

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних наук  
(повна назва кафедри)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Дослідження світового досвіду впровадження нових мережних технологій в контексті Індустрії 5.0**

Виконав(ла): \_\_\_\_\_ курсу груп  
студент(ка) 6, и СНМ-61  
спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»

(шифр і назва спеціальності)

\_\_\_\_\_ **Жураковський С.А.**  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник \_\_\_\_\_ **Марценко С.В.**  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль \_\_\_\_\_ **Дуда О.М.**  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ **Боднарчук І.О.**  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_ **Жаровський Р.О.**  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2023

Міністерство освіти і науки України  
**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя**

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних наук

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Боднарчук І.О.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

« » 20\_\_ р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня \_\_\_\_\_

**МАГІСТР**

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки»

(шифр і назва спеціальності)

студенту \_\_\_\_\_

**Жураковському Станіславу Андрійовичу**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження світового досвіду впровадження нових мережевих технологій в контексті Індустрії 5.0

Керівник роботи **Марценко Сергій Володимирович, к.т.н., доц.**

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 24 » листопада 2023 року № 4/7 1099 .

2. Термін подання студентом завершеної роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи технічне завдання на дослідження світового досвіду впровадження нових мережевих технологій в контексті Індустрії 5.0

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1 Аналіз предметної області; 2 Дослідження світового досвіду впровадження нових мережевих технологій в контексті Індустрії 5.0; 3 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях; Висновки

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

Мета, об'єкт предмет дослідження; Завдання дослідження; Порівняння Індустрії 4.0 та 5.0; Етапи еволюції Індустрій 1.0-5.0; Перехід від Індустрії 4.0 до 5.0; Передові технології Індустрії 5.0; Потенціал, перспективи та розвиток Індустрії 5.0; Мережеві технології Індустрії 5.0; Ключові технології Індустрії 5.0 та їх характеристики; Застосування технологій Індустрії 5.0; Концепція переходу від 5G до 6G; Огляд стратегій частотного спектру 6G; Висновки

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Семчишин В.С., доц. каф. МТ		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Клепчик В.М., ст.викл.		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## 1.1 КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Ознайомлення з завданням до кваліфікаційної роботи	25.11.23	<i>Виконано</i>
2.	Підбір наукових джерел щодо дослідження світового досвіду впровадження нових мережевих технологій в контексті Індустрії 5.0	26.11.23-28.11.23	<i>Виконано</i>
3.	Переклад та опрацювання наукових джерел щодо теми роботи	29.11.23-1.12.23	<i>Виконано</i>
4.	Виконання дослідження світового досвіду впровадження нових мережевих технологій в контексті Індустрії 5.0	2.12.23-4.12.23	<i>Виконано</i>
5.	Оформлення розділу «Аналіз предметної області»	5.12.2023-7.12.2023	<i>Виконано</i>
6.	Оформлення розділу «Дослідження світового досвіду впровадження нових мережевих технологій в контексті Індустрії 5.0»	8.12.2023-13.12.2023	<i>Виконано</i>
7.	Виконання завдання до підрозділу «Охорона праці»	14.12.2023-15.12.2023	<i>Виконано</i>
8.	Виконання завдання до підрозділу «Безпека в надзвичайних ситуаціях»	16.12.2023-17.12.2023	<i>Виконано</i>
9.	Оформлення кваліфікаційної роботи	18.12.2023-19.12.2023	<i>Виконано</i>
10.	Нормоконтроль	19.12.2023-20.12.2023	<i>Виконано</i>
11.	Перевірка на плагіат	21.12.2023	<i>Виконано</i>
12.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	22.12.2023	<i>Виконано</i>
	Захист кваліфікаційної роботи	26.12.2023	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Жураковський С.А.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Марценко С.В.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Дослідження світового досвіду впровадження нових мережевих технологій в контексті Індустрії 5.0 // Жураковський Станіслав Андрійович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група СНм-61 // Тернопіль, 2023 // С. 76 , рис. – 16 , табл. – 1 , кресл. – , додат. – 4 , бібліогр. – 63 .

Ключові слова: МЕРЕЖІ, ІОТ-ТЕХНОЛОГІЇ, ІНДУСТРІЯ 5.0, ВЕЛИКІ ДАНІ, ХМАРНІ ТЕХНОЛОГІЇ.

У роботі здійснено дослідження світового досвіду впровадження нових мережевих технологій в контексті Індустрії 5.0, що дало змогу визначити перспективи та проблеми впровадження даних технологій.

У першому розділі кваліфікаційної роботи здійснено порівняльний аналіз Індустрії 4.0 до Індустрії 5.0, що дало змогу підкреслити позитивність концепції наступного покоління у порівнянні з існуючою..

Другий розділ кваліфікаційної роботи присвячений дослідженню технологій Індустрії 5.0 та передових країн, що їх впровадили чи планують до впровадження. Виявлено, що до основних технологій, що потребують мережевих функцій відносяться граничні обчислення, цифрові двійники, ІоЕ, аналіз великих даних, коботи, 6G та блокчейн. Використання 6G і наступних поколінь у революції І5.0 дає змогу забезпечити кращі показники.

Метою дослідження є аналіз світового досвіду нових мережевих технологій в контексті Індустрії 5.0. Об'єкт дослідження – процес отримання, передавання та захисту даних в мережах. Предмет дослідження – теорія проектування телекомунікаційних мереж, теорія передавання даних, теорія захисту інформації.

## ANNOTATION

Investigation of world experience of introducing new network technologies in the context of Industry 5.0 // Diploma thesis Master degree // Zhurakovskiy Stanislav A. // Ternopil' Ivan Pul'uj National Technical University, Faculty of Computer Information System and Software Engineering, Department of Computer Science // Ternopil', 2023 // P. 76 , Tables – 1 , Fig. – 16 , Diagrams – , Annexes. – 4 , References – 63 .

The paper studies the global experience of introducing new network technologies in the context of Industry 5.0, which made it possible to identify the prospects and problems of implementing these technologies.

In the first chapter of the qualification work, a comparative analysis of Industry 4.0 to Industry 5.0 was carried out, which made it possible to emphasize the positivity of the next generation concept in comparison with the existing one.

The second section of the qualification work is devoted to the study of Industry 5.0 technologies and advanced countries that have implemented or plan to implement them. It was found that the main technologies that require network functions include edge computing, digital twins, IoE, big data analysis, cobots, 6G, and blockchain. The use of 6G and subsequent generations in the I5.0 revolution allows for better performance.

The purpose of the study is to analyze the global experience of new network technologies in the context of Industry 5.0. The object of research is the process of receiving, transmitting and protecting data in networks. The subject of the study is the theory of telecommunication network design, data transmission theory, and information security theory.

**Key words:** NETWORKS, IOT TECHNOLOGIES, INDUSTRY 5.0, BIG DATA, CLOUD TECHNOLOGIES

## ЗМІСТ

## ЗМІСТ

Вступ.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1 Аналіз предметної області.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.1 Порівняльні аспекти Індустрії 4.0 до Індустрії 5.0	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.2 Аналіз концепції Індустрії 5.0 .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.3 Перспективи та обмеження застосування Індустрії 5.0	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.4 Висновки до першого розділу.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2 Дослідження світового досвіду впровадження нових мережевих технологій в контексті індустрії 5.0	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.1 Дослідження технологій Індустрії 5.0 та передових країн, що їх впровадили.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.2 Дослідження нових технологій, що потребують мережевих функцій в контексті І5.0 .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.3 Дослідження світового досвіду галузей впровадження мережевих технологій в контексті І5.0 .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.4 Дослідження застосування технології 6G в контексті І5.0	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.5 Висновки до другого розділу .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.1 Охорона праці.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.1.1 Безпечні умови праці при монтажі комп'ютерної мережі...	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
<b>Закладка не определена.</b>	
3.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях...	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.2.1 Ультразвук та інфразвук, його вплив на організм людини .	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
<b>Закладка не определена.</b>	
3.3 Висновки до третього розділу .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Висновки .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

Список літературних джерел ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

Додатки

## ВСТУП

Індустрія 5.0 – це концепція, яка поєднує в собі промисловий сектор із передовими технологіями, особливо з фокусом на співпрацю між людьми та роботами. Україна, як і багато інших країн, прагне впровадити ці концепції для розвитку своєї промисловості.

Україна може сприяти виникненню нових технологій, таких як штучний інтелект, Інтернет речей (IoT), розумна виробнича лінія тощо, що змінюють парадигму виробництва. Важливо створити виробництва, які можуть швидко переключатися на виробництво різних продуктів з використанням новітніх технологій. Необхідно готувати робочу силу, яка має навички для співпраці з автоматизованими системами та роботами. Приваблення інвестицій для впровадження новітніх технологій у виробництво є важливим кроком для досягнення успіху в Індустрії 5.0. Розвиток партнерств між урядом, приватним сектором та академічними установами для сприяння інноваціям та обміну знаннями.

Індустрія 5.0 може стати важливим кроком для модернізації виробництва в Україні, але це потребує комплексного підходу, сприяння уряду, інвестицій та готовності до змін у суспільстві.

Актуальність теми. Дослідження світового досвіду впровадження нових мережевих технологій в контексті Індустрії 5.0 є важливим науково-технічним завданням, оскільки розглядає основні перспективи, проблеми та аспекти впровадження передових технологій на основі напрацювань сусідів.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є аналіз світового досвіду нових мережевих технологій в контексті Індустрії 5.0, що уможливить створення та впровадження новітніх рішень в контексті останніх трендів. Досягнення поставленої мети передбачає виконання наступних завдань: порівняти аспекти Індустрії 4.0 до Індустрії 5.0, проаналізувати концепцію Індустрії 5.0, дослідити перспективи та обмеження застосування



Індустрії 5.0, дослідити світовий досвід впровадження нових мережевих технологій в контексті Індустрії 5.0.

Об'єкт дослідження – процес отримання, передавання та захисту даних в мережах.

Предмет дослідження – теорія проектування телекомунікаційних мереж, теорія передавання даних, теорія захисту інформації.

Практичне значення одержаних результатів. Здійснено порівняльний аналіз Індустрії 4.0 до Індустрії 5.0, що дало змогу підкреслити позитивність концепції наступного покоління у порівнянні з існуючою. Відзначено людиноцентристкість даного підходу, що повинно покращити ефективність виробничих процесів та задоволеність працівників. В аналізі концепції І5.0 подано переходи, що передували виникненню даної парадигми і висвітлено в яких аспектах та за допомогою яких технологій відбудеться перехід. Проведено аналіз перспектив та обмежень застосування нової концепції І5.0.

Наукова новизна розробки: досліджено технології Індустрії 5.0 та передові країни, що їх впровадили чи планують до впровадження. Це дало змогу визначити ключові аспекти розвитку мережевих технологій в контексті І5.0, які будуть потребувати вдосконалення чи майбутніх досліджень. Виявлено, що до основних технологій, що потребують мережевих функцій відносяться граничні обчислення, цифрові двійники, ІоЕ, аналіз великих даних, коботи, 6G та блокчейн. Дослідження показали, що при впровадженні концепції І5.0 існуючих потужностей технології 5G може бути недостатньо. Використання 6G і наступних поколінь у революції І5.0 дає змогу забезпечити кращу затримку, підтримувати високоякісні послуги, а також розгалужену інфраструктуру Інтернету речей та інтегровані можливості штучного інтелекту. У додатках І5.0 мережі 6G допомагають підвищити продуктивність додатків економно та ефективно, забезпечуючи розумне управління спектром, мобільний зв'язок на основі ШІ та розумну мобільність. Проведено дослідження основних галузей застосування І5.0 та мережевих

технологій для їх функціонування. Туди входять такі як розумна медицина, хмарне виробництво товарів, управління ланцюгами поставок, розумне навчання, управління катастрофами. Досліджено аспекти впровадження технології 6G, як рушійної сили концепції I5.0. Проведено аналіз спектрів застосування цієї технології та технологічних аспектів її розробки та застосування.

# 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

## 1.1 Порівняльні аспекти Індустрії 4.0 до Індустрії 5.0

Індустрія 4.0 і 5.0 представляють різні етапи розвитку промисловості, причому кожен з них характеризується важливими технологічними змінами.

Індустрія 4.0 (I4.0) – це концепція, що описує фазу, коли виробництво використовує інтернет речей (IoT), штучний інтелект (AI), аналіз даних, розширену реальність та інші передові технології для автоматизації і оптимального покращення виробничих процесів. Це розвиток звичайних систем в автоматизовані, здатні адаптуватися до змін і виконувати завдання без значного втручання людини.

Щодо Індустрії 5.0 (I5.0) – це концепція, яка визнає важливість людського фактору в автоматизованих виробничих системах. Вона прагне до співіснування між людськими та машинними взаємодіями, підкреслюючи значення співпраці, творчості та інтуїції людей в контексті розвитку та управління технологічною автоматизацією.

Основні різниці між цими концепціями полягають у взаємодії між людьми та технологіями. Якщо I4.0 сфокусована на автоматизації та оптимізації завдяки передовим технологіям, то I5.0 намагається врахувати гуманістичний аспект та взаємодію між людськими та машинними відносинами для досягнення спільних цілей [1-8].

Хоча I4.0 відкрила двері до автоматизації та інтеграції технологій, I5.0 визнає, що людський фактор залишається ключовим для успішної трансформації виробництва.

Основні відмінності між I4.0 та I5.0 включають: фокус на співпраці людей та технологій: I4.0 зосереджена на автоматизації та використанні технологій для оптимального покращення виробничих процесів. I4.0 прагне до співробітництва між людьми та машинами для досягнення спільних цілей;

гармонійне співіснування: І5.0 відділяється від парадигми простої автоматизації, звертаючи увагу на взаємодію людей та роботів у гармонійному співіснуванні, де кожен з них виконує завдання, що відповідає його сильним сторонам; емоційний інтелект та креативність: І5.0 ставить акцент на емоційний інтелект, креативність та здатність до інновацій у людей, співпраця з технологіями спрямована на посилення цих якостей; перепрограмування ролей: Замість того, щоб просто замінити робочу силу, І5.0 націлена на перепрограмування ролей, щоб кожна сторона могла використовувати свої сильні сторони для досягнення спільних цілей; етичні аспекти: Розвиток І5.0 також ставить перед собою завдання вирішення етичних питань, пов'язаних зі взаємодією між людьми та технологіями.

Порівняння ключових аспектів двох індустрій подано в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняння Індустрії 4.0 до 5.0

<b>Властивості</b>	<b>Індустрія 4.0</b>	<b>Індустрія 5.0</b>
Фокус роботи	Автоматизація та технології для підвищення ефективності виробництва	Створення стійких, екологічно чистих виробничих процесів
Вплив	Використання даних та аналітики для оптимізації процесів	Важливість людської взаємодії та співпраці
Компетенції	Використання технологій ML, AI та IoT при автоматизації завдань і рішень	Поєднання передових технологій з людськими навичками та креативністю
Використовує	Роботизовані комплекси та автономні машини для рутинних завдань, що повторюються або неезпечні чи надточні	Розвиток нових навичок та компетенцій для працівників, що надають послуги

Продовження таблиці 1.1

Фабрики	Розумні заводи для самооптимізації виробничих процесів	Інтегрована, гнучка виробнича система для адаптації до вимог замовника та ринкових тенденцій
Технології	Цифрових двійників та інструментів для створення моделей при оптимізації процесів виробництва	Створення нових матеріалів і продуктів за допомогою передових технологій, таких як нанотехнології та біотехнології
Ефективність	Планове та прогнозоване обслуговування, віддалений моніторинг та обробка і аналіз даних у реальному часі для покращення ефективності та зменшення витрат	Застосування пріоритетності сталого розвитку, етичних виробничих практик з метою мінімізації відходів і зменшення впливу на навколишнє середовище

При переході від I4.0 до I5.0 очікуються численні технологічні досягнення. Компанії, ймовірно, все більше покладатимуться на системи, що самонавчаються, щоб зробити процеси ще більш ефективними та автоматизованими. Співпраця між людьми і машинами також посилиться завдяки вдосконаленим роботизованим системам і штучному інтелекту. Наприклад, роботи можуть брати на себе фізично складні або небезпечні завдання, тоді як люди використовуватимуться як експерти для прийняття складних рішень і завдань моніторингу. Крім того, ймовірно, зросте використання доповненої реальності, щоб зробити промислове обслуговування або робочі інструкції більш інтерактивними та інтуїтивно зрозумілими. Всі ці досягнення допоможуть компаніям швидше реагувати на мінливі ринкові умови і швидше розробляти інноваційні продукти.

Важливо підкреслити, що впровадження I5.0 не означає, що I4.0 буде повністю замінена. Скоріше, I5.0 розширить сильні сторони I4.0 і допоможе зробити компанії ще більш гнучкими та орієнтованими на майбутнє. Інша мета полягає в подальшому вдосконаленні мережевої взаємодії та співпраці по всьому ланцюжку створення вартості, створюючи тісніший зв'язок між клієнтами, постачальниками та партнерами. Важливим аспектом є також безпека даних, яка повинна бути ще більш надійно гарантована в новому технологічному ландшафті. Загалом, I5.0 пропонує компаніям у всіх галузях величезні можливості, щоб залишатися успішними у світі, який стає все більш оцифрованим, і виходити на нові ринки.

Автоматизація є важливою темою в I4.0, а також відіграватиме центральну роль у майбутній I5.0. Завдяки підключеним системам і робототехніці багато ручних завдань автоматизуються, заощаджуючи час і витрати, а також підвищуючи якість. Однак мова йде не лише про безпосереднє виробництво, а й про весь виробничий процес, який можна оптимізувати за допомогою автоматизації. Наприклад, можна автоматично контролювати рівень запасів або запобігати збоєм у виробничому процесі за допомогою превентивного технічного обслуговування.

Значення штучного інтелекту (ШІ) в I5.0 продовжуватиме зростати. Йдеться не лише про доповнення людської праці, а й про вдосконалення процесів прийняття рішень у компаніях. Наприклад, алгоритми, що самонавчаються, можна використовувати для оптимізації виробничих процесів або підвищення якості продукції. ШІ також може принести велику користь у предиктивному обслуговуванні, яке передбачає проактивне обслуговування машин та обладнання. Аналізуючи дані та використовуючи методи машинного навчання, можна на ранніх стадіях виявити збої в роботі машин і вжити відповідних контрзаходів. Можна припустити, що в майбутньому ШІ відіграватиме дедалі важливішу роль у промисловості, і компаніям варто ознайомитися з можливостями його застосування.

Поступова оцифровка та мережева інтеграція виробництва дозволяє компаніям адаптуватися до викликів мінливого ринку та підготуватися до майбутньої І5.0. Автоматизація відіграє центральну роль, оскільки ручна праця може бути більш ефективною за допомогою роботів і мережевих систем. Не тільки в безпосередньому виробництві, а й у всьому виробничому процесі можна досягти оптимізації за допомогою автоматизації. Використання штучного інтелекту (ШІ) також набуватиме все більшого значення в І5.0, оскільки він не тільки покращує комунікацію між людиною і машиною, а й робить процеси прийняття рішень в компаніях більш ефективними. Нарешті, датчики та інтелектуальні виробничі технології відіграють важливу роль у створенні мереж по всьому ланцюжку створення вартості, полегшуючи таким чином співпрацю між клієнтами та постачальниками і сприяючи ефективній та цілеспрямованій роботі. Компанії, які вже готуються до цих змін та інвестують, можуть отримати вирішальну конкурентну перевагу.

Майбутня І5.0 пропонує компаніям з усіх галузей величезні можливості, щоб залишатися успішними у світі, який дедалі більше оцифровується, і виходити на нові ринки. Автоматизація відіграватиме важливу роль, оскільки ручна праця може бути все більше автоматизована за допомогою робототехніки та мережевих систем. Це не лише економить час і витрати, але й покращує якість продукції. Весь виробничий процес також може бути оптимізований за допомогою засобів автоматизації, таких як автоматичне управління запасами або запобігання збоям у виробничому процесі за допомогою превентивного технічного обслуговування. Ще однією важливою складовою майбутнього виробництва є використання штучного інтелекту (ШІ). За допомогою алгоритмів самонавчання можна оптимізувати виробничі процеси та підвищити якість продукції. Аналіз даних і використання методів машинного навчання дозволяє на ранніх стадіях виявляти збої в роботі обладнання та ініціювати відповідні контрзаходи.

Разом з передовими датчиками, мережевими технологіями та інтелектуальними технологіями виробництва по всьому ланцюжку створення вартості компанії можуть отримати вирішальну конкурентну перевагу, підготувавшись до цих розробок та інвестувавши в них.

Автоматизація в контексті I5.0 відкриє величезні можливості для компаній у всіх секторах, щоб залишатися успішними у світі, який стає все більш оцифрованим, і отримати конкурентні переваги. Центральним аспектом цього є підвищення ефективності та продуктивності. З появою роботів і мережових систем ручна праця може бути все більше автоматизована, що не тільки економить час і витрати, але й сприяє підвищенню якості продукції. Крім того, сучасні датчики та інтелектуальні виробничі технології дозволяють оптимізувати весь ланцюжок створення вартості. Наприклад, дані можна централізовано збирати та аналізувати, щоб виявити потенційні проблеми на ранній стадії та ініціювати відповідні контрзаходи. У поєднанні зі штучним інтелектом і методами машинного навчання компанії I5.0 можуть таким чином ще більше автоматизувати й оптимізувати бізнес-процеси для досягнення конкурентної переваги.

Майбутня I5.0 пропонує компаніям величезні можливості для підвищення ефективності та продуктивності завдяки автоматизації та використанню взаємопов'язаних систем. Датчики та інтелектуальні виробничі технології по всьому ланцюжку створення вартості дозволяють централізовано збирати і використовувати інформацію, полегшуючи співпрацю між клієнтами і постачальниками та уникаючи перебоїв у виробничому процесі. Штучний інтелект і методи машинного навчання допомагають компаніям оптимізувати весь виробничий процес шляхом збору та аналізу даних для раннього виявлення збоїв у роботі обладнання та вжиття відповідних контрзаходів. Ще однією важливою перевагою I5.0 є підвищення якості продукції та послуг. Завдяки робототехніці та взаємопов'язаним системам ручна праця все більше автоматизується, що сприяє підвищенню



якості продукції. Компанії, які вже зараз готуються та інвестують у ці розробки, можуть не лише отримати вирішальну конкурентну перевагу, але й створити основу для виробництва, орієнтованого на майбутнє.

Автоматизація та оцифрування виробничих систем в контексті I5.0 відкривають перед компаніями величезні можливості залишатися конкурентоспроможними та орієнтуватися на майбутнє. Однією з найважливіших переваг є підвищення ефективності та продуктивності. Завдяки інтелектуальним взаємопов'язаним системам і використанню роботів можна автоматизувати ручні завдання, заощаджуючи час і витрати. У поєднанні з сучасними датчиками та методами аналізу компанії можуть централізовано збирати та оцінювати дані, щоб на ранніх стадіях виявляти потенційні проблеми та ініціювати контрзаходи. Крім того, I5.0 значно сприяє підвищенню якості продукції. Завдяки використанню робототехніки та передових виробничих технологій можна мінімізувати кількість відкликів продукції, що позитивно впливає на задоволеність клієнтів. Компанії, які вже зараз готуються та інвестують у ці розробки, гарантують собі вирішальну конкурентну перевагу та прокладають шлях до сучасного виробництва, орієнтованого на майбутнє.

I5.0 пропонує компаніям величезні можливості для автоматизації процесів, економії витрат і підвищення якості продукції. Використовуючи сучасні датчики та взаємопов'язані системи, виробничі процеси можна повністю оптимізувати для досягнення більшої ефективності та продуктивності. Поєднання методів штучного інтелекту та машинного навчання допомагає виявити проблеми на ранніх стадіях та вжити контрзаходів.

Особлива перевага полягає в поліпшенні управління робочою силою. Замінюючи ручні процеси автоматизацією, компанії можуть підвищити продуктивність без необхідності наймати більше персоналу. Це створює більш привабливе робоче місце і призводить до підвищення залученості

працівників. Крім того, датчики можуть допомогти поліпшити умови праці в режимі реального часу і уникнути критичних ситуацій.

Таким чином, І5.0 приносить користь не лише компаніям, а й працівникам. Орієнтоване на майбутнє виробництво, яке покладається на цифрові технології, створює більшу стійкість і стабільність у робочому середовищі. Компанії, які вже готуються до цих змін та інвестують у них, закладають фундамент для довгострокового успіху та конкурентної переваги.

## **1.2 Аналіз концепції Індустрії 5.0**

Значний зсув відбувся під час першої промислової революції (Індустрія 1.0) у вісімнадцятому столітті, коли товари вироблялися за допомогою засобів і процесів, винайдених і дозволених для виробництва машинами. Вона розпочалася в Англії в 1760 році і досягла Сполучених Штатів до кінця вісімнадцятого століття. Індустрія 1.0 ознаменувала перехід від ремісничої економіки до домінування машин і вплинула на такі галузі, як гірничодобувна, текстильна, сільськогосподарська, скляна та інші. Наступний перехід до обробної промисловості у 1871-1914 роках називають Індустрією 2.0, що дозволило пришвидшити переміщення людей та інноваційних ідей. Ця революція є періодом економічного зростання, підвищення продуктивності бізнесу, що спричинило сплеск безробіття, оскільки машини замінили фабричних робітників.

Індустрію 3.0 називають цифровою революцією, що розпочалася в 70-х роках ХХ століття завдяки автоматизації систем управління з програмованою пам'яттю та комп'ютерів. Центральним моментом цього етапу є масове виробництво і використання цифрової логіки, інтегральних мікросхем; похідні технології включають комп'ютери, цифрові стільникові телефони та інтернет. Інновації технології трансформують традиційні продукти, а також бізнес-процедури. Цифрова революція переводить

технології в цифровий формат. І4.0 – це об'єднання фізичних активів і передових технологій, таких як штучний інтелект, Інтернет речей, роботи, 3D-друк, хмарні обчислення тощо. Організації, які прийняли 4.0, є гнучкими та готовими до прийняття рішень на основі даних. І5.0 – це майбутня технологія попереднього покоління, призначена для ефективних та інтелектуальних машин. На рисунку 1.1 показано революцію в промисловості від Індустрії 1.0 до Індустрії 5.0.

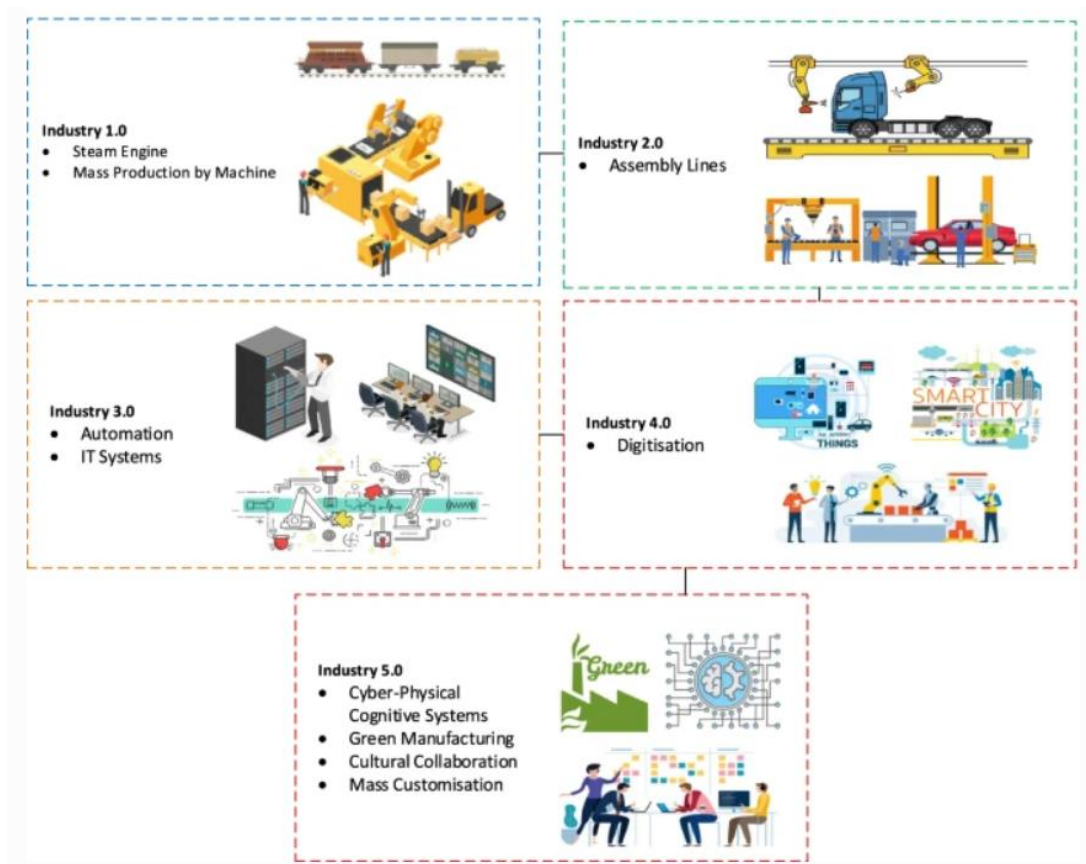


Рисунок 1.1 – Еволюція Індустрій від 1.0 до 5.0

Пошуки нового завжди були рушійною силою глобального розвитку, будь то в соціальному, економічному чи промисловому секторах. Промисловий сектор завжди знаходиться в авангарді таких розробок завдяки доступу до передових технологій та наявності великих інвестицій для впровадження та експериментів з новими ідеями.

Найновіша концепція І4.0 полягає в інтеграції інформаційних та операційних технологій з підключенням до мережі майже в реальному часі

на заводі, щоб забезпечити керівників, які приймають рішення, дієвими аналітичними даними. Однак, І4.0 значною мірою покладається на автоматизацію і залякує працівників заводських цехів. Frost & Sullivan бачить футуристичний сценарій наступної великої події – Індустрії 5.0, яка поверне на виробничі цехи людей, наділених повноваженнями.

Ілюстративно перехід від Індустрії 4.0 до 5.0 можна показати як на рисунку 1.2.

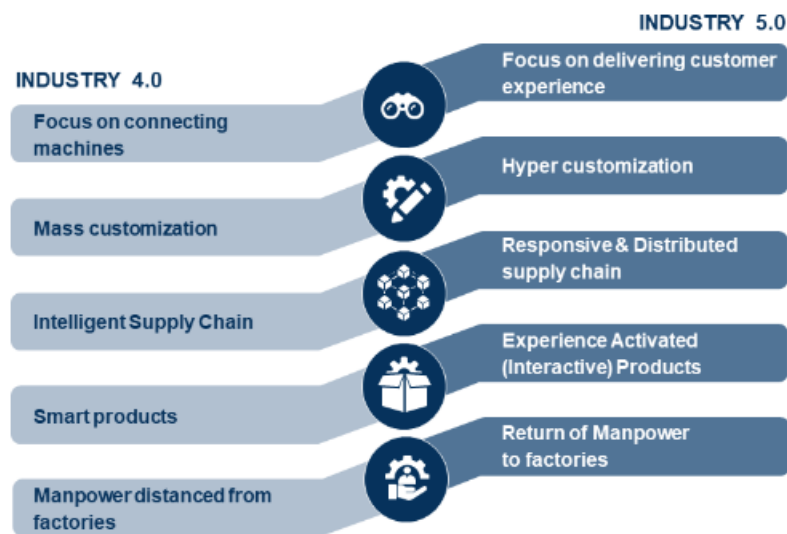


Рисунок 1.2 – Перехід від Індустрії 4.0 до 5.0

В основі цієї концепції лежать нові бізнес-сценарії, що спираються на передові технології, орієнтовані на надання індивідуального клієнтського досвіду. Індивідуальне визначення продуктів, послуг та рішень буде зливатися в одне ціле і створить Індустрію 5.0.

Технології на які буде опиратись Індустрія 5.0 подано на рисунку 1.3.

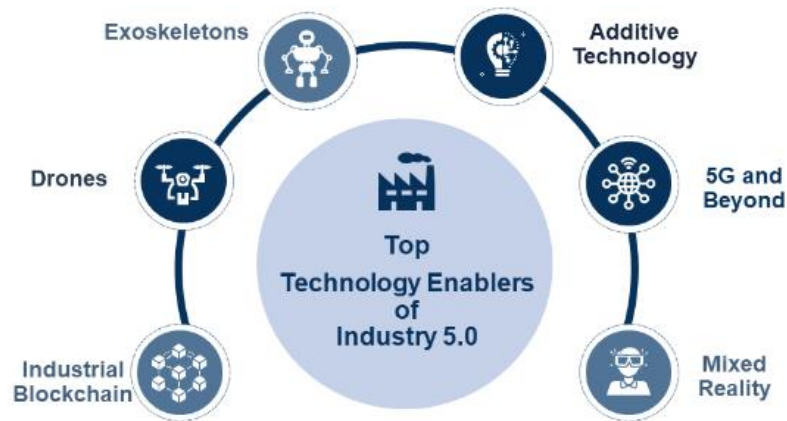


Рисунок 1.3 – Передові технології Індустрії 5.0

В І5.0 прагнення клієнтів спонукатимуть ринок до гіперкастомізації. Кожен окремий продукт буде унікальним для свого цільового споживача і виготовлятиметься відповідно до нього. Щоб задовольнити тенденцію “розміру партії один”, виробники матимуть великі роботизовані інтелектуальні заводи, розташовані по всьому світу, які виготовлятимуть базовий дизайн продукту великими партіями. Базовий, напівфабрикатний матеріал потім відправлятиметься на місцеві заводи, де завершальні етапи виробництва продукту будуть завершуватися за допомогою ручної праці. Такий стиль розподіленого ланцюга поставок у поєднанні з гіг-економікою трансформує існуючу природу робочих місць, і промисловість відчує це на власному досвіді. У той час як вибух даних створить нові можливості для працевлаштування, пов’язані з моніторингом і контролем даних, робочі ролі в цехах еволюціонуватимуть і інтегруватимуть кілька наборів навичок в один. Такі ролі, як технічне обслуговування машин і забезпечення якості, будуть об’єднані в заводські операції і стануть однією роботою. Це вимагатиме від працівників підготовки до виконання численних і різноманітних посадових обов’язків. Крім того, І5.0 дозволить повсякденним продуктам розуміти і реагувати на вимоги кінцевого користувача завдяки периферійному інтелекту. В І4.0 продукти могли лише збирати дані про

використання, відстежувати моделі використання і передавати їх спостерігачеві, але мали обмежений обсяг вбудованого в них практичного інтелекту. Завдяки швидкому підключенню продукти I5.0 можуть оптимізувати свою роботу і забезпечувати максимальну ефективність протягом усього терміну служби.

I5.0 – це модель наступного рівня індустріалізації, що характеризується поверненням робочої сили на заводи, розподіленням виробництвом, інтелектуальними ланцюгами поставок і гіперкастомізацією - все це спрямовано на те, щоб раз за разом надавати індивідуальний клієнтський досвід.

### **1.3 Перспективи та обмеження застосування Індустрії 5.0**

Дослідження про Індустрію 5.0, її інтеграцію зі штучним інтелектом, великими даними та Інтернетом речей було представлено в багатьох роботах. Вони пропонують будувати безпечніші та складніші гіперзв'язані мережі, які можуть стати майбутнім багатьох сфер, наприклад, електронні ліки для моніторингу дотримання режиму прийому ліків у реальному житті. Накопичення великих обсягів даних у багатьох цифрових середовищах також виграє від ШІ, Інтернету речей та I5.0. В роботах низки авторів було представлено перспективне застосування I5.0 в боротьбі з коронавірусною хворобою (COVID) для надання пацієнтам персоналізованої терапії та діагностики. Вони використовували технології I5.0 (такі як голографія, 4D-сканування, людиноподібні роботи, телемедицина та розумні інгалятори) для підтримки пандемії COVID. Вони запропонували значні виклики, які може взяти на себе I5.0 (такі як відстеження пацієнтів, автоматичне персоналізоване лікування, оптимізація ланцюга поставок, цифрова медицина, виробництво ліків, підвищення обізнаності та моніторинг натовпу) у вирішенні проблем, пов'язаних з наслідками пандемії COVID. Крім того, в

пост-COVID еру, поява коботів, CHIPBOT (імплантовані чіпи пацієнтам з COVID) та CURBOT (валютні та безготівкові системи) можуть бути використані для здійснення безконтактних платежів, відстеження викрадачів, моніторингу та лікування пацієнтів.

Ціннісно-чутливий дизайн для розумних фабрик був запропонований через потенціал I5.0 завдяки симбіозу людини та машини. Крім того, етичні наслідки впливу машин на людей, які працюють в індустрії промислових систем, були представлені з рішеннями та проілюстровано, як ціннісно-орієнтований дизайн пом'якшує проблеми, пов'язані з реалізацією симбіотичної I5.0. Абсолютна система управління інноваціями, пропонує краще розуміння інноваційної екосистеми, корпоративної стратегії та дизайн-мислення для менеджерів, щоб задовольнити потреби Інтернету речей та I5.0. Виникають питання перспектив впровадження концепції та заходи безпеки при інтеграції з бізнес-процесами. I5.0 забезпечує інтелектуальне виробництво завдяки інтелектуальному використанню даних через взаємозв'язок численних заводських даних і передових технологій, що дає змогу виробляти більш кастомізовані продукти. Розроблені процеси і технології прискорюють процес, дозволяючи машинам виконувати звичайні повторювані завдання, а людському пізнанню – впроваджувати інновації. Крім того, використання відновлюваних ресурсів та ощадливого інноваційного підходу до управління відходами позитивно впливає на навколишнє середовище.

I5.0 може надати клієнту найбільш індивідуалізовані послуги завдяки когнітивно орієнтованому виробничому процесу. Для безперебійного надання послуг необхідно вирішити деякі з потенційних проблем впровадження, про які йшлося в цьому розділі. Однією з потенційних проблем є безпека. Оскільки ми переходимо до більш оцифрованих обчислень, вразливість безпеки повинна бути перехресно перевірена при обробці різномірних даних і використанні хмарних сервісів для управління

різноманітними користувацькими і промисловими даними. Крім того, при наданні індивідуальних і більш передбачуваних послуг клієнтам необхідно враховувати конфіденційність транзакцій з даними, конфіденційність при накопиченні даних і етичні питання. Повернення робочої сили на заводи може бути ефективним але практичні питання і дотримання вимог щодо сусідства людського інтелекту з машиною і навпаки повинні вирішуватися за допомогою ефективного навчання для обох. Проблеми, пов'язані зі збільшенням кількості користувачів і виробничих процесів, повинні бути враховані при індивідуальній підтримці клієнтів за допомогою роботів-людей. Крім того, необхідно враховувати етичні питання, пов'язані з впровадженням штучного інтелекту, щоб уникнути потенційних недоліків і негативного впливу на суспільство та його успіх.

Перспективи, потенціал та майбутнє розвитку I5.0 подано на рисунку 1.4.

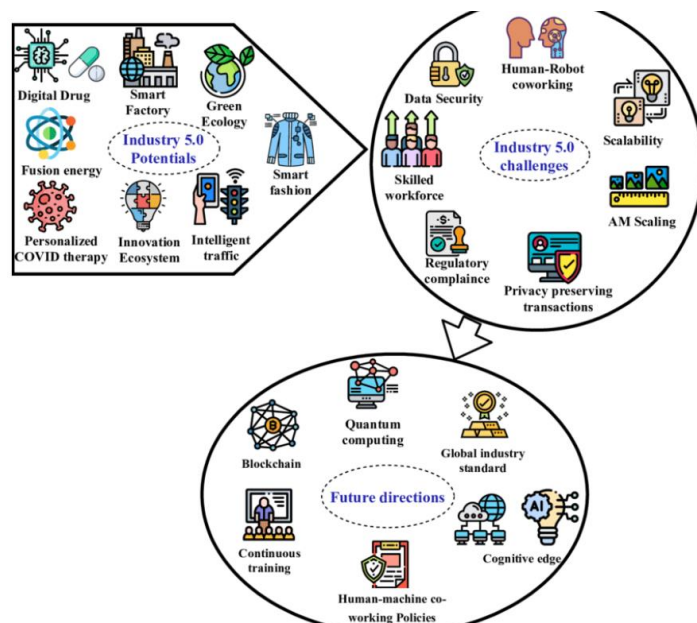


Рисунок 1.4 – Потенціал, перспективи та майбутній розвиток Індустрії 5.0

Оскільки в I5.0 задіяно багато чутливих елементів, детальне дослідження кожного з них та обережність при впровадженні потребують великої уваги.



## **1.4 Висновки до першого розділу**

У першому розділі кваліфікаційної роботи здійснено порівняльний аналіз Індустрії 4.0 до Індустрії 5.0, що дало змогу підкреслити позитивність концепції наступного покоління у порівнянні з існуючою. Відзначено людиноцентристкість даного підходу, що повинно покращити ефективність виробничих процесів та задоволеність працівників. В аналізі концепції І5.0 подано переходи, що передували виникненню даної парадигми і висвітлено в яких аспектах та за допомогою яких технологій відбудеться перехід. Проведено аналіз перспектив та обмежень застосування нової концепції І5.0.

## **2 ДОСЛІДЖЕННЯ СВІТОВОГО ДОСВІДУ ВПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ МЕРЕЖЕВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В КОНТЕКСТІ ІНДУСТРІЇ 5.0**

### **2.1 Дослідження технологій Індустрії 5.0 та передових країн, що їх впровадили**

I5.0 підтримується рядом технологій, які спрямовані на створення співпраці між людьми та технологіями, а також на поєднання людської креативності з потужними можливостями сучасних інновацій. До ключових технологій, що використовуються в I5.0 можна віднести:

- штучний інтелект (AI) – відіграє ключову роль у I5.0, допомагаючи в аналізі даних, прийнятті рішень, автоматизації процесів та покращенні прогностичних можливостей. Використання AI може допомогти розробляти адаптивні системи, які пристосовуються до різних ситуацій у виробництві;

- Інтернет речей (IoT) та системи IoT дозволяють підключати пристрої та обладнання до мережі Інтернет, що дає змогу отримувати дані в реальному часі про процеси виробництва, аналізувати їх та приймати швидкі і точні рішення;

- розширена реальність (AR) та віртуальна реальність (VR) можуть застосовуватися у тренуванні персоналу, вирішенні складних завдань у виробництві та підвищенні ефективності, розширюючи можливості людського сприйняття та взаємодії з даними;

- Роботи (колаборативні роботи) – це роботи, які спрямовані на співпрацю з людьми. Вони призначені для виконання завдань у співробітництві з людьми, а не на заміну їх, що сприяє оптимізації процесів та підвищенню продуктивності;

- технологія блокчейн може використовуватися для створення безпечних та надійних систем управління ланцюжками постачання, що забезпечує точність, прозорість та автоматизацію бізнес-процесів;

- робототехніка та автоматизація спрощують рутинні процеси виробництва та допомагають у забезпеченні точності і швидкості виробничих процесів;

- емоційні інтерфейси та аналітика – це технології, які сприяють взаємодії між людьми та машинами на більш емоційному рівні, допомагають покращити комунікацію та розуміння.

Ці технології разом створюють інфраструктуру для ефективної співпраці та взаємодії між людьми та машинами, що є основою І5.0.

Мережеві технології грають ключову роль у І5.0, створюючи зв'язок між людьми, обладнанням та системами. До основних мережевих технологій, які використовуються в контексті І5.0 необхідно віднести наступні:

- ІоТ включає в себе підключення фізичних пристроїв та обладнання до мережі Інтернет. Це дає змогу збирати та обмінювати даними між різними пристроями;

- 5G мережі відіграють важливу роль у забезпеченні швидкого та стабільного зв'язку між пристроями, що є критичним для передачі великої кількості даних у реальному часі;

- Edge Computing технологія забезпечує обробку даних біля джерела їх створення (наприклад, на обладнанні виробництва або пристроях ІоТ). Це допомагає зменшити затримки в передачі даних та забезпечує більшу швидкість реакції систем;

- Cloud технології через використання хмарних сервісів надають можливість зберігати та обробляти великі обсяги даних, надаючи доступ до них з будь-якої точки з підключенням до Інтернету;

- Blockchain технологія забезпечує безпеку даних та дає змогу створювати розподілені системи, що важливо для забезпечення надійності та безпеки важливої інформації в промисловості;

- Digital Twins – це цифрові моделі фізичних процесів, обладнання або систем. Вони використовуються для відображення стану реальних об'єктів у реальному часі та для віртуального моделювання різних сценаріїв.

Ці мережеві технології сприяють покращенню зв'язку та обміну даними між різними частинами виробничого процесу, що дає змогу підвищувати ефективність, швидкість та точність виробництва в рамках концепції I5.0.

До основних країн де можна вважати успішне застосування концепції I5.0 можна віднести наступні:

- Німеччина, відома своєю промисловою базою, активно впроваджує концепції I5.0. Виробники, такі як Siemens та Bosch, застосовують IoT, AI та автоматизацію для оптимізації процесів, підвищення продуктивності та зниження витрат;

- Японія також є лідером у впровадженні інновацій у виробництво. Компанії, наприклад, Toyota, використовують технології IoT та робототехніки для створення “розумних” заводів, де роботи та люди працюють разом в гармонії;

- Американські компанії, зокрема у сфері авіації та автомобільної промисловості, використовують технології AR/VR для тренування персоналу та підвищення ефективності різних процесів, від монтажу до обслуговування;

- Китай також активно впроваджує технології I5.0. Компанії, як Alibaba та Huawei, зосереджуються на розвитку хмарних послуг та впровадженні IoT для оптимізації виробництва та мережі постачання.

Ці країни та компанії демонструють впровадження нових мережевих технологій, які допомагають у підвищенні продуктивності, зменшенні витрат та створенні більш гнучких та ефективних виробничих процесів. Однак, цей

список лише початок, оскільки І5.0 залишається активною та розвивається по всьому світу.

Зупинимось на ключових лідерах впровадження І5.0 більш детальноше та проаналізуємо їх досвід.

Німеччина відома своєю сильною промисловою базою та стратегією “Industrie 4.0”, яка виявилася ключовою у розвитку і впровадженні новітніх технологій в промисловість. Низка німецьких компаній стала лідерами у впровадженні концепцій І5.0. Наприклад:

- Siemens – компанія активно використовує інноваційні технології для оптимізації виробничих процесів. Вони застосовують рішення на основі ІоТ, штучного інтелекту та аналітики даних для створення “цифрових близнюків” (digital twins) для віртуального моделювання та контролю реальних об’єктів у реальному часі;

- ініціативи Bosch у напрямку І4.0 спрямовані на розвиток інновацій у виробництві. Вони використовують ІоТ та великі дані для покращення автоматизації та ефективності виробництва;

- Volkswagen Group – автомобільний гігант використовує технології І4.0 для створення “фабрики майбутнього”, де робочі місця оптимізовані за допомогою робототехніки та автоматизації процесів;

- Daimler впроваджує технології ІоТ та цифрові близнюки для виробничих ліній, щоб керувати та оптимізувати виробничими процесами у режимі реального часу;

- Adidas у сфері текстилю та одягу використовує 3D-друк та цифрові технології для виробництва індивідуального спортивного одягу і взуття.

Німецький досвід в цьому контексті показує, що інтеграція цих технологій може створити великий ефект в удосконаленні промисловості та виробництва.

Японія є однією з країн, що відіграє ключову роль у впровадженні новітніх технологій у виробництво та промисловість. Декілька японських компаній показали успішні приклади впровадження концепцій I5.0.

Toyota – японський автовиробник активно застосовує новітні технології у своїй виробничій діяльності. Вони впроваджують робототехніку та автоматизацію у виробництві, спрямовуючись на створення “розумних” заводів з підвищеною продуктивністю та ефективністю.

FANUC Corporation виробляє промислові роботи та промислові автоматизовані системи. Вони впроваджують колаборативні роботи (коботи), які працюють у співпраці з людьми для оптимізації виробничих процесів.

Panasonic – японська компанія активно використовує IoT для впровадження “розумних” фабрик, де дані з обладнання та пристроїв збираються та аналізуються для оптимізації процесів виробництва.

Mitsubishi Electric застосовує технології I4.0, такі як цифрові близнюки та автоматизовані системи контролю, для підвищення ефективності виробництва та управління даними.

SoftBank Robotics виробляє соціальних роботів та роботів для використання у сфері обслуговування і виробництва, спрямовуючись на покращення комунікації та співпраці між людьми та машинами.

Ці японські компанії демонструють високий рівень інновацій та активне впровадження новітніх технологій, таких як IoT, робототехніка, аналітика даних та автоматизація, для оптимізації виробництва та підвищення ефективності у контексті I5.0.

Американські компанії також активно впроваджують новітні технології у виробництво та промисловість, працюючи над створенням “фабрик майбутнього” з використанням концепцій I5.0. Наведемо деякі з прикладів успішних реалізацій.

Boeing в авіаційній промисловості використовує AR/VR технології для тренування персоналу та підтримки виробничих процесів, спрощуючи монтаж та обслуговування літаків.

General Electric (GE) впроваджує IoT та аналітику для моніторингу обладнання і виробничих процесів. Вони використовують ці дані для прогнозування підтримки техніки та оптимізації виробничих потоків.

Tesla у сфері автомобільної промисловості використовує автоматизовані процеси та робототехніку для виробництва електромобілів, зосереджуючись на автономності та електричних технологіях.

Amazon використовує роботизовані системи в своїх складах та центрах обробки для оптимізації логістики та забезпечення швидкості обробки замовлень.

Компанія IBM активно працює над розвитком та впровадженням технологій штучного інтелекту та блокчейну в промисловість для покращення управління ланцюгами постачання та аналізу даних.

Китайські компанії також відіграють значну роль у впровадженні новітніх технологій у виробництво та промисловість.

Alibaba Group активно розвиває хмарні технології та послуги для оптимізації виробничих процесів та управління даними, сприяючи створенню “розумних” заводів та систем управління ланцюгами постачання.

Huawei зосереджується на розробці технологій IoT для впровадження у виробничі процеси та виробничі системи, що сприяє оптимізації виробничих ресурсів та підвищенню продуктивності.

Foxconn Technology Group – виробник електроніки використовує робототехніку та автоматизацію великого масштабу у виробничих лініях, щоб забезпечити високу швидкість виробництва та точність монтажу.

Baidu активно застосовує штучний інтелект у виробництві для автоматизації процесів, управління даними та розробки інноваційних рішень у промисловості.

Хіаомі – виробник електроніки та побутової техніки використовує ІоТ технології для створення “розумних” пристроїв та підвищення їх ефективності та зручності для користувачів.

Ці компанії використовують широкий спектр технологій, таких як ІоТ, штучний інтелект, робототехніка та автоматизація, для оптимізації виробництва, підвищення продуктивності та управління різними аспектами промисловості в рамках концепцій І5.0.

## **2.2 Дослідження нових технологій, що потребують мережевих функцій в контексті І5.0**

Кілька сприятливих технологічних тенденцій, таких як ЕС, DT, ІоЕ, аналіз великих даних, коботи, 6G і блокчейн, інтегровані з когнітивними навичками та інноваціями, можуть допомогти промисловості збільшити виробництво і швидше доставляти кастомізовану продукцію. Ці технології роблять І5.0 передовою виробничою моделлю з акцентом на взаємодію між машинами та людьми. Розумні машини призначені для спільної роботи з людьми, і ця спільна робота робить людські здібності більш продуктивними, надзвичайно простими при автоматизації для приватних осіб і малого бізнесу, ніж будь-коли раніше. Представимо короткий огляд технологій, що сприяють І5.0. Потрібно відмітити, що незважаючи на виробничу спрямованість більшості технологій, вони опираються на існуючі чи впроваджені у майбутньому мережеві технології для забезпечення зв'язку. Будучи передовими з точки зору трансформації ідей ведення бізнесу вони потребують вирішення класичних завдань забезпечення надійності, захищеності та масштабованості мережевих рішень.

На рисунку 2.1 показано ключові технології, що сприяють розвитку І5.0.



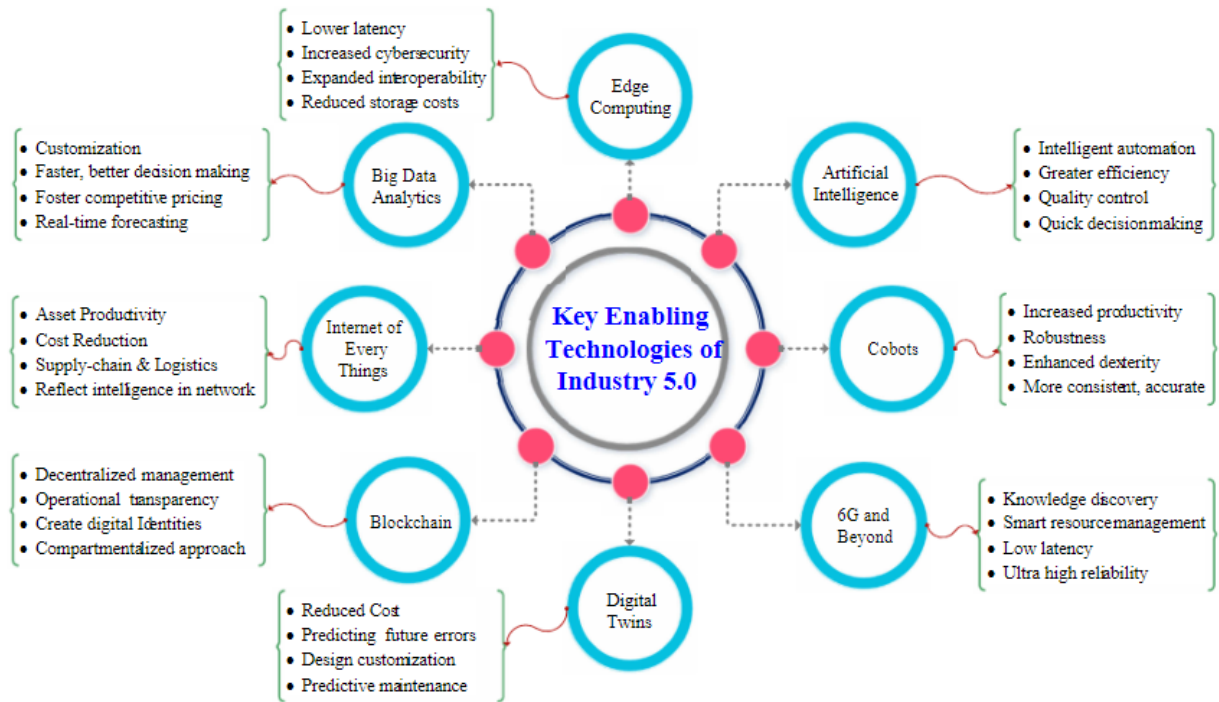


Рисунок 2.1 – Ключові технології I5.0

Стрімке зростання Інтернету речей та надання численних хмарних сервісів призвели до появи нової концепції – периферійних обчислень, яка дозволяє обробляти дані на межі мережі. Граничні обчислення можуть мати значну цінність не лише в майбутній I5.0, але й при переході до I4.0. Edge Computing (EC) здатні виправдати очікування, пов'язані з витратами на затримку, обмеженнями на час автономної роботи, вимогами до часу відгуку, захисту даних і конфіденційності. EC мінімізує накладні витрати на зв'язок і гарантує продуктивну роботу додатків у віддалених районах. Крім того, EC має можливість обробляти дані, не передаючи їх до публічної хмари, що допомагає мінімізувати проблеми безпеки для важливих подій в Індустрії 5.0. EC може виконувати деякі корисні операції, такі як обробка даних, когерентність кешу, завантаження обчислень, передача і доставка запитів.

З усіма цими мережевими операціями границя повинна бути спроектована ефективно, щоб забезпечити безпеку, надійність і конфіденційність. Для додатків I5.0 EC забезпечує низьку затримку, безпеку даних і конфіденційність, а також надає кінцеві користувачеві сучасні

послуги. ЕС забезпечує зв'язок у реальному часі для додатків Індустрії 5.0 наступного покоління, таких як БПЛА, автономні транспортні засоби та віддалений моніторинг пацієнтів. ЕС дозволяє І5.0 використовувати більш доступні, стандартні апаратні та програмні ресурси для доступу та обміну інформацією, пов'язаною з їхніми промисловими секторами. Для того, щоб управляти величезними обсягами даних, промисловість намагається регулярно отримувати доступ до даних з локальних серверів. Однією з проблем аналізу всіх цих машин є те, що обсяг необроблених даних занадто великий, щоб їх можна було оцінити науково. ЕС дає змогу І5.0 заповнювати дані, мінімізуючи обсяг даних, що надсилаються на централізований сервер. В І5.0 ЕС дозволяє проводити превентивну аналітику, яка дає змогу завчасно виявляти збої в роботі обладнання та пом'якшує їх наслідки, даючи змогу персоналу приймати розумні рішення. На рисунку 2.2 подано візуалізацію організації ЕС.

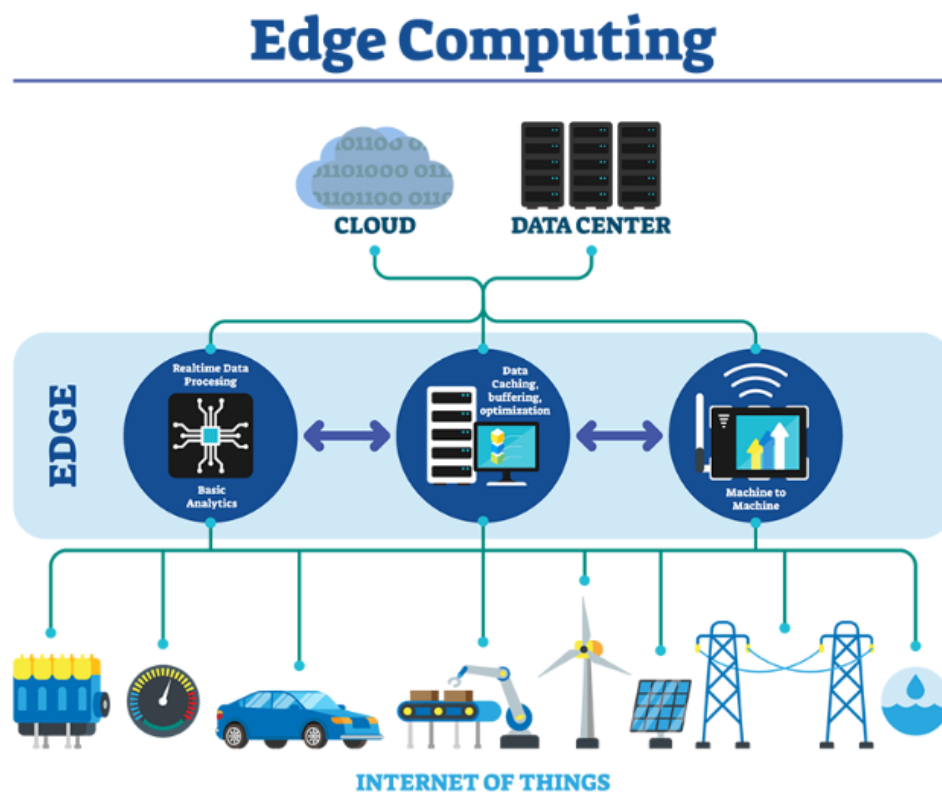


Рисунок 2.2 – Edge Computing

Цифрова реплікація фізичної системи або об'єкта називається digital twins (DT). Об'єкти реального світу, такі як вітряні електростанції, заводи, реактивні двигуни, будівлі або навіть більші системи, такі як розумні міста, можуть бути представлені в цифровому вигляді за допомогою DT. Незважаючи на те, що концепція DT була запропонована ще у 2002 році, вона стала реальністю лише в останні кілька років завдяки бурхливому розвитку Інтернету речей. Завдяки Інтернету речей DT стало економічно ефективним, що зробило його доступним і прийнятним для багатьох галузей. За допомогою пристроїв Інтернету речей дані з фізичних об'єктів передаються до їх цифрових аналогів для моделювання. Таке відображення об'єктів/систем у реальному часі в цифровому вигляді за допомогою DT дає можливість аналізувати, контролювати цифрову версію і запобігати проблемам до того, як вони виникнуть у реальному світі. На рисунку 2.3 показано приклад реалізації DT.

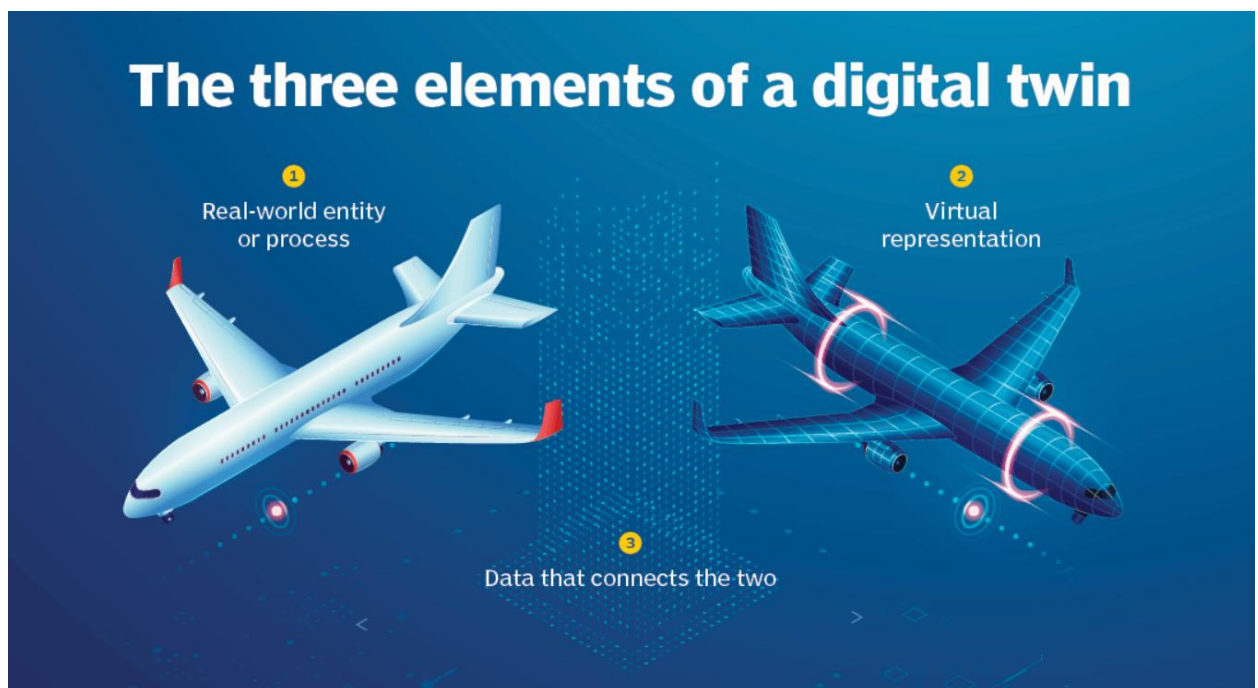


Рисунок 2.3 – Приклад реалізації DT

Швидкий розвиток ШІ, ML та аналізу великих даних дав змогу DT знизити витрати на технічне обслуговування та підвищити продуктивність системи. В I5.0 DT може мати значну цінність для розробки індивідуальних продуктів на ринку, розширення бізнес-функцій, зменшення дефектів та швидкозростаючих інноваційних бізнес-моделей для досягнення прибутку. DT може допомогти I5.0 подолати технічні проблеми шляхом їх швидшого виявлення, визначити елементи, які можна переналаштувати або оновити на основі їхньої продуктивності, зробити прогнози з вищим рівнем точності, передбачення майбутніх помилок, уникнення величезних фінансових втрат. Цей тип інтелектуального архітектурного проектування дозволяє організаціям реалізовувати економічні переваги послідовно і швидше, ніж будь-коли раніше. В I5.0 DT може використовуватися для створення імітаційних моделей, доступу до обчислювальних даних у реальному часі, щоб компанії могли віддалено модифікувати та оновлювати фізичні об'єкти. В I5.0 DT використовується для кастомізації, яка може покращити досвід користувачів щодо їхніх потреб у продуктах, процес закупівлі, який дозволяє клієнтам створювати віртуальні середовища, щоб побачити результати.

Останні тенденції в автоматизації та робототехніці роблять роботу з роботами все більш важливою для людей. Завдяки масовим швидким змінам у сфері штучного інтелекту, смарт-технологій, очевидно, що всі пристрої з обчислювальними можливостями стали більш інтелектуальними і представили нову технологію під назвою коботи. Колаборативні роботи – це роботи, призначені для спільної роботи з людьми, і ця співпраця допомагає зробити людські здібності більш ефективними, надзвичайно легкими для автоматизації для приватних осіб і малого бізнесу, ніж будь-коли раніше. Перші коботи були розроблені професором Едвардом Колгейтом і Майклом Пешкіним з Північно-Західного університету в 1996 році. Перше покоління коботів не мало двигунів, а також було пасивним у роботі та мало гальма під час роботи. Хоча сьгоднішні коботи дуже відрізняються від традиційних

промислових роботів тим, що мають можливість працювати з людиною поза межами приміщення. Приклад застосування коботів подано на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 – Застосування колаборативних роботів

Зазвичай коботи оснащені датчиками і дуже швидко реагують на виявлення непередбачуваного впливу, що дає їм можливість спонтанно зупинитися, коли працівники виявляють будь-які сторонні предмети на їхньому шляху. Це робить їх надзвичайно надійними, коли йдеться про безпеку на роботі, порівняно зі стандартними промисловими роботами. Роботи надзвичайно добре справляються з процесом виробництва великих партій продукції і є набагато більш сумісними, ніж люди. У порівнянні з людьми, роботи не здатні до критичного мислення. Кастомізація або персоналізація продукції може бути серйозною проблемою, де роботи потребують керівництва. Тому управління людськими зв'язками у виробничих процесах має вирішальне значення. Роботи можуть мати значну цінність в І5.0. Працюючи з людиною, роботи можуть досягти поставленої мети, тим самим допомагаючи доставляти клієнтам масові персоналізовані продукти з високою швидкістю і точністю. Персоналізація роботів може

набувати різних форм в І5.0, надаючи медичні послуги, розумні додатки, які науково узагальнюють здоровий спосіб життя пацієнта, а також медичні вимоги для створення повністю персоналізованої рутини здоров'я. Хірургія – одна із сфер застосування коботів, де висококваліфікований лікар і робот-асистент працюють разом, щоб виконати операцію. Медичні центри вже користуються медичними перевагами спільних промислових процесів, підтримуваних роботами. Хірургічна система Davinci є інновацією в області кобот-технологій, оскільки вона розширює операційні можливості хірургів в операційній. Коботи Davinci широко використовуються в урології та гінекології, а також в інших хірургічних операціях. Роль коботів в І5.0 полягає у підвищенні продуктивності праці та побудові нових відносин між людьми і машинами. У застосуванні в І5.0 коботи допомагають підвищити безпеку і продуктивність, водночас сприяючи виконанню більш цікавих обов'язків для працівників-людей і збільшенню зростання продуктивності. Промисловість повинна усвідомити, що коботи мають не лише здатність покращувати ефективність бізнесу, але й потенціал для зниження зростаючих витрат на робочу силу на висококонкурентних ринках.

ІоЕ – це взаємопов'язаний зв'язок між людьми, процесами, інформацією та речами. ІоЕ може забезпечити значну цінність для створення нових можливостей для додатків І5.0. Досягнення ІоЕ в І5.0 можуть створити нові функціональні можливості, забезпечити кращий досвід та очікувані вигоди для галузей та країн. Роль ІоЕ в І5.0 полягає у підвищенні лояльності та задоволеності клієнтів, створенні досвіду кастомізації на основі даних, згенерованих ІоЕ. Використання ІоЕ в І5.0 дає можливість мінімізувати операційні витрати за рахунок усунення вузьких місць на каналах зв'язку та зменшення затримок. Ефективність ланцюгів поставок і логістики є складним питанням для І5.0. ІоЕ дозволяє мінімізувати відходи в ланцюгах поставок і оптимізувати виробничі процеси. Завдяки величезному розвитку ІоЕ обмін інформацією між людьми відбувається в бездротовому режимі, в основному

за допомогою бездротових датчиків. Наприклад, в інтернеті медичних речей датчики закріплюються на пацієнті. Ці датчики виявляють відхилення від норми і передають отримані дані відповідному лікарю або медсестрі. На основі отриманої інформації лікарі вживатимуть відповідних заходів. На рисунку 2.5 показано всеохоплюючість технології ІоЕ.



Рисунок 2.5 – Зображення охоплення технології ІоЕ

Останнім часом великі дані стали основним предметом обговорення як у промисловості, так і в академічних колах. Вони являють собою великий і різноманітний набір даних, зібраних з усіх типів джерел. Багато методів аналізу даних включають технології великих даних, такі як ML, AI, соціальні мережі, інтелектуальний аналіз даних, злиття даних тощо. Аналіз великих даних, як правило, відіграє важливу роль у сфері I5.0. В I5.0 деякі компанії можуть використовувати аналітику великих даних для кращого розуміння поведінки споживачів, щоб оптимізувати ціни на продукцію, зосередитися на підвищенні ефективності виробництва та допомогти зменшити накладні витрати. Розуміння поточної поведінки користувача, соціальних відносин і правил людської поведінки є критично важливим завданням. Аналітика

великих даних використовується деякими компаніями, такими як Facebook, Twitter та LinkedIn, що може допомогти у просуванні продукції та збільшенні продажів на основі задоволеності споживачів. Вливання даних, масові кастомізовані виробничі процеси та розумна автоматизація виробничого процесу мають важливе значення для вирішення завдань екосистеми I5.0. На рисунку 2.6 подано описове зображення для Big Data.



Рисунок 2.6 – Зображення Big Data

Аналітика великих даних може бути використана для прийняття рішень в режимі реального часу для посилення конкурентних переваг галузей, з акцентом на наданні рекомендацій щодо передбачуваних відкриттів для основних подій в додатках I5.0. В I5.0 аналітика великих даних допомагає в масових процесах кастомізації з безвідмовною інтеграцією з наявними ресурсами. Аналітичні дані в режимі реального часу, якими обмінюються інтелектуальні системи та центри обробки даних, допомагають виробникам створювати та обробляти великі обсяги даних. Безперервне вдосконалення процесів є ще одним важливим завданням I5.0, яке часто



вимагає збору детальної інформації про весь виробничий цикл. Методи аналізу великих даних використовуються для розпізнавання та усунення несуттєвих даних, щоб максимізувати передбачуваність і дослідити нові можливості.

Технологія блокчейн може забезпечити значну додану вартість у майбутній І5.0. Централізоване управління великою кількістю різномірних підключених пристроїв в І5.0 є критично важливим завданням. Топ 5 застосунків блокчейну подано на рисунку 2.7.

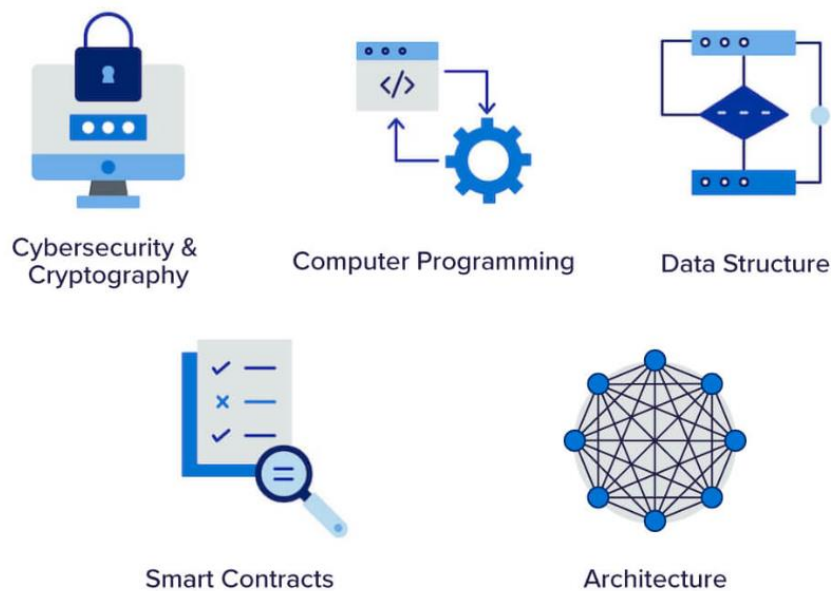


Рисунок 2.7 – Топ 5 застосувань блокчейну

Блокчейн можна використовувати для розробки децентралізованих і розподілених платформ управління, забезпечуючи розподілену довіру. Безпечні однорангові комунікації на основі блокчейну забезпечують ведення записів через незмінний реєстр. Крім того, незмінний реєстр підтримує операційну прозорість і підзвітність для важливих подій в додатках І5.0. Особливо прозорість важлива для вирішення спорів в екосистемі І5.0. Смарт-контракти можуть бути використані для забезпечення безпеки, наприклад, аутентифікації, а також автоматизованих сервіс-орієнтованих дій майбутніх

додатків I5.0. Крім того, більш високий рівень захисту даних і транзакцій може бути забезпечений за рахунок використання відокремленого і розподіленого підходу з використанням блокчейнів. Отримання та збір даних також можна забезпечити за допомогою блокчейну. Блокчейн можна використовувати для створення цифрових ідентифікаторів для різних людей та організацій у сучасному управлінні абонентами в I5.0. Це необхідно для контролю доступу та аутентифікації учасників будь-якої промислової діяльності через загальнодоступну мережу. Більше того, ці цифрові ідентичності можуть бути розширені для управління майном, власністю, об'єктами, а також послугами. Технологія блокчейн також може бути використана для реєстрації прав інтелектуальної власності, а також для каталогізації та зберігання оригінальних творів. Блокчейн і смарт-контракти також можуть допомогти автоматизувати процес укладання контрактів шляхом автоматизації процесів узгодження між різними зацікавленими сторонами. Крім того, хмарне виробництво на основі технології блокчейн полегшує машинне з'єднання та обмін даними на основі технології блокчейн.

У майбутньому 6G може надати значні послуги з доданою вартістю для I5.0. Прогнозовані етапи переходу від 5G до 6G показано на рисунку 2.8.

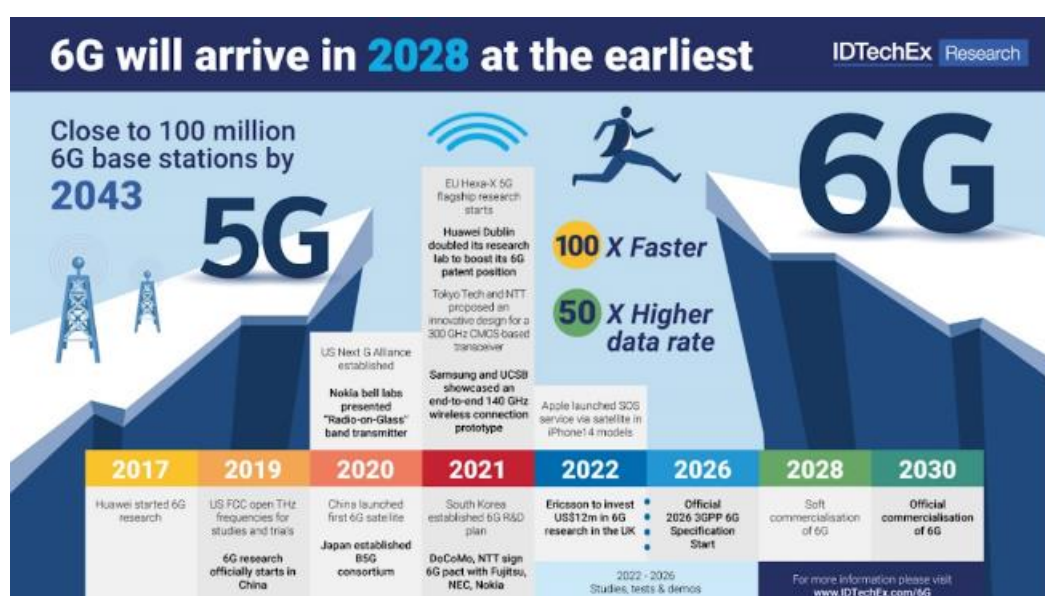


Рисунок 2.8 – Прогнозоване впровадження технології 6G

Радіоінфраструктура з дуже щільним ланцюжком з тисяч і мільйонів датчиків, апаратних елементів і роботів є складним завданням. Зважаючи на стрімке зростання інтелектуальної інфраструктури і потенційних застосувань, існуючі мережі (наприклад, мережі 4G і 5G) не зможуть задовольнити вимоги до пропускну здатності, що швидко зростають. Використання 6G і наступних поколінь у революції I5.0 дає змогу забезпечити кращу затримку, підтримувати високоякісні послуги, а також розгалужену інфраструктуру Інтернету речей та інтегровані можливості штучного інтелекту. У додатках I5.0 мережі 6G допомагають підвищити продуктивність додатків економно та ефективно, забезпечуючи розумне управління спектром, мобільний зв'язок на основі ШІ та розумну мобільність. Очікується, що для додатків I5.0 мережі 6G відповідатимуть стандартам інтелектуального інформаційного суспільства, які забезпечують надвисоку швидкість передачі даних, наднизьку затримку, надвисоку надійність, високу енергоефективність, пропускну здатність тощо. Мобільність і управління хендовер є найбільш значущими викликами для мереж 6G в I5.0. Мережі 6G будуть великомасштабними, високодинамічними, багаторівневими мережами, що призводить до частих хендоверів. Методи ШІ можуть бути використані для отримання оптимальних прогнозів мобільності та оптимальних рішень щодо хендоверів для забезпечення ефективного зв'язку. Найбільшим викликом для додатків I5.0 є забезпечення високої швидкості передачі даних для різних додатків. Квантовий зв'язок і оптичний зв'язок у вільному просторі 6G можуть вирішити ці проблеми. У додатках I5.0 підключено велику кількість інтелектуальних пристроїв, які споживають надмірну кількість енергії, тому управління енергоспоживанням є критично важливим завданням в I5.0. 6G-мережі оптимізують управління енергоспоживанням завдяки використанню передових стратегій енергоспоживання і методів збору енергії.

Крім того, деякі з існуючих технологій, такі як Network Slicing (NS), eXtended Reality (XR) і Private Mobile Network (PMN), відіграють життєво важливу роль у забезпеченні I5.0 та її додатків. Концепція NS дає змогу створювати кілька віртуалізованих мереж на базі однієї фізичної мережевої інфраструктури. Вона розподіляє фізичні мережеві ресурси між цими віртуалізованими мережами. Кожна віртуалізована мережа може бути оптимізована і пристосована для задоволення вимог різних вертикальних додатків. У цьому аспекті NS відіграє життєво важливу роль у забезпеченні роботи різних додатків I4.0 і буде важливою і в I5.0. Оскільки I5.0 підтримує різноманітний набір додатків, одна фізична інфраструктура не зможе задовольнити різноманітні вимоги до мережі. Мережі можуть ефективно використовувати різні віртуалізовані мережі. В деяких працях автори представляють спосіб використання NS для самоорганізації, гнучкості та оптимального використання мережевих ресурсів для моніторингу мережі в мережах ІоТ. У майбутньому передові методи нарізки, такі як федеративна нарізка, ієрархічна нарізка та автоматизація нарізки без дотику, можуть відігравати ефективну роль у реалізації додатків I5.0. XR – це ще одна нова технологія, яка використовується в багатьох сферах застосування. XR може покращити людино-машинну взаємодію, поєднуючи віртуальний та фізичний світи. XR являє собою суміш технологій віртуальної реальності (VR), доповненої реальності та змішаної реальності (MR). Технології XR відіграватимуть життєво важливу роль у створенні різноманітних додатків I5.0. Технології доповненої реальності вже використовуються в таких пов'язаних з I5.0 додатках, як дистанційна допомога, моніторинг конвеєра, медична освіта/навчання, дистанційне медичне обслуговування, внутрішня і локалізована зовнішня навігація, навчання водіїв/пілотів, технічне обслуговування, навчання пілотів безпілотних літальних апаратів/безпілотників та освіта. Мережі з нульовим дотиком, периферійні обчислення, високопродуктивні пристрої, вдосконалені комунікаційні

технології та високоточні обчислювальні можливості будуть важливими для подальшого розвитку технологій XR в напрямку додатків I5.0. Впровадження концепції мережевої “софтверізації” в 5G усунуло потребу в спеціальному, дорогому і специфічному для конкретного постачальника апаратному обладнанні для побудови мобільних мереж. Таким чином, софтверізація мережі дає можливість розгортати локальні або приватні мобільні мережі. На відміну від традиційних національних операторів мобільного зв’язку (MNO), PMN розгортаються для надання локалізованих, специфічних для конкретного випадку мережевих послуг. Завдяки 5G місцеві оператори 5G (L5GO) можуть використовуватися в різних сферах застосування I5.0, таких як заводи, лікарні, школи та університети, щоб надавати рішення для зв’язку, що залежать від місця розташування. Інтеграція технологій NS, AI та блокчейну оптимізує розгортання PMN для реалізації I5.0. Крім того, регулювання, управління та оренда спектру для PMN також потребують подальшого вивчення для економічно ефективного розгортання та широкої адаптації для розгортання I5.0.

### 2.3 Дослідження світового досвіду галузей впровадження мережевих технологій в контексті I5.0

Існує ціла низка галузей, що отримають великий ефект від впровадження технологій I5.0. На рисунку 2.9 показано основні з них.

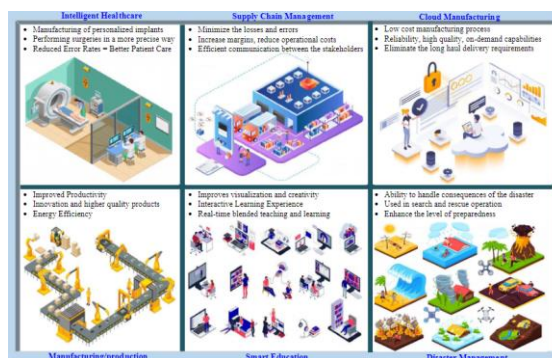


Рисунок 2.9 – Галузі застосування I5.0

Сьогодні лікарі використовують ML-моделі для діагностики захворювань пацієнтів. Це допомагає підвищити точність діагностики захворювань, а отже, економить багато часу та грошей для пацієнтів. Однак цього недостатньо в нинішніх умовах. Технологія, яка може забезпечити персоналізовані потреби пацієнта, такі як моніторинг вимірювання артеріального тиску, рівня цукру тощо, та надавати пацієнтам персоналізоване лікування за допомогою лікарів, є потребою часу. І5.0 може зробити це можливим. Інтелектуальні пристрої, що носяться, такі як розумні годинники, інтелектуальні датчики тощо, можуть постійно записувати дані про стан здоров'я пацієнта в режимі реального часу, і ці дані можуть зберігатися в хмарі. Потім алгоритми можуть бути використані для діагностики стану здоров'я пацієнтів. Ці інтелектуальні пристрої можуть спілкуватися один з одним, і в разі, якщо потрібна увага лікаря, вони можуть повідомити про поточний стан пацієнта і попередити лікарів про необхідність лікування пацієнта. За допомогою коботів лікарі можуть отримувати допомогу від роботів, які можуть спілкуватися один з одним, для проведення хірургічних операцій пацієнтам. Це лише кілька прикладів того, як І5.0 може революціонізувати галузь охорони здоров'я. Ця революція допомагає у виробництві персоналізованих пристроїв, імплантатів тощо. Завдяки І5.0 рутинну роботу, таку як планові огляди, яку виконують лікарі, можуть виконувати роботи-коботи. Таким чином, лікарі можуть сконцентруватися на роботі більш високого рівня. Навіть складні операції можуть бути виконані з високою точністю за допомогою роботів при постійному контролі з боку лікарів. Технології на кшталт DT можуть допомогти лікарям виписувати пацієнтам персоналізовані рецепти на ліки. Халін та ін. припускають, що І5.0 може відігравати важливу роль у виробництві персоналізованих імплантатів, які можуть відповідати пацієнтам, що є основною вимогою в ортопедії. Вони також припускають, що І5.0 може бути корисною для більш точного проведення хірургічних

операцій. Автори також обговорюють потенційне застосування І5.0 у сфері медичної освіти. Javaid та ін. дослідили ключові технології І5.0, які можуть допомогти в лікуванні пацієнтів під час пандемії Covid-19. Вони запропонували ключові технології І5.0, такі як роботи, що можуть допомогти в контактному лікуванні пацієнтів. Вони також запропонували, як інтелектуальні роботи за допомогою лікарів можуть допомогти у скануванні та лікуванні пацієнтів з Covid-19, таким чином зменшуючи ризик зараження пацієнтів, які перебувають на передовій, Covid-19. Priadytmana та ін. запропонували використовувати допоміжні технології (АТ), які раніше використовувалися для інвалідів або людей з обмеженими можливостями, для всіх, щоб забезпечити вищу індивідуальну спроможність. Вони припустили, що проривні технології І5.0, такі як 3D-друк, можуть бути корисними для реалізації використання АТ для всіх людей. Завдяки вищезгаданим технологіям, носимі АТ, такі як ортези, протези кінцівок, ортезоскелети, можуть бути налаштовані відповідно до геометрії, яка може відповідати частинам тіла користувача.

Хмарне виробництво – це новий спосіб революціонізувати традиційну виробничу парадигму в передовий виробничий процес шляхом інтеграції новітніх технологій, таких як хмарні та електронні технології, ІоТ, віртуалізація та сервіс-орієнтовані технології.

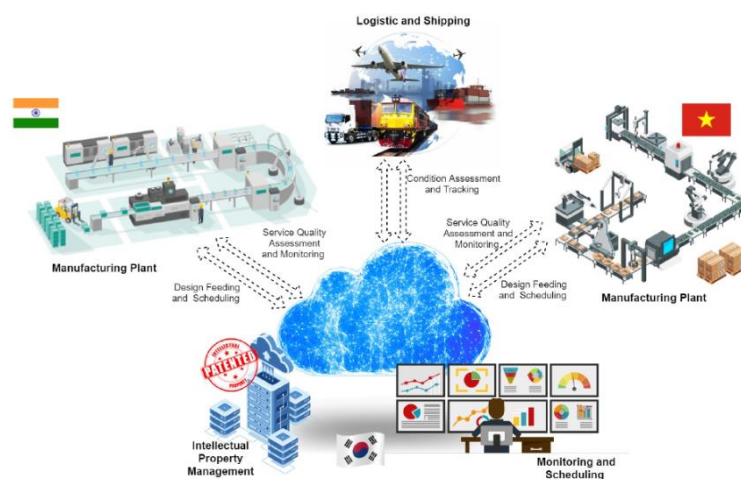


Рисунок 2.10 – Хмарне виробництво

Рисунок 2.10 показує хмарне виробництво. У хмарному виробничому процесі багатонаціональні зацікавлені сторони співпрацюватимуть разом, щоб керувати ефективним і низьковитратним виробничим процесом. Відмінними рисами хмарного виробництва є надійність, висока якість, економічна ефективність та можливості на вимогу. Крім того, це позитивно впливає на навколишнє середовище, оскільки хмарне виробництво може усунути необхідність доставки сировини для виробничого процесу на великі відстані. Крім того, хмарне виробництво є лідером серед передових виробничих моделей, таких як адитивне виробництво та виробнича мережа. Хмарне виробництво дозволяє дизайнерам захищати свої інтелектуальні компоненти, такі як файли дизайну виробів, зберігаючи їх у хмарі з надійним контролем доступу, та використовувати виробничі ресурси, розподілені по різних географічних регіонах. Таким чином, дизайнери можуть розміщувати свої виробничі підприємства ближче до сировини, а також до країн, де собівартість виробництва дешевша. При цьому управління машинами на заводі та операціями життєвого циклу виробництва, такими як склад послуг і планування, здійснюється за допомогою хмари. Інформація про робочий стан виробничого процесу може бути зібрана за допомогою датчиків Інтернету речей і проаналізована в хмарі. Лі та ін. і Тао та ін. представили, як хмарне виробництво може бути розгорнуте як сервіс-орієнтована виробнича модель. Сюй та ін. пояснили потенційні бізнес-моделі хмарного виробництва, включаючи бізнес-модель “оплата за фактом”. Очікується, що з появою I5.0 наступне покоління систем хмарного виробництва задовольнятиме різноманітні та складні вимоги в інженерному, виробничому та логістичному контекстах. Технологічний розвиток технологій AI/ML, функцій ЕС та телекомунікаційних мереж на базі 5G відкриває різні шляхи для експоненціального розширення можливостей майбутніх хмарних виробничих систем.



Проривні технології, які уможливають I5.0, такі як DT, коботи, 5G і далі, ML, IoT, EC тощо, що відповідають розуму та інноваціям людини, можуть допомогти галузям у задоволенні попиту та швидшому постачанні персоналізованих та кастомізованих продуктів. Це допомагає управлінню ланцюгами поставок (supply chain management (SCM)) інтегрувати масову кастомізацію, яка є ключовою концепцією I5.0, у свої виробничі системи. DT можна використовувати для створення цифрової копії SCM, яка складається зі складів, позицій запасів, активів і логістики. DT охоплює заводи, постачальників, контрактних виробників, фабрики, транспортні шляхи, дистриб'юторські центри та місцезнаходження клієнтів. DT підтримує весь життєвий цикл SCM, починаючи з етапу проектування, будівництва та введення в експлуатацію і закінчуючи експлуатацією. Моделюючи системи SCM в режимі реального часу, DT може відчувати реальні дані за допомогою датчиків IoT. ML, bigdata тощо можуть використовувати ці дані для прогнозування труднощів, з якими стикаються на різних етапах SCM. Таким чином, галузі можуть вжити превентивних коригувальних заходів для мінімізації втрат і помилок на декількох етапах SCM і можуть допомогти в доставці індивідуальних продуктів клієнтам у найкоротші терміни. За допомогою DT підприємства можуть оцінювати складні взаємопов'язані торговельні операції з точки зору потужності, обслуговування, запасів та загальних витрат. DT також може допомогти галузям у збільшенні їхньої маржі, зменшенні операційних витрат на різних етапах SCM. Дефрає та ін. запропонували підхід на основі DT, який імітує теплову поведінку плодів манго протягом усього холодильного транспортування плодів манго. Вони також розробили інноваційний сенсорний пристрій, який імітує фрукт для перевірки моделі температури м'якоті фрукта. Автори продемонстрували, як DT може надати інформацію про температурну поведінку фруктів протягом ланцюга поставок. Ці знання допоможуть галузі SCM визначити, де відбуваються втрати під час транспортування фруктів, що залежать від

температури, і, отже, вжити коригувальних заходів для мінімізації втрат. Таким чином, DT може допомогти в удосконаленні логістики та холодильних процесів для зменшення втрат і реалізації “зеленого” ланцюга поставок. Grief та ін. запропонували концепцію легкої DT для будівельної галузі. У цій статті вони дослідили переваги DT у зменшенні витрат SCM у будівельній галузі. Marmolejo запропонував DT для фармацевтичної компанії, щоб зробити процес SCM більш надійним. Автор розробив цю технологію, використовуючи вирішувачі, симулятори та аналітичні інструменти. Автор змодельовав і проаналізував різні робочі сценарії процесу інвентаризації, постачання, виробництва і дистрибуції продукції для фармацевтичної компанії. DT сприяла предиктивній аналітиці, яка передбачає збої або зміни в ланцюжку поставок у фармацевтичній компанії та забезпечила кращу комунікацію між зацікавленими сторонами.

Роботи можуть відігравати дуже важливу роль в SCM. Рутинні/небезпечні завдання, такі як пакування, рутинні перевірки якості, перенесення важких вантажів тощо, які люди не наважуються виконувати, можуть бути виконані роботами, тоді як досвід людей може бути використаний для виконання більш складних робіт у життєвому циклі SCM. Роботи можуть бути використані в таких сферах протягом усього життєвого циклу SCM, як обробка матеріалів, збірка матеріалів, пакування, перевірка якості, транспортування, доставка продукції клієнтам та отримання продукції від клієнтів. Завдяки роботам галузі SCM можуть знизити загальну вартість володіння. Таким чином, роботи спрощують всі процеси в SCM, такі як систематичне управління запасами, відстеження запасів, виконання замовлень і повернення продукції.

Загально визнано, що під час минулих технологічних революцій впровадження робототехніки та автоматизації призвело до зміни парадигми у виробничій галузі в усьому світі. Історично роботи виконували ризиковану, монотонну або фізично важку роботу на виробництві, таку як зварювання та

фарбування на автомобільних заводах, а також завантаження та розвантаження важких вантажів на складах. I5.0 спрямована на поєднання цих когнітивних обчислювальних навичок з людським інтелектом і винахідливістю у спільних операціях, оскільки машини на робочому місці стають розумнішими і більш взаємопов'язаними. Тому можна припустити, що п'ята промислова революція принесе зрушення в нормах і внесе фундаментальні зміни в наш підхід до промисловості та виробництва. Нахаванді та ін. надали деякі практичні висновки щодо того, як можна розглядати п'яту ітерацію в стані її реалізації та її вплив з точки зору продуктивності та економіки. У цьому дослідженні також перераховані технології, що сприяють розвитку I5.0, які включають сумісність мережевих даних датчиків, багатомасштабне імітаційне та динамічне моделювання, відстеження виробництва, віртуальне навчання, автономні системи та машинне пізнання. Вони також припустили, що завданням коботів у п'ятій ітерації буде аналіз намірів людини перед аналізом самого завдання, тобто коботи повинні розуміти, коли їхня спільна робота з людиною потребує допомоги. Дослідження припускає, що ми все ще не наблизилися до впровадження I5.0, оскільки деякі лідери галузі все ще вірять в ідеологію I4.0. Однак було зроблено висновок, що п'яте покоління створить робочі місця у сфері людино-машинної взаємодії. Джаваїд і Халім визначили значущі індикатори I5.0 для застосування у виробництві. Зокрема, в цьому дослідженні обговорюються реальні проблеми виробництва у зв'язку з 17 критичними компонентами п'ятої промислової революції. Автори припускають, що використання I5.0 у виробничих галузях, безумовно, додасть більшої цінності для компанії та підвищить задоволеність клієнтів. Кері Шерберн запропонував потенційне використання I5.0 у текстильній промисловості. Їхнє якісне дослідження створює основу для використання характеристик I5.0 у рішеннях для обчислень, що в кінцевому підсумку призведе до її реалізації в текстильній промисловості досить скоро.

Освіта розглядається як нагальна потреба і наріжний камінь для реформ у кожній країні. У відповідь на зміни в культурі та бізнесі освіта розвивається, створюючи цінні інтелектуальні ресурси, які в майбутньому знадобляться бізнесу для досягнення успіху. Освіта в І4.0 була більш технологічно орієнтованою, тобто мінімізувала участь людини і надавала пріоритет машинам, але в І5.0 мотивом є створення синергії між автономними машинами і людиною. Дует потужних машин у поєднанні з краще підготовленими фахівцями сприятиме ефективному, сталому та безпечному виробництву. І5.0 принесе з собою роль провідного робототехніка. Ця людина спеціалізується на взаємодії між машиною та оператором, а також має досвід у таких сферах, як робототехніка та штучний інтелект. Його посада в організації вимагає прийняття рішень щодо цих змінних, а це можливо лише за наявності навичок освіти 5.0, тобто поєднання технологічних, комунікаційних та лідерських навичок. Кент і Копачек пов'язали традиційну освіту з І5.0, ставлячи такі питання, як: чи достатньо традиційної освіти для навчання працівника? Чи існує потреба в удосконаленій системі освіти? Їхнє дослідження трансформує проблему взаємодії людини з машиною у взаємодію кобота з коботом, де кобот – це людина, яка працює з роботом у співпраці.

#### **2.4 Дослідження застосування технології 6G в контексті І5.0**

Очікується, що 6G, порівняно зі своїм попередником, запропонує значно кращі можливості зв'язку, такі як пікова швидкість передачі даних на рівні Тбіт/с, затримки на рівні мікросекунд і надійність мережі на рівні 99,99999%.

Хоча 6G обіцяє багато, малоімовірно, що 6G скоро увійде в повсякденне життя, незважаючи на те, що кілька великих компаній і країн вже розпочали дослідження 6G, телекомунікаційна галузь повинна вирішити

кілька питань, перш ніж побачити успіх 6G. Труднощі полягають не тільки в технології ТГц, але й у визначенні додатків, які сприятимуть впровадженню 6G. IDTechEx вже багато років досліджує 5G і 6G. Існують певні апаратні перешкоди на шляху до зв'язку 6G, а також потенційні додатки, які можуть сприяти розвитку 6G.

6G буде використовувати спектр вище 100 ГГц і в кінцевому підсумку досягне ТГц. Переваги використання такої високої частоти очевидні: можна використовувати величезну пропускну здатність, що дозволяє передавати пікові потоки даних у Тбіт/с із затримкою на рівні мікросекунд. Однак є кілька обмежень у використанні такого високочастотного спектру.

Однією з найважливіших проблем є те, що сигнал ТГц значно послаблюється в повітрі, що обмежує дальність передачі і робить його легко заблокованим через перешкоди. Оскільки закони фізики не можна ігнорувати, найважливішим елементом для створення пристрою для високочастотного зв'язку є забезпечення достатньої енергії для досягнення розумної дальності передачі, навіть у складі антенної решітки.

Вибір правильних напівпровідників для збільшення дальності зв'язку є найбільш важливим. На рисунку 2.11 наведено огляд варіантів напівпровідникових технологій, що працюють у діапазоні понад 100 ГГц. CMOS може покривати пристрої, що працюють на частотах нижче 150 ГГц, особливо для пристроїв, що потребують зв'язку на короткі відстані (для більшої дальності може знадобитися використання інших напівпровідників, таких як SiGe або III-V для підсилювачів потужності). Однак, коли мова йде про частоти вище 200 ГГц, комбінація CMOS для логіки і III-V транзисторів для малощумних підсилювачів і підсилювачів потужності буде правильним рішенням. Технологія SiGe BiCMOS наразі забезпечує найкращий компроміс з точки зору продуктивності, низької вартості і простоти інтеграції для частот від 200 ГГц до 500 ГГц. InP може стати найкращою технологією для ТГц і

може бути придатною для застосувань, де вартість не є першочерговою проблемою.

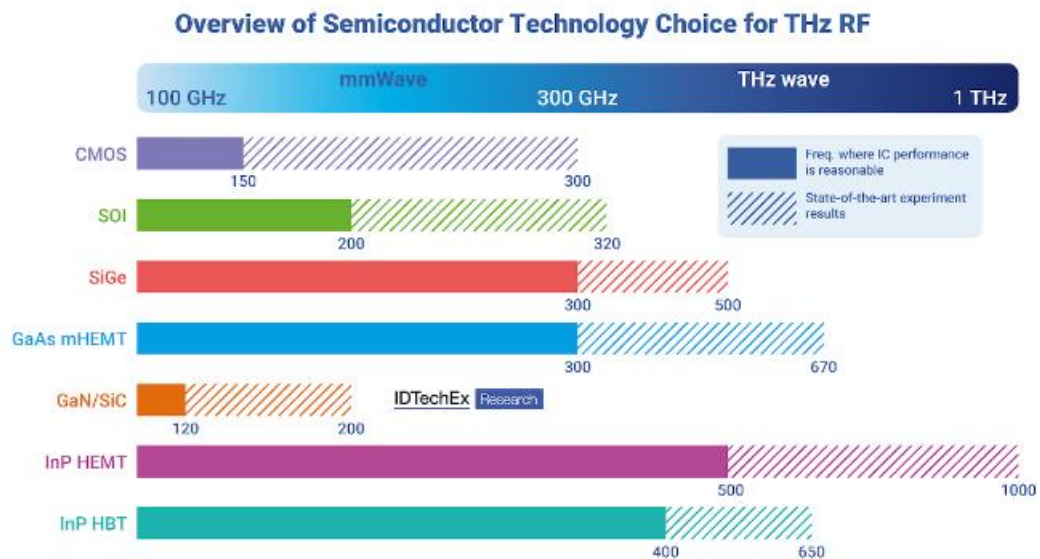


Рисунок 2.11 – Огляд напівпровідників для 6G

Інші активні напрямки досліджень і розробок, окрім напівпровідникових технологій, включають необхідність пошуку матеріалів з наднизькими втратами, низькою діелектричною проникністю і тепловими втратами, щоб уникнути значних втрат при передачі, розробку нової методології пакування, яка тісно інтегрує радіочастотні компоненти з антенами, а також управління енергоспоживанням і тепловими проблемами в міру того, як пристрої стають все більш компактними і складними. У звіті IDTechEx про дослідження ринку 6G “Ринок 6G 2023-2043: технології, тенденції, прогнози, гравці” детально розглядаються ці виклики.

Почнемо з найпростішого – з частотного діапазону. У 5G ми знаємо, що діапазони до 6 ГГц (3,5-6 ГГц) і міліметрові хвилі (mmWave, 24-100 ГГц) є двома новими діапазонами серед охопленого спектра. У 6G розглядаються діапазони частот від 7 до 20 ГГц, W-діапазон (вище 75-110 ГГц), D-діапазон (від 110 ГГц до 175 ГГц), діапазони між 275 ГГц і 300 ГГц, а також діапазон ТГц (0,3-10 ТГц). Діапазони від 7 до 20 ГГц беруться до уваги через

необхідність покриття, яке дозволить використовувати мобільні та “рухомі” додатки для численних варіантів використання 6G. Діапазони W і D представляють інтерес як для доступу до 6G, так і для мереж Xhaul (наприклад, транзитного зв’язку). Необхідно розглянути рішення, яке відповідає цілям обох послуг. Станом на вересень 2022 року розподіл спектру у світі не виходить за межі 275 ГГц; тим не менш, смуги частот у діапазоні 275-450 ГГц були визначені для впровадження додатків наземного мобільного та фіксованого зв’язку, а також радіоастрономії та супутникового зв’язку для дослідження Землі та космічних досліджень у діапазоні 275-1000 ГГц. Дослідження IDTechEx для діапазонів частот показано на рисунку 2.12.

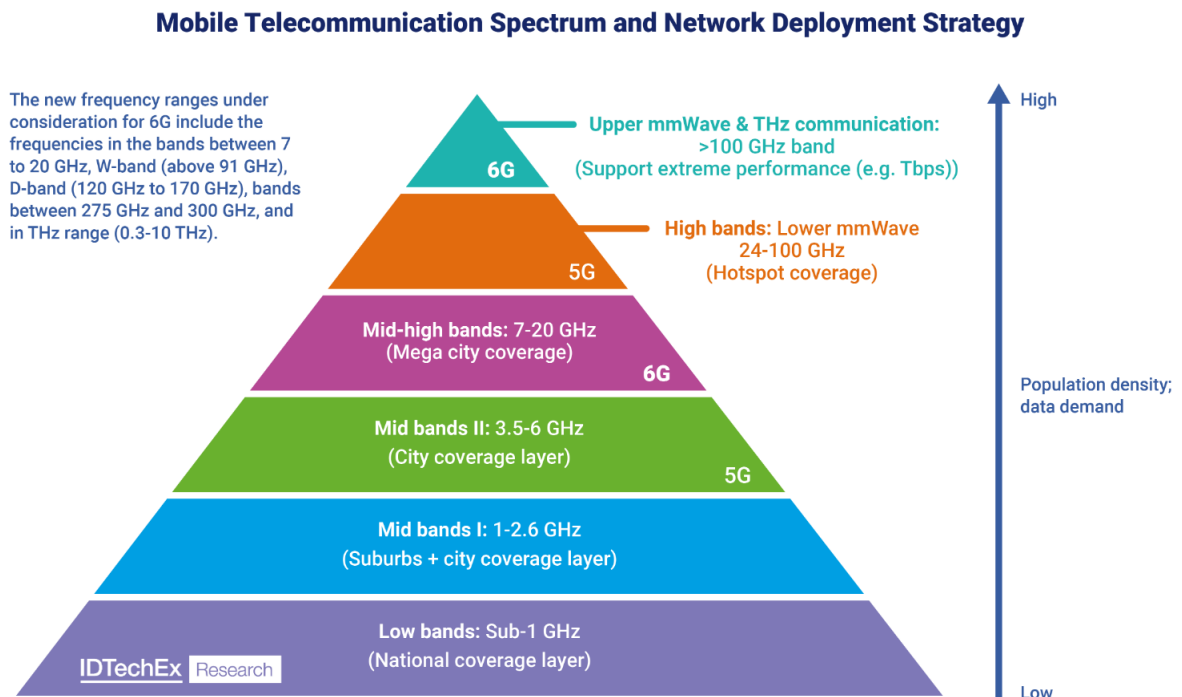


Рисунок 2.12 – Дослідження діапазону частот

Очікується, що завдяки використанню великої пропускної здатності в ТГц діапазоні частот, 6G забезпечить швидкість передачі даних 1 Тбіт/с. Однак досягти такої швидкості дуже складно, оскільки необхідна велика безперервна смуга пропускання, але в реальності смуги пропускання, доступні для використання, обмежені і розділені на різні діапазони. Інший

аспект полягає в тому, що спектральна ефективність є прямим компромісом з необхідним співвідношенням сигнал/шум (SNR) для виявлення. Чим вище необхідне SNR, тим коротшим стає відповідний діапазон через обмеження переданої потужності на високих частотах, а також через додатковий шум. Наприклад, найсучасніший прототип передавача фазової решітки D-діапазону від Samsung наразі демонструє найбільшу відстань у 120 м, але досягає лише 2,3 Гбіт/с. Інші групи демонструють вищу швидкість передачі даних, але відстань передачі по повітрю вимірюється лише на рівні сантиметрів.

Для подальшого збільшення дальності зв'язку, а також швидкості передачі даних, при розробці радіостанції 6G необхідно врахувати кілька вимог. Наприклад, вибір відповідних напівпровідників для збільшення дальності зв'язку є критично важливим, так само як і вибір матеріалів з низькими втратами, малою діелектричною проникністю і тепловими втратами, щоб запобігти значним втратам при передачі даних. Для подальшого зменшення втрат при передачі потрібна нова стратегія пакування, яка тісно інтегрує радіочастотні компоненти з антенами. Однак слід пам'ятати, що оскільки пристрої стають все більш компактними, управління живленням і тепловим режимом стає ще більш важливим.

На додаток до дизайну пристрою, стратегія розгортання мережі також є важливою сферою для досліджень, щоб вирішити проблеми NLOS і енергоспоживання. Наприклад, створення гетерогенного інтелектуального електромагнітного (EM) середовища досліджується з використанням широкого спектру технологій, таких як інтелектуальні поверхні з можливістю реконфігурації (RIS) або ретранслятори.

Потрібно звернути увагу на те, що хоча за визначенням діапазон ТГц лежить в межах від 300 ГГц до 10 ТГц, телекомунікаційні фахівці вважають, що простіше класифікувати додатки, що працюють за межами 100 ГГц, як зв'язок у діапазоні ТГц.



Важливо визначити ключові бізнес-кейси для стимулювання впровадження нових технологій. Незважаючи на те, що оператори рекламують чудову продуктивність, яку забезпечує 5G mmWave, ринок mmWave все ще не розвивається, незважаючи на роки комерціалізації 5G. Переважна більшість розгорнутих мереж 5G продовжують використовувати 5G на частоті до 6 ГГц. Які причини? Згідно з первинними інтерв'ю IDTechEx, більшість людей згадують єдину причину – це відсутність додатків, які можуть бути реалізовані лише за допомогою mmWave і ніякими іншими технологіями. Те ж саме питання можна поставити і про 6G: навіщо він потрібен?

З точки зору споживача, мати канал зв'язку зі швидкістю передачі даних у Тбіт/с і затримкою на рівні мікросекунд, але платити вищу абонентську плату, ймовірно, не буде привабливим, якщо додатки на їхніх мобільних пристроях майже не відрізняються від тих, що вони мають зараз. Ми багато чули про те, що 5G і 6G відкривають нові можливості метамережі, але реальних прикладів використання, які могли б сприяти широкому впровадженню, все ще бракує. Однак не слід забувати, що 6G матиме свої унікальні можливості у сфері зондування, візуалізації, точного позиціонування тощо. Ці характеристики відкриють інші сфери застосування для бізнесу і дозволять використовувати 6G у сферах, що виходять за рамки мобільного зв'язку, що може сприяти подальшій цифровізації та автоматизації різних галузей промисловості. Наприклад, використання мереж 6G для досягнення точного сприйняття і сантиметрового позиціонування мобільних роботів, демонструючи можливість дистанційного керування мобільними роботами для підйому і перенесення різних об'єктів. Водночас ця лінія передачі також забезпечує високошвидкісну бездротову передачу відео високої чіткості в реальному часі між мобільним роботом і контролером, що уможливорює синестезійну інтеграцію. Крім того, оскільки спектр розширюється за межі 275 ГГц, цікаві випадки використання, на які

варто звернути увагу, включають використання ТГц-з'єднань в якості бездротових каналів зв'язку для заміни оптоволокна в центрах обробки даних, що дозволяє реконфігурувати маршрути, зменшити розмір серверних/маршрутизаторних стійок і, звичайно ж, значно скоротити витрати; а також створення одного або декількох високошвидкісних каналів зв'язку “точка-точка” в межах пристрою, що дозволяє пришвидшити маршрутизацію.

Підсумовуючи, можна сказати, що сильні бізнес-кейси, які IDTechEx бачить для 6G, в даний час зосереджені на бізнес-кейсах використання. Однак це не означає, що 6G не буде необхідним на споживчих ринках зв'язку; скоріше, для того, щоб сприяти широкому впровадженню на споживчих ринках, необхідно продемонструвати переконливі приклади використання.

## **2.5 Висновки до другого розділу**

Другий розділ кваліфікаційної роботи присвячений дослідженню технологій Індустрії 5.0 та передових країн, що їх впровадили чи планують до впровадження. Це дасть змогу визначити ключові аспекти розвитку мережевих технологій в контексті І5.0, які будуть потребувати вдосконалення чи майбутніх досліджень. Виявлено, що до основних технологій, що потребують мережевих функцій відносяться граничні обчислення, цифрові двійники, ІоЕ, аналіз великих даних, коботи, 6G та блокчейн. Дослідження показали, що при впровадженні концепції І5.0 існуючих потужностей технології 5G може бути недостатньо. Використання 6G і наступних поколінь у революції І5.0 дає змогу забезпечити кращу затримку, підтримувати високоякісні послуги, а також розгалужену інфраструктуру Інтернету речей та інтегровані можливості штучного інтелекту. У додатках І5.0 мережі 6G допомагають підвищити

продуктивність додатків економно та ефективно, забезпечуючи розумне управління спектром, мобільний зв'язок на основі ШІ та розумну мобільність. Проведено дослідження основних галузей застосування I5.0 та мережевих технологій для їх функціонування. Туди входять такі як розумна медицина, хмарне виробництво товарів, управління ланцюгами поставок, розумне навчання, управління катастрофами. Досліджено аспекти впровадження технології 6G, як рушійної сили концепції I5.0. Проведено аналіз спектрів застосування цієї технології та технологічних аспектів її розробки та застосування.

## **3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **3.1 Охорона праці**

#### **3.1.1 Безпечні умови праці при монтажі комп'ютерної мережі**

Законодавчими актами, що визначають основні положення про охорону праці є загальні закони України, а також спеціальні законодавчі акти. До загальних законів належать: Конституція України, Закони України: “Про охорону праці”, “Про охорону здоров'я”, “Про пожежну безпеку”.

Приміщення, в яких встановлені персональні комп'ютери, повинні мати природне та штучне освітлення відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 [55].

Згідно з ДСанПіН 3.3.2-007-98 [56] та з Правилами охорони праці під час експлуатації ЕОМ НПАОП 0.00-1.28-10 [57] площа на одне робоче місце має становити не менше ніж 6,0 кв. м, а об'єм – не менше ніж 20,0 куб. м

До початку робіт у комплексній бригаді проводиться первинний інструктаж з безпечного виконання робіт з основної та суміжних професій та ознайомлення з правилами надання першої допомоги.

Особи з простудними і хронічними захворюваннями верхніх дихальних шляхів до роботи з монтажу комп'ютерних мережі та заготовки і монтажу пластмасових труб не допускаються.

Згідно ДНАОП 0.00-1.15-07 [58]. Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті (при підйомі над поверхнею вище, ніж 1,3 м) виконуються тільки з риштувань або помостів. До виконання робіт на висоті допускаються особи, не молодше 18 років, та які пройшли:

– професійний добір відповідно до Переліку робіт, де є потреба у професійному доборі, затвердженого спільним наказом Міністерства охорони здоров'я України та Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 23.09.94 N 263/121, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 25.01.95 за N 18/554;

- медичний огляд відповідно до вимог Положення про медичний огляд працівників певних категорій, затвердженого наказом Міністерства охорони здоров'я України від 31.03.94 N 45, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 21.06.94 за N 136/345;

- спеціальне навчання та перевірку знань з охорони праці відповідно до вимог Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці, затвердженого наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 26.01.2005 N 15, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 15.02.2005 за N 231/10511 (далі - НПАОП 0.00-4.36-05 [59]).

Вимоги безпеки перед початком роботи передбачають, що до початку робіт з монтажу комп'ютерної мережі керівник зобов'язаний:

- перевірити ступінь готовності будівельних робіт;
- оцінити виробничі обставини, можливість взаємодії з іншими будівельно-монтажними організаціями у відповідності з проектом виконання робіт (ПВР); можливість безпечного застосування машин, механізмів, пристосувань, місця їх установки та порядок проїзду; можливість безпечного застосування піротехнічного інструменту, безпечної подачі електричних конструкцій, електротехнічних апаратів та інших блоків;

- узгодити з відповідними службами та, при необхідності, внести уточнення в ПВР.

- ознайомити працюючих з ПВР та технологічними картами на всі види робіт.

Керівник робіт повинен здійснити первинний інструктаж, який стосується:

- характеру та безпечних методів виконання робіт (у т.ч. за складних погодних умов); порядку проходів до кожного робочого місця;

- наявності небезпечних зон та відкритих каналів і траншей, відкритих прорізів, отворів у перекриттях та стінах;

- порядку розвантаження та складування матеріалів, устаткування та конструкцій;
- місць та порядку трансформаторів безпеки, електрифікованого інструменту, засобів електроосвітлення, випробувальних апаратів;
- порядку і місця установки вантажних лебідок та інших механізмів у монтажній зоні; порядку роботи з гідропідйомників, риштувань, підмостків, драбин; наявності діючих електроустановок та заборонених зон;
- надання першої допомоги, виклику швидкої медичної допомоги, пожежної охорони, керівника робіт чи роботодавця, представника служби охорони праці.

Перевірити наявність та термін дії посвідчень з охорони праці, електропожежобезпеки, посвідчень на право виконання спеціальних видів робіт (зварювання, монтаж кабельної арматури).

Видати наряд-допуск операторам на виконання робіт підвищеної небезпеки з проведенням цільового інструктажу та записом до журналу реєстрації інструктажів з питань охорони праці. Підписи інструкторів та інструктованих у журналі обов'язкові.

Попередити працюючих, що з'єднання та від'єднання від мережі обладнання, механізмів, інструменту, інвентарних шаф тощо (крім оперативного вмикання і вимикання) в умовах будівельного майданчика виконуються тільки службою експлуатації власника мережі, якщо не існує іншої письмової домовленості з власником.

Вимоги безпеки під час виконання роботи:

- прокладання кабелів слід виконувати тільки в рукавицях.
- працювати ручними ударними інструментами слід із застосуванням захисних щитків або окулярів з непробивним склом.
- переносити чи перевозити інструмент з гострими кутами треба лише в чохлах.

– не дозволяється розміщувати кабель, барабан з кабелем та без нього, механізми, пристрої та інструменти безпосередньо біля бровки траншеї.

– перекичувати барабан з кабелем слід у напрямку стрілки, нанесеної фарбою на щоці барабана.

– переміщувати барабан з кабелем вручну дозволяється тільки по твердому ґрунту або надійному настилу по горизонтальній поверхні на відстань не більше .

Не дозволяється працюючим чи стороннім особам перебувати на шляху барабана, що переміщується. Під час піднімання барабана необхідно слідкувати за тим, щоб не пошкодити щоки барабана та втулку. Перед розмотуванням барабан встановити на домкрати (чи інший підймальний пристрій). Барабан встановити так, щоб кабель розмотувався з його верхньої частини. Розмотувати кабель з барабана слід тільки за наявності гальмівного пристрою.

Прокладання кабелів і монтаж мережевого обладнання слід виконувати у захисному одязі з можливістю використання електростатичних браслетів.

Згідно ДБН В.2.5-23:2010 [60]. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення установлена потужність робочого місця локальної обчислювальної мережі (ЛОМ) (без врахування периферійних пристроїв) приймається 250...300 Вт, сервера – 750... 1000 Вт або згідно з технічною документацією на ці електронні пристрої ЛОМ.

Граничні значення  $X$  електронних пристроїв різної потужності для закордонних виробників обмежується стандартом EN 61000-3-2, для більшості випадків значення можливо приймати 0,72.

Усі об'єкти ЛОМ мають як активну, так і реактивну складові навантаження, тобто повна потужність у вольт-амперах (ВА, англ. «VA») і активна потужність у ватах (Вт, англ. «W») зв'язані між собою коефіцієнтом  $\cos \varphi$ . На приладах (блоці живлення комп'ютера) вказують їхню активну

споживану потужність у ватах. Щоб підрахувати повну потужність у ВА, потрібно активну потужність у Вт розділити на  $\cos \varphi$ . Наприклад, якщо на блоці живлення комп'ютера написано «850 Вт» ( $\cos \varphi$  зазвичай не вказаний), це означає, що для грубого розрахунку повної потужності, яка споживається насправді, можна активну потужність розділити на 0,7. Споживана повна потужність дорівнюватиме  $850 \text{ Вт} / 0,7 \approx 1200 \text{ ВА} = 1,2 \text{ кВА}$ . Необхідно визначити суму потужностей усіх споживачів, що мають потребу в одночасному постачанні електроенергії.

При проектуванні електрообладнання будинків та споруд слід також керуватись вимогами відповідних розділів правила улаштування електроустановок (ПУЕ), розділів 2, 3, 4.1, 4.2, 9 [61], та нормативно-правових актів охорони праці (НПАОП) 40.1-1.32 [62] та вимогами інших чинних нормативних документів.

Не можна застосовувати провід і кабель в ізоляції з вулканізованої гуми та інші матеріали, які містять сірку. У всіх приміщеннях із серверами та робочими місцями, обладнаними ЕОМ, повинні бути встановлені переносні вуглекислотні вогнегасники. Використання води для гасіння пожежі в приміщеннях, де встановлено електро- і радіоелектронне обладнання, недопустиме, не можна також користуватись і кислотно-лужними вогнегасниками. У громадських будинках та приміщеннях з наявністю ПЕОМ, приміщеннях обчислювальних центрів рекомендується використовувати вуглекислотні вогнегасники типу ОУ-5, ОУ-8, ОУ-25, ОУ-80, вуглекислотні бром-етиллові вогнегасники типу ОУБ-3 і ОУБ-7, вуглекислотні вогнегасники від ВВК-1 до ВВК-5, які придатні до експлуатації при температурі повітря від мінус 20 до плюс 50°C.

Кількість вогнегасників для захисту приміщень визначають згідно з п. 3.8 норм належності, затверджених МНС України, та з урахуванням сумарної площі цих приміщень. Тобто слід передбачати по одному вуглекислотному вогнегаснику з величиною заряду вогнегасної речовини 3 кг і більше на



кожні 20 кв. м площі підлоги в офісних приміщеннях із ПЕОМ та електрощитових і на 50 кв. м площі підлоги приміщень машзалів.

Приміщення, в яких розміщуються робочі місця операторів сервера загального призначення, обладнуються системою автоматичної пожежної сигналізації та засобами пожежогасіння відповідно до вимог НАПБ Б.06.004-2005, ДБН В.2.5-56:2010 [63]. Установки порошкового пожежогасіння не застосовують для захисту приміщень із ЕОМ, апаратних залів АТС та інших приміщень із великою кількістю відкритих контактних пристроїв.

У приміщенні, де одночасно експлуатуються понад п'ять ЕОМ з ВДТ і ПП, на доступному місці встановлюється аварійний резервний вимикач, який може повністю вимкнути електричне живлення приміщення, крім освітлення. Електромережі штепсельних з'єднань та електророзеток для живлення ЕОМ з ВДТ і ПП потрібно будувати за магістральною схемою, по 3 – 6 з'єднань або електророзеток в одному колі.

## **3.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях**

### **3.2.1 Ультразвук та інфразвук, його вплив на організм людини**

Ультразвук являє собою механічні коливання пружного середовища, що мають однакову зі звуком фізичну природу, але відрізняються більш високою частотою, що перевищує прийняту верхню межу чутності - понад 20 кГц, хоча при великих інтенсивностях (120 ... 145 дБ) чутними можуть бути і звуки більш високої частоти.

Ультразвук, як і звук, характеризується ультразвуковим тиском (Па), інтенсивністю (Вт/м<sup>2</sup>) і частотою коливань (Гц).

При поширенні в різних середовищах ультразвукові хвилі поглинаються, причому тим більше, чим вище їх частота. Низькочастотний ультразвук досить добре розповсюджується в повітрі, а високочастотний - практично не поширюється. У пружних середовищах (воді, металі та ін)

ультразвук мало поглинається і здатний поширюватися на великі відстані, практично не втрачаючи енергії. Поглинання ультразвуку супроводжується нагріванням середовища.

Специфічною особливістю ультразвуку, обумовлене великою частотою і малою довжиною хвилі, є можливість поширення ультразвукових коливань спрямованими пучками, які отримали назву ультразвукових променів. Вони створюють на відносно невеликій площі дуже велике ультразвукове тиск. Це властивість ультразвуку зумовило широке його застосування: для очищення деталей, механічної обробки твердих матеріалів, зварювання, пайки, прискорення хімічних реакцій, дефектоскопії, перевірки розмірів виробів, що випускаються, структурного аналізу речовин, гідролокації та ін. Знайшов застосування ультразвук і в медицині для лікування захворювань хребта, суглобів, периферичної нервової системи.

При тривалій роботі з низькочастотними ультразвуковими установками, що генерують шум і ультразвук, що перевищують встановлені, можуть відбутися функціональні зміни центральної і периферичної нервової системи, серцево-судинної системи, слухового і вестибулярного апарату і т. п. У порівнянні з високочастотним шумом ультразвук значно слабше впливає на слухову функцію, але викликає більш виражені відхилення від норми вестибулярної функції, больової чутливості і терморегуляції. Те, що ультразвук впливає на різні органи і системи людини не тільки через слуховий апарат, підтверджується несприятливим його дією на глухонімих.

Для колективного захисту від дії підвищених рівнів ультразвуку можна використовувати такі напрями: зменшення шкідливого випромінювання ультразвукової енергії в джерелі її виникнення; локалізацію дії ультразвуку конструктивними і планувальними рішеннями, проведення організаційно-профілактичних заходів.

Для зменшення шкідливого випромінювання звукової енергії в джерелі рекомендується підвищувати робочі частоти джерел ультразвуку, що

забезпечує зменшення інтенсивності ультразвуку, а також виключати паразитні випромінювання звукової енергії.

Для локалізації ультразвуку обов'язковим є застосування звукоізолюючих кожухів, екранів. Якщо ці заходи не дають позитивного ефекту, то ультразвукові установки потрібно розміщувати в окремих приміщеннях і кабінах, облицьованих звукопоглинальними матеріалами.

Контактний вплив ультразвуку виключається автоматизацією виробничих процесів і застосуванням дистанційного управління. При особливої необхідності використовують спеціальний інструмент з віброізолюючий рукояткою і захисні рукавички.

Організаційно-профілактичні заходи полягають у проведенні інструктажу працюючих та встановлення раціональних режимів праці та відпочинку.

Інфразвук являє собою механічні коливання пружного середовища, що мають однакову з шумом фізичну природу, але поширюються з частотами менше 20 Гц. У повітрі інфразвук мало поглинається і тому здатний поширюватися на великі відстані. Інфразвук характеризується інфразвуковим тиском (Па), інтенсивністю (Вт/м<sup>2</sup>), частотою коливань (Гц). Рівні інтенсивності інфразвуку і інфразвукового тиску виражаються в децибелах (дБ). Багато явищ природи (землетруси, виверження вулканів, морські бурі) супроводжуються випромінюванням інфразвукових коливань. У виробничих умовах інфразвук утворюється, головним чином, при роботі тихохідних великогабаритних машин і механізмів (компресорів, дизельних двигунів, електровозів, вентиляторів, турбін, реактивних двигунів і ін), які роблять обертальний або зворотно-поступальний рух з повторенням циклу менше ніж 20 разів на секунду (інфразвук механічного походження). Інфразвук аеродинамічного походження виникає при турбулентних процесах у потоках газів чи рідин.

Інфразвук справляє негативний вплив на весь організм людини, в тому числі і на орган слуху, знижуючи слухову чутливість на всіх частотах. Інфразвукові коливання сприймаються як фізичне навантаження: виникають стомлення, головний біль, запаморочення, вестибулярні порушення, знижується гострота зору і слуху, порушується периферичний кровообіг, з'являється відчуття страху і т. п. Тяжкість впливу залежить від діапазону частот, рівня звукового тиску і тривалості.

Низькочастотні коливання з рівнем інфразвукового тиску понад 150 дБ зовсім не переносяться людиною. Особливо несприятливі наслідки викликають інфразвукові коливання з частотою 2 ... 15 Гц у зв'язку з виникненням резонансних явищ в організмі людини, причому найбільш небезпечна частота 7 Гц, так як можливо його збіг з альфа-ритмом біоелектричних струмів мозку.

Згідно з СН 22-74 - 80 рівні інфразвукового тиску в октавних смугах з середньгеометричними частотами 2, 4, 8 і 16 Гц не повинні перевищувати 105 дБ, а в смузі з частотою 32 Гц-102 дБ. Боротьба з несприятливим впливом інфразвуку повинна вестися в тих же напрямках, що і боротьба з шумом. Найбільш доцільно зменшувати інтенсивність інфразвукових коливань на стадії проектування машин або агрегатів.

### **3.3 Висновки до третього розділу**

В даному розділі кваліфікаційної роботи розглянуто питання безпечних умов праці при монтажі комп'ютерної мережі. В безпеці в надзвичайних ситуаціях висвітлено питання ультразвуку та інфразвуку і їх вплив на організм людини.

## ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи здійснено дослідження світового досвіду впровадження нових мережевих технологій в контексті Індустрії 5.0. Отримано наступні основні результати виконання роботи:

- здійснено порівняльний аналіз Індустрії 4.0 до Індустрії 5.0, що дало змогу підкреслити позитивність концепції наступного покоління у порівнянні з існуючою. Відзначено людиноцентристкість даного підходу, що повинно покращити ефективність виробничих процесів та задоволеність працівників;

- в аналізі концепції І5.0 подано переходи, що передували виникненню даної парадигми і висвітлено в яких аспектах та за допомогою яких технологій відбудеться перехід;

- проведено аналіз перспектив та обмежень застосування нової концепції І5.0;

- досліджено технології Індустрії 5.0 та передові країни, що їх впровадили чи планують до впровадження. Це дало змогу визначити ключові аспекти розвитку мережевих технологій в контексті І5.0, які будуть потребувати вдосконалення чи майбутніх досліджень;

- виявлено, що до основних технологій, що потребують мережевих функцій відносяться граничні обчислення, цифрові двійники, ІоЕ, аналіз великих даних, коботи, 6G та блокчейн;

- дослідження показали, що при впровадженні концепції І5.0 існуючих потужностей технології 5G може бути недостатньо. Використання 6G і наступних поколінь у революції І5.0 дає змогу забезпечити кращу затримку, підтримувати високоякісні послуги, а також розгалужену інфраструктуру Інтернету речей та інтегровані можливості штучного інтелекту. У додатках І5.0 мережі 6G допомагають підвищити

продуктивність додатків економно та ефективно, забезпечуючи розумне управління спектром, мобільний зв'язок на основі 3G та розумну мобільність;

– проведено дослідження основних галузей застосування I5.0 та мережевих технологій для їх функціонування. Туди входять такі як розумна медицина, хмарне виробництво товарів, управління ланцюгами поставок, розумне навчання, управління катастрофами;

– досліджено аспекти впровадження технології 6G, як рушійної сили концепції I5.0. Проведено аналіз спектрів застосування цієї технології та технологічних аспектів її розробки та застосування..

В розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» розглянуто питання безпечних умов праці при монтажі комп'ютерної мережі та ультразвуку і інфразвуку, їх вплив на організм людини.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Enabling Technologies for Industry 5.0 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-and-data/publications/all-publications/enabling-technologies-industry-50\\_en](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-and-data/publications/all-publications/enabling-technologies-industry-50_en) – Назва з екрану. – Дата звернення: 29.11.2023.
2. Industry 5.0 – Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-and-data/publications/all-publications/industry-50-towards-sustainable-human-centric-and-resilient-european-industry\\_en](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-and-data/publications/all-publications/industry-50-towards-sustainable-human-centric-and-resilient-european-industry_en) – Назва з екрану. – Дата звернення: 29.11.2023.
3. Industry 5.0, a transformative vision for Europe [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-and-data/publications/all-publications/industry-50-transformative-vision-europe\\_en](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-and-data/publications/all-publications/industry-50-transformative-vision-europe_en) – Назва з екрану. – Дата звернення: 29.11.2023.
4. From industry 4-0 to industry 5-0 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.atoss.com/en/insights/blog/from-industry-4-0-to-industry-5-0> – Назва з екрану. – Дата звернення: 29.11.2023.
5. Industry 5-0 bringing empowered humans back to the shop floor [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.frost.com/frost-perspectives/industry-5-0-bringing-empowered-humans-back-to-the-shop-floor/>. – Назва з екрану. – Дата звернення: 30.11.2023.
6. Future of industry 5.0 in society: human-centric solutions, challenges and prospective research areas [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://journalofcloudcomputing.springeropen.com/articles/10.1186/s13677-022-00314-5>. – Назва з екрану. – Дата звернення: 30.11.2023.

7. Industry 5.0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/industry-50\\_en](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/industry-50_en) – Назва з екрану. – Дата звернення: 30.11.2023

8. Industry 5.0: A Survey on Enabling Technologies and Potential Applications [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.researchgate.net/publication/353555332\\_Industry\\_50\\_A\\_Survey\\_on\\_Enabling\\_Technologies\\_and\\_Potential\\_Applications](https://www.researchgate.net/publication/353555332_Industry_50_A_Survey_on_Enabling_Technologies_and_Potential_Applications) – Назва з екрану. – Дата звернення: 1.12.2023

9. Industry 4.0 [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://www.quuppa.com/industry-4-0/?gclid=Cj0KCQiAm5ycBhCXARIsAPldzoWU20ocJRPYn64SA4xbl\\_dJgOXqvXcCHd96pTFxRRYJMibIFGEu-7EaAmzaEALw\\_wcB](https://www.quuppa.com/industry-4-0/?gclid=Cj0KCQiAm5ycBhCXARIsAPldzoWU20ocJRPYn64SA4xbl_dJgOXqvXcCHd96pTFxRRYJMibIFGEu-7EaAmzaEALw_wcB) – Назва з екрану. – Дата звернення: 1.12.2023

10. Why Do We Need 6G and What Are the Challenges? [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.idtechex.com/en/research-article/why-do-we-need-6g-and-what-are-the-challenges/28805> – Назва з екрану. – Дата звернення: 1.12.2023

11. 6G Market 2023-2043: Technology, Trends, Forecasts, Players [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.idtechex.com/en/research-report/6g-market-2023-2043-technology-trends-forecasts-players/911> – Назва з екрану. – Дата звернення: 1.12.2023

12. Industry 5.0 – characteristic, main principles, advantages and disadvantages [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://www.researchgate.net/publication/371158610\\_INDUSTRY\\_50\\_CHARACTERISTIC\\_MAIN\\_PRINCIPLES\\_ADVANTAGES\\_AND\\_DISADVANTAGES](https://www.researchgate.net/publication/371158610_INDUSTRY_50_CHARACTERISTIC_MAIN_PRINCIPLES_ADVANTAGES_AND_DISADVANTAGES) – Назва з екрану. – Дата звернення: 1.12.2023

13. Amobile solutions [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.amobile-solutions.com/en/?gclid=Cj0KCQiAm5ycBhCXARIsAPldzoXq\\_gttAexROGuPD1BpFlttz\\_iRWPHwGHfJYkZCsHITrnzAGp00qRwaAkK\\_EALw\\_wcB](https://www.amobile-solutions.com/en/?gclid=Cj0KCQiAm5ycBhCXARIsAPldzoXq_gttAexROGuPD1BpFlttz_iRWPHwGHfJYkZCsHITrnzAGp00qRwaAkK_EALw_wcB) – Назва з екрану. – Дата звернення: 1.12.2023



14. Digital transformation in manufacturing [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://blogs.cisco.com/manufacturing/how-is-digital-transformation-in-manufacturing-bridging-the-gap-to-productivity-security-resiliency-and-sustainability> – Назва з екрану. – Дата звернення: 1.12.2023
15. Коротыгин С. Стандарт IEEE 802.11 и его расширения / С. Коротыгин, А. Нежуренко - Сети и телекоммуникации, вып. 6(25), 2002 г.
16. Internet of Things [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://blogs.cisco.com/internet-of-things/modern-manufacturing-does-your-network-have-what-it-takes> – Назва з екрану. – Дата звернення: 1.12.2023
17. Drath, R. Horch, A. “Industrie 4.0 Hit or Hype? IEEE Industrial Electronics Magazine.” June 2014, 56–58.
18. Беркман Л. Н. Архітектурна концепція побудови, принцип реалізації, ефективність застосування інтелектуальної телекомунікаційної мережі / Л. Н. Беркман, С. В. Толюпа // Зб. наук. праць ВІТІ НТУУ —КПІІ. – 2007. – №3. – С. 9-17.
19. Колченко В. О. Впровадження інтелекту в мережі наступного покоління (NGN) – перехід до мереж майбутнього покоління (FGN) / В. О. Колченко / Наукові записки УНДІЗ. – 2010. – №2(14). – С.80-85.
20. Беркман Л. Н. Проблеми створення сучасної конвергентної мережі на базі концепції FMC (Fixed-Mobile Convergence) / Л. Н. Беркман, О. І. Чумак, В. В. Григорович, П. Ю. Дещинський // Вісник УНДІЗ. – 2008. – №2. – С. 61-63.
21. Дослідження мережевих архітектур для критичних інфраструктур / [Марценко С.В. та ін.]. // Матеріали XI міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, (Тернопіль, 7 – 8 грудня 2022 р.). – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя – 2022. – С. 137.

22. Дослідження ролі IoT-технологій в промислових комп'ютерних мережах / [Марценко С.В. та ін.]. // Матеріали XI міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, (Тернопіль, 7 – 8 грудня 2022 р.). – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя – 2022. – С. 138.

23. Гребенніков В. О. Проблема загальнодоступності основних телекомунікаційних і інформаційних послуг в Україні та загальні підходи до її розв'язання / В. О. Гребенніков, Г. Ф. Колченко // Наукові записки УНДІЗ. – 2013. № 1(25). – С. 5-13.

24. Hermann, M. Pentek, T. Otto, B. “Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios.” Presented at the 49th Hawaii International Conference on System Sciences. 2016

25. Колченко Г. Ф. Розроблення нормативних документів для забезпечення функціонування системи оперативно-технічного управління телекомунікаційними мережами / Г. Ф. Колченко, І. В. Шестак // Наукові записки УНДІЗ. – 2012. – № 2(24). – С. 5-8.

26. Система управління сучасними телекомунікаційними мережами : монографія : у 2 ч. / [Кривуца В. Г., Беркман Л. Н., Климаш М. М. та ін.]. – Київ : ДУІКТ, 2009. – 268 с.

27. Шерстнева О. Г. Подходы к оценке качества управления связью / О. Г. Шестернева // Сети и системы связи. – 2008. – №11. – С. 35-41.

28. Стеклов В. К. Проектування телекомунікаційних мереж / В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман. ; під ред. В. К. Стеклова – Київ : Техніка, 2002. – 792 с.

29. Kagermann H., Wahlster W., Helbig J. “Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0.” 2013.

30. Kagermann, H. Anderl, R. Gausemeier, J. Schuch, G. Wahlster, W. “Industrie 4.0 in a Global Context.” ACATECH 2016.
31. Industrial-Internet-of-Things-ИоТ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/Industrial-Internet-of-Things-ИоТ> – Назва з екрану. – Дата звернення: 1.12.2023.
32. Industrial-internet-of-things-complete-guide [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.imperosoftware.com/blog/industrial-internet-of-things-complete-guide/> – Назва з екрану. – Дата звернення: 1.12.2023.
33. Cisco Software-Defined WAN (SD-WAN) FAQ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/enterprise-networks/sd-wan/nb-06-sw-defined-wan-faq-cte-en.html?dtid=osscdc000283> – Назва з екрану. – Дата звернення: 1.12.2023.
34. Cisco Software-Defined WAN (SD-WAN) Cloud onRamp for Colocation At-a-Glance [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/enterprise-networks/sd-wan/nb-06-sd-wan-on-ramp-aag-cte-en.html> – Назва з екрану. – Дата звернення: 1.12.2023.
35. Internet-of-things [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.wi-fi.org/discover-wi-fi/internet-of-things> – Назва з екрану. – Дата звернення: 1.12.2023.
36. What Is Network Virtualization? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://blog.gigamon.com/2018/01/04/network-virtualization-optimize/> – Назва з екрану. – Дата звернення: 1.12.2023.
37. Best Network Automation Tools [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.dnsstuff.com/network-automation-tools> – Назва з екрану. – Дата звернення: 1.12.2023

38. What is network automation? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/automation/network-automation.html> – Назва з екрану. – Дата звернення: 1.12.2023.
39. Network automation and orchestration tools review and ratings [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gartner.com/reviews/market/network-automation> – Назва з екрану. – Дата звернення: 1.12.2023.
40. Network automation tools [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.pcwld.com/network-automation-tools-and-software#wbounce-modal> – Назва з екрану. – Дата звернення: 1.12.2023.
41. Solving the Network Virtualization Conundrum [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.arista.com/en/solutions/network-virtualization> – Назва з екрану. – Дата звернення: 1.12.2023.
42. IoT devices separate wi-fi network [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://csolutionsit.com/iot-devices-separate-wi-fi-network/> – Назва з екрану. – Дата звернення: 1.12.2023.
43. Long, James. Storage Networking Protocol Fundamentals. Pearson Education India, 2006.
44. F. Dad et al., “Optimal Path Selection Using Dijkstra’s Algorithm in Cluster-based LEACH Protocol,” *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, vol. 7, no. 2, pp. 194–198, Feb. 2017.
45. Z. U. Rahman et al., “Investigating the Pakistan's Offshore Software Industry Infrastructure,” *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, vol. 7, no. 3, pp. 237–243, Mar. 2017
46. Z. U. Rahman et al., “Magnetic Resonance Images Classification through Relevance Vector Machine,” *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, vol. 7, no. 1, pp. 213–217, Jan. 2017
47. Membrey, Peter, Eelco Plugge, and David Hows. *Practical Load Balancing: Ride the Performance Tiger*. Apress, 2012.

48. Types of IoT networks [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://euristiq.com/types-of-iot-networks/> – Назва з екрану. – Дата звернення: 1.12.2023.
49. Cellular vs wi-fi for IoT [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.particle.io/iot-guides-and-resources/cellular-vs-wifi-for-iot/> – Назва з екрану. – Дата звернення: 1.12.2023.
50. Private LTE or 5G [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.iplook.com/solutions/private-lte-5g-solution\\_s0013.html?gclid=CjwKCAiAs8acBhA1EiwAgRFdw6QjenpP7DfgJ\\_DFKVNMc0lE4cQmgOIAfmsWoDUoRxFFQN1kGpYc8BoCQJMQAvD\\_BwE](https://www.iplook.com/solutions/private-lte-5g-solution_s0013.html?gclid=CjwKCAiAs8acBhA1EiwAgRFdw6QjenpP7DfgJ_DFKVNMc0lE4cQmgOIAfmsWoDUoRxFFQN1kGpYc8BoCQJMQAvD_BwE) – Назва з екрану. – Дата звернення: 1.12.2023.
51. Popovic, Miroslav. Communication protocol engineering. CRC press, 2016. 277
52. Дослідження процесів автоматизації керування мережевими пристроями / [Марценко С.В. та ін.]. // Матеріали X міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, (Тернопіль, 24 – 25 листопада 2021 р.). – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя – 2021. – С. 140.
53. S. Tim, Cisco Telepresence Fundamentals. Pearson Education India, 2010.
54. Tate, Jon, et al. IBM Flex System and PureFlex System Network Implementation. IBM, International Technical Support Organization, 2013.
55. Державні будівельні норми України. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/95.1.%20%D0%94%D0%91%D0%9D%20%D0%92.2.5-28-2006.%20%D0%9F%D1%80%>

[D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B5%20%D1%96%20%D1%88%D1%82%D1%83%D1%87%D0%BD%D0%B5%20%D0%BE%D1%81%D0%B2%D1%96%D1%82%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F.pdf](#) –

Назва з екрану. – Дата звернення: 1.12.2023.

56. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0007282-98#Text> – Назва з екрану. – Дата звернення: 1.12.2023.

57. Про затвердження правил охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://dnaop.com/html/31562/doc-%D0%9D%D0%9F%D0%90%D0%9E%D0%9F\\_0.00-1.28-10](https://dnaop.com/html/31562/doc-%D0%9D%D0%9F%D0%90%D0%9E%D0%9F_0.00-1.28-10) – Назва з екрану. – Дата звернення: 1.12.2023.

58. Про затвердження Правил охорони праці під час виконання робіт на висоті [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0573-07#Text> – Назва з екрану. – Дата звернення: 1.12.2023.

59. Про затвердження Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці та Переліку робіт з підвищеною небезпекою [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-05#Text> – Назва з екрану. – Дата звернення: 1.12.2023.

60. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/92.1.%20%D0%94%D0%91%D0%9D%20%D0%92.2.5-23~2010.%20%D0%86%D0%BD%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%20%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D0%B1%D1%83%D0%B4>

%D0%B8%D0%BD%D0%BA%D1%96%D0%B2%20%D1%96.pdf – Назва з екрану. – Дата звернення: 1.12.2023.

61. Правила улаштування електроустановок [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://art-energetyka.com.ua/%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D0%BB%D0%B0-%D1%83%D0%BB%D0%B0%D1%88%D1%82%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%83%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%BA.pdf> – Назва з екрану. – Дата звернення: 1.12.2023.

62. Про затвердження "Правил будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text> – Назва з екрану. – Дата звернення: 1.12.2023.

63. Про затвердження державних будівельних норм ДБН В.2.5-56:2010 "Інженерне обладнання будинків і споруд. Системи протипожежного захисту" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0537738-10#Text> – Назва з екрану. – Дата звернення: 1.12.2023.

# Додатки



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)  
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)  
Маріборський університет (Словенія)  
Технічний університет у Кошице (Словаччина)  
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)  
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)  
Наукове товариство ім. Т.Шевченка

# **АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Збірник**  
тез доповідей

**XII Міжнародної науково-практичної  
конференції молодих учених та студентів**  
6-7 грудня 2023 року



**УКРАЇНА**  
**ТЕРНОПІЛЬ – 2023**

Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів  
 «АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ» – Тернопіль, 6-7 грудня 2023 року

- |     |  |     |
|-----|--|-----|
| 70. | <b>О. П. Ясній, І. В. Крисюк</b><br>ФАКТОРИ ВПЛИВУ НА НАДІЙНІСТЬ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ В ПРОЦЕСІ ЇХ РОЗРОБКИ   | 462 |
| 71. | <b>О. П. Ясній, М. М. Галас</b><br>АРХІТЕКТУРА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ДОСТУПНІСТЮ ПАРКОМІСЦЬ  | 463 |
| 72. | <b>В. В. Яцишин, Ю. О. Рапацький, Вік. В. Яцишин</b><br>МЕТОДОЛОГІЯ QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT У ПРОЦЕСІ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗРОБКИ КЛІЄНТ-СЕРВЕРНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ      | 464 |
| 73. | <b>С. А. Жураковський, В. Ю. Олійник, В. Р. Ковалишин</b><br>ДОСЛІДЖЕННЯ СВІТОВОГО ДОСВІДУ ВПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ МЕРЕЖЕВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В КОНТЕКСТІ ІНДУСТРІЇ 5.0             | 465 |
| 74. | <b>В. Р. Ковалишин, С. В. Марценко</b><br>ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРСПЕКТИВ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ 5G В УКРАЇНІ  | 466 |
| 75. | <b>І. Р. Плавуцька, Сас Д. В.</b><br>ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ЯК ІННОВАЦІЇ У СФЕРІ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ                           | 467 |
| 76. | <b>І. Р. Плавуцька, Я. Р. Гриневич</b><br>РОБОТИЗАЦІЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ЗАДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА   | 469 |
| 77. | <b>В. Б. Сендецький, М. Ю. Степанюк, В. С. Форгель, І. Ю. Дедів</b><br>ЗАДАЧА ПРОЕКТУВАННЯ АНТЕН ДЛЯ СИСТЕМ СУПУТНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ  | 471 |
| 78. | <b>І. М. Недошитко, М. В. Багрій, Я. В. Мельник, І. Ю. Дедів</b><br>ЗАХИСТ ВІД КОМБІНОВАНИХ ЗАВАД ДЛЯ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СИСТЕМ   | 472 |
| 79. | <b>О. А. Дедів, Я. В. Липницький, Л. Є. Дедів, В. Г. Дозорський, О. Ф. Дозорська</b><br>ЗАДАЧА СИНХРОНІЗАЦІЇ ПРОЦЕДУРИ СВІТЛОТЕРАПІЇ ІЗ РОБОТОЮ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ | 473 |
| 80. | <b>Б. В. Галенда, М. М. Кузнєцов, Л. Є. Дедів</b><br>ЗАДАЧА РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ ОБМІНУ ДАНИМИ З ВІДКРИТИМ КАНАЛОМ  | 474 |
| 81. | <b>А. І. Маняк, І. Ю. Дедів</b><br>СПОСІБ ПЕРЕДАЧІ СИГНАЛУ В СИСТЕМАХ СУПУТНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ  | 475 |

УДК 004.72

С. А. Жураковський, В. Ю. Олійник, В. Р. Ковалишин

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

## ДОСЛІДЖЕННЯ СВІТОВОГО ДОСВІДУ ВПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ МЕРЕЖЕВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В КОНТЕКСТІ ІНДУСТРІЇ 5.0

S. A. Zhurakovskiy, V. Y. Oliinyk, V. R. Kovalyshyn

### STUDY OF THE WORLD EXPERIENCE OF IMPLEMENTING NEW NETWORK TECHNOLOGIES IN THE CONTEXT OF INDUSTRY 5.0

Концепція індустрії 5.0 [1] визначає наступну фазу розвитку виробництва, де промислові процеси взаємопов'язані з новітніми мережевими технологіями, до яких можна віднести Інтернет речей (IoT), штучний інтелект (AI), блокчейн, розширена реальність (AR) та інші.

Світовий досвід впровадження нових мережеских технологій в контексті Індустрії 5.0 є дуже важливим для України, оскільки більшість технологій є іноземного виробництва, а їх різноманіття і динамічність появи - величезна. Останнім часом лідери світового ринку активно впроваджують новітні технології для створення "розумних" фабрик, де автоматизація промислових процесів відбувається за допомогою даних з IoT-датчиків, аналізу даних з використанням штучного інтелекту (AI) та інших інструментів для прийняття рішень.

Прикладом одного з лідерів впровадження Індустрії 5.0 може бути Японія. В межах дослідження тут розвиваються концепції "Фабрики майбутнього" та "Соціальні інновації", де активно впроваджуються новітні мережескі технології, що покликані покращити виробничі процеси та підвищити якість життя населення.

У Німеччині широко впроваджувались ініціативи концепції попередника Індустрії 4.0 для створення "фабрик майбутнього" з використанням цифрових технологій.

Розробки в області мережеских технологій значною мірою проводяться у США, які спрямовані на створення "інтелектуальних" систем виробництва та новітніх методів управління процесами.

До основних питань, що потребують глибшого дослідження можна віднести: стандартизацію, кібербезпеку, інтеграцію цих технологій у виробничі процеси та кадровий потенціал для використання цих нововведень.

У контексті Індустрії 5.0 питання безпеки можна віднести до одного з ключових, оскільки багато систем стають пов'язаними інтернетом. Кібератаки стали звичним явищем, тому методи протидії та захисту потребують удосконалення на постійній основі. Великі обсяги даних зібраних сенсорами, а також захист самих сенсорів є дуже актуальним. З огляду на зростання автоматизації виробництва за допомогою робототехніки та автоматичних систем, важливо забезпечити безпеку працівників та виробничих приміщень, використовуючи безпечні та надійні системи. Встановлення міжнародних стандартів у сфері безпеки є ключовим для забезпечення відповідності та захисту систем у всіх країнах та галузях промисловості.

Успішна реалізація концепції Індустрії 5.0 вимагає співпраці між державними органами, промисловими лідерами та науково-дослідними установами для створення сприятливого середовища для інновацій та розвитку нових технологій.

#### Література

1. What is Industry 5.0 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/industry-50\\_en](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/industry-50_en) – Назва з екрану. – Дата звернення: 24.11.2023.