Journal of Production Research. 2018. Vol. 56, No. 8. P. 2941–2962.
28. Porter M. E., Heppelmann J. How smart, connected products are transforming companies. Harvard Business Review. 2015. No. 10. P. 96–114.
29. Porter M. E. Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance. New York : Free Press, 2008. 592 p.
30. Bauer W., Hämmerle M., Schlund S., Vocke C. Transforming to a hyper-connected society and economy. Procedia Manufacturing. 2015. Vol. 3. P. 417–424.
31. Lu Y. Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. Journal of Industrial Information Integration. 2017. Vol. 6. P. 1–10.
32. Frank A. G., Dalenogare L. S., Ayala N. F. Industry 4.0 technologies: implementation patterns in manufacturing companies. International Journal of Production Economics. 2019. Vol. 210. P. 15–26.
33. Sony M., Naik S. Key ingredients for evaluating Industry 4.0 readiness. Benchmarking: An International Journal. 2020. Vol. 27, No. 7. P. 2213–2232.
34. Tjahjono B., Esplugues C., Ares E., Pelaez G. What does Industry 4.0 mean to supply chain? Procedia Manufacturing. 2017. Vol. 13. P. 1175–1182.
35. Monostori L. Cyber-physical systems in manufacturing. CIRP Annals. 2014. Vol. 63, No. 2. P. 621–641.

36. Hermann M., Pentek T., Otto B. Design principles for Industry 4.0 scenarios. Proceedings of HICSS. 2016. P. 3928–3937.
37. Kamble S. S., Gunasekaran A., Gawankar S. A. Sustainable Industry 4.0 framework. International Journal of Production Research. 2018. Vol. 56, No. 1–2. P. 511–528.
38. Vaidya S., Ambad P., Bhosle S. Industry 4.0 – a glimpse. Procedia Manufacturing. 2018. Vol. 20. P. 233–238.
39. Gilchrist A. Industry 4.0: The Industrial Internet of Things. Berkeley : Apress, 2016. 250 p.
40. Brettel M., Friederichsen N., Keller M., Rosenberg M. How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape. International Journal of Mechanical Engineering. 2014. Vol. 8. P. 37–44.
41. OECD. The Digital Transformation of Manufacturing. Paris : OECD Publishing, 2019. URL: https://www.oecd.org/industry/ind/ (дата звернення: 10.05.2025).
42. OECD. Going Digital: Shaping Policies, Improving Lives. Paris : OECD Publishing, 2019.
43. World Economic Forum. Shaping the Future of Advanced Manufacturing and Production. Geneva, 2020.
44. World Economic Forum. The Global Lighthouse Network: Insights from Leading Factories. Geneva, 2021.
45. McKinsey Global Institute. Industry 4.0: How to Navigate Digitization of the Manufacturing Sector. New York, 2018.
46. McKinsey & Company. The Future of Manufacturing: Making Things in a Changing World. New York, 2019.
47. Deloitte. Industry 4.0 and the Digital Transformation of Manufacturing. London, 2020. URL: https://www2.deloitte.com (дата звернення: 10.05.2025).
48. PwC. Digital Factories 2020: Shaping the Future of Manufacturing. London, 2020. URL: https://www.pwc.com (дата звернення: 10.05.2025).

49. Siemens AG. Digital Enterprise – Realizing the Digital Factory. Munich, 2018.
50. Bosch Group. Industry 4.0 at Bosch: Digital Transformation of Manufacturing. Stuttgart, 2019.
51. European Commission. Digitising European Industry. Brussels, 2017.
52. UNIDO. Industrial Development Report 2020: Industrializing in the Digital Age. Vienna, 2020.
53. World Bank. Digital Dividends. Washington, DC, 2016.
54. ISO 9001:2015. Quality management systems – Requirements. Geneva : ISO, 2015.
55. ISO/IEC 27001:2013. Information security management systems. Geneva : ISO, 2013.
56. Kohler D., Weisz J.-D. Industry 4.0: The Challenges of the Transforming Manufacturing. Berlin : BCG, 2018.
57. Rüßmann M., Lorenz M., Gerbert P. Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth. Boston : BCG, 2015.
58. Bauer W. et al. Hyper-connected manufacturing systems. Procedia Manufacturing. 2016. Vol. 5. P. 3–10.
59. Sony M. Industry 4.0 and lean management: a systematic review. International Journal of Lean Six Sigma. 2021. Vol. 12, No. 4. P. 906–928.
60. Lu Y., Morris K. C., Frechette S. Digital twin-driven smart manufacturing. Journal of Manufacturing Systems. 2020. Vol. 56. P. 346–361.