

### РОЗДІЛ 3.

## КРАЩІ ПРАКТИКИ ЦИФРОВІЗАЦІЇ В ЄС ТА ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ

**ДАШКО ІРИНА МИКОЛАЇВНА**,  
доктор економічних наук, професор,  
професор кафедри управління персоналом  
і маркетингу,  
Запорізький національний університет,  
м. Запоріжжя, Україна  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5784-4237>

### Тема 7. Вплив цифровізації на промисловий сектор (цифрове виробництво та електронний бізнес) в Європі



**Мета вивчення теми:** сформувані системне розуміння процесів цифровізації в промисловості країн Європейського Союзу, вивчити інструменти цифрового виробництва (Industry 4.0), роль електронного бізнесу в трансформації економіки та оцінити перспективи розвитку цифрових технологій у виробничій сфері.



#### План

- 7.1. Суть та концепція цифровізації промисловості в ЄС
- 7.2. Цифрове виробництво: ключові напрями розвитку
- 7.3. Електронний бізнес у промисловому середовищі
- 7.4. Регуляторна підтримка ЄС
- 7.5. Переваги та виклики цифровізації промисловості
- 7.6. Перспективи цифрової трансформації промислового сектору в Європі та глобальний вплив



#### Основні терміни та поняття

*Цифрове виробництво (Digital Manufacturing), електронний бізнес (e-Business), Industry 4.0, IoT (Internet of Things), штучний інтелект (AI), кіберфізична система (CPS), цифрові двійники (Digital Twins), ERP-системи, CRM-системи, хмарні технології (Cloud Computing)*

### 7.1. Суть та концепція цифровізації промисловості в ЄС

Цифровізація промисловості – це стратегічно важливий напрям трансформації економіки, що охоплює впровадження сучасних цифрових

технологій, спрямованих на автоматизацію, оптимізацію та глобальну інтеграцію виробничих процесів. Вона базується на поєднанні фізичного виробництва з віртуальними цифровими системами, що забезпечують зв'язок між обладнанням, людьми й аналітикою в режимі реального часу [turn0search11][turn0search9].

Компоненти цифрової трансформації:

- кібер-фізичні системи (CPS) – інтелектуальні технічні системи, що здійснюють обмін даними між обладнанням і цифровими платформами, забезпечуючи автономне прийняття рішень [11];
- сенсорні мережі – пристрої збору даних у режимі реального часу з урахуванням параметрів роботи виробничих ліній;
- інтегроване програмне забезпечення – ERP, MES, SCADA для централізованого управління всіма стадіями виробництва;
- цифрові двійники (digital twins) – точні віртуальні копії виробничих процесів або об'єктів, що використовуються для моделювання, діагностики та планування [23].

Industry 4.0 – це концепція, що позначає нову фазу в еволюції виробництва, засновану на глибокій цифровій трансформації підприємств. Вона з'явилася в Німеччині у 2011 році як частина національної стратегії підвищення інноваційного потенціалу [9; 11].

Цей підхід формує принципово нову виробничу парадигму:

- машини, системи та люди взаємодіють через інтернет речей (IoT);
- виробництво стає самоорганізованим та гнучким, адаптуючись до індивідуального замовлення або змін середовища в реальному часі;
- створюються мережеві еко-системи постачання, логістики та контролю як єдиний цифровий контур.

Ключові характеристики Industry 4.0:

1. Автономність – виробничі системи самостійно реагують на зміни та оптимізують роботу.
2. Мережевість – безшовна взаємодія між усіма елементами екосистеми: від постачання до кінцевого споживача.
3. Гнучкість – можливість легко змінювати обсяг і тип продукції.
4. Стійкість – стабільність у змінних умовах, включаючи кіберзагрози та економічні виклики [9].

Таблиця 7.1 демонструє, що країни Європейського Союзу активно впроваджують технології Industry 4.0, адаптуючи цифрові інновації до національних особливостей своїх економік. Серед ключових напрямів – автоматизація виробництва, використання штучного інтелекту, big data, цифрових двійників, мереж 5G, хмарних рішень і IoT. Значна увага приділяється підтримці малих і середніх підприємств через створення хабів, лабораторій та податкових стимулів. Такий досвід свідчить про системний і стратегічний підхід до цифровізації, який забезпечує конкурентоспроможність економіки, підвищення продуктивності та інноваційність. Цей приклад може стати орієнтиром для України на шляху до модернізації національного

виробництва й інтеграції у цифровий простір ЄС.

Таблиця 7.1 – Приклади впровадження Industry 4.0 у країнах ЄС

Країна	Приклад впровадження	Опис / Результати
Німеччина	Siemens	Впровадження цифрових двійників для турбін; +25% ефективності
Франція	Industrie du Futur	Автоматизація МСП; підтримка через 4.0 Test Beds
Італія	FIAT	Хмарне планування виробництва; інвестиційні податкові пільги
Нідерланди	Philips Drachten	Повна цифрова інтеграція виробництва
Іспанія	Gestamp	Застосування AI-аналітики у виробництві автозапчастин
Австрія	Smart Production Lab	Дослідницький центр для тестування CPS та IoT
Чехія	National Industry Hub	Платформа консалтингу для МСП з індустрії 4.0
Швеція	Ericsson Factory	Мережеві фабрики 5G з повною автоматизацією
Фінляндія	Kone	Використання big data у сервісному обслуговуванні ліфтів

Примітка: складено автором на основі узагальнення інформації

Представлені в табл. 7.2 статистичні дані свідчать про поступову, але впевнену цифрову трансформацію промисловості в країнах Європейського Союзу у 2024 році. Хоча загальний рівень використання штучного інтелекту серед усіх підприємств становить лише 13,5%, ця цифра суттєво зростає серед великих компаній (41%), що свідчить про вищу технологічну зрілість та інвестиційний потенціал великих гравців ринку.

Таблиця 7.2 – Статистика цифровізації промисловості в ЄС (2024)

Показник	Значення (2024)
Використання AI серед усіх підприємств	13,5%
Використання AI серед великих підприємств	41%
Компанії, що проводять онлайн-зустрічі	52,9%
Наявність широкопasmового інтернету >1 Gb/s	95%
Обсяг ринку Industry 4.0 в Європі	40,3 млрд USD
Прогноз обсягу ринку до 2032	116,6 млрд USD
Середньорічний приріст ринку (CAGR)	14,2%

Примітка: складено автором на основі узагальнення інформації

Крім того, понад половина компаній (52,9%) вже використовують онлайн-зустрічі як частину своєї операційної діяльності, що вказує на стійке укорінення гібридних форматів праці в європейському бізнес-середовищі. Практично повсюдна доступність широкопasmового інтернету з швидкістю понад 1 Gb/s (95%) забезпечує технічну основу для подальшої цифровізації.

Окрему увагу заслуговує економічна динаміка ринку Industry 4.0:

- обсяг ринку в 2024 році оцінюється у 40,3 млрд USD;
- до 2032 року прогнозується зростання до 116,6 млрд USD;
- із середньорічним приростом у 14,2% (CAGR).

Це свідчить про високу інвестиційну привабливість сектору та стійке зростання попиту на цифрові рішення у промисловості. Дані таблиці підкреслюють, що цифровізація промисловості в ЄС – не лише технологічний, а й стратегічно-економічний пріоритет, який формує конкурентоспроможність у глобальному середовищі.

Рис. 7.1 та 7.2 візуалізують ключові аспекти цифровізації підприємств Європейського Союзу, зокрема за 2024 р. та в динаміці з 2020 по 2024 рр.

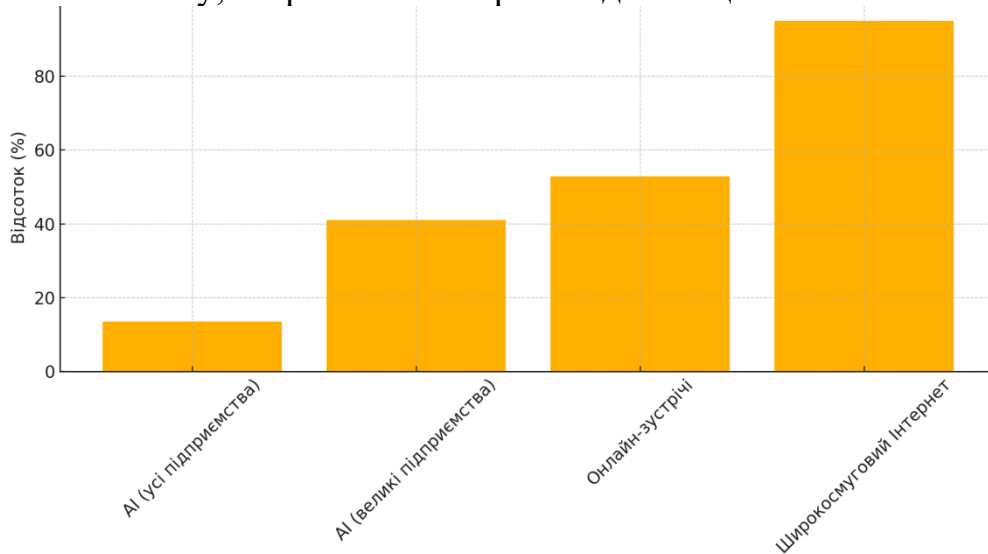


Рисунок 7.1 – Використання цифрових технологій підприємствами ЄС у 2024 р.  
Примітка: складено автором на основі узагальнення інформації

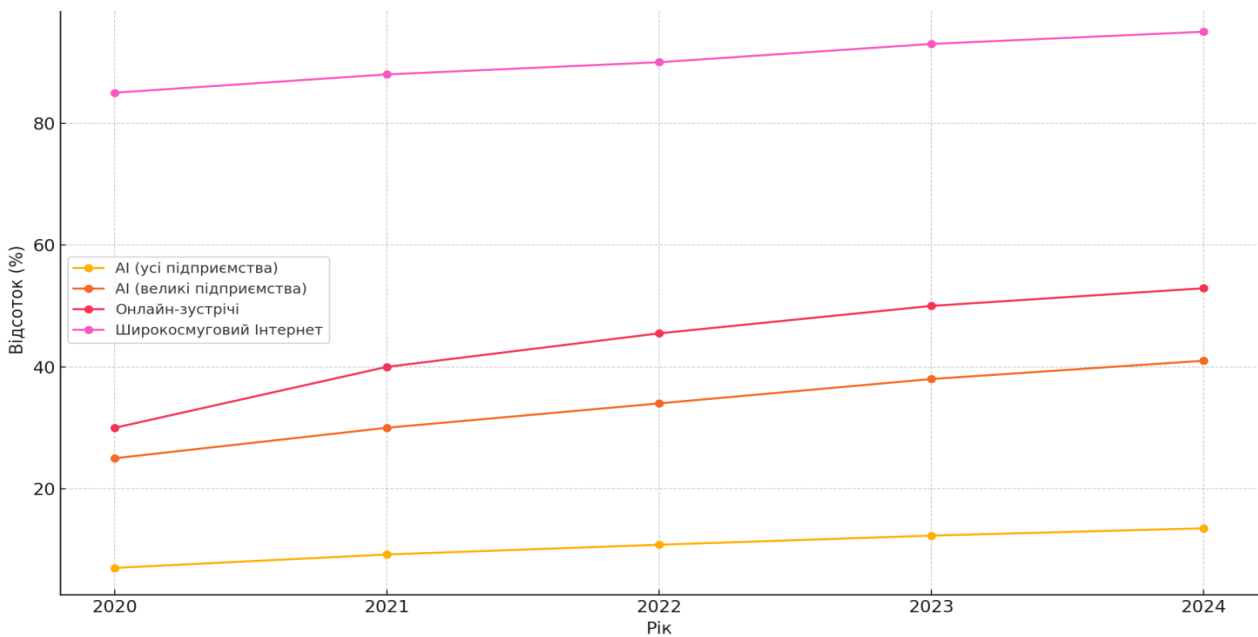


Рисунок 7.2 – Динаміка використання цифрових технологій підприємствами ЄС у 2024 р.

Примітка: складено автором на основі узагальнення інформації

Аналіз рис. 7.1 та 7.2 свідчить про стабільне зростання рівня цифровізації підприємств у країнах ЄС у 2020–2024 рр. Найвищу динаміку демонструють показники доступу до широкосмугового інтернету (до 95%) та використання онлайн-зустрічей (понад 52%), що вказує на укорінення цифрових комунікацій та інфраструктури як стандарту для європейського бізнесу.

Водночас спостерігається значний розрив у впровадженні штучного інтелекту: хоча великі підприємства вже активно його використовують (41%), середній і малий бізнес значно відстає (13,5%). Це свідчить про потребу в додаткових стимулах і підтримці цифрової трансформації малого та середнього бізнесу.

Загалом дані підтверджують, що цифровізація стає ключовим фактором конкурентоспроможності в ЄС. Досвід країн Євросоюзу є надзвичайно цінним для України, яка прагне інтегруватися у спільний цифровий простір та адаптувати кращі практики для післявоєнного економічного відновлення.

Табл. 7.3 висвітлює ключові виклики цифровізації промислового сектору Європейського Союзу, підкреслюючи як структурні, так і людські бар'єри на шляху до повноцінного впровадження індустрії 4.0.

Насамперед звертає на себе увагу нерівномірність цифровізації, зокрема щодо впровадження штучного інтелекту: розрив між країнами коливається від 3% до 28%. Це свідчить про значну регіональну диспропорцію у доступі до технологій. Вирішенням виступають цільові програми підтримки регіонів та субсидування МСП, що дозволяє вирівнювати цифрові можливості між країнами ЄС.

Таблиця 7.3 – Виклики цифровізації промисловості в ЄС

Ключовий виклик	Суть проблеми	Потенційні рішення
Нерівномірність цифровізації	Використання AI: 3–28 % у різних країнах	Цільові програми підтримки регіонів, субсидії для МСП
Низьке охоплення IoT	34% підприємств у ЄС проти 53% у США	Фінансова допомога на IoT-впровадження, ДІН-хаби
Брак цифрових навичок	Лише 30% працівників можуть застосовувати Industry 4.0	Програми професійної освіти, підвищення кваліфікації
Недостатня стандартизація	Відсутність єдиних стандартів для AI, CPS, Digital Twins	Європейська уніфікація технічних норм і протоколів

Примітка: складено автором на основі узагальнення інформації

Ще однією критичною проблемою є низьке охоплення IoT: лише 34% підприємств в ЄС застосовують ці технології, тоді як у США цей показник становить 53%. Це говорить про технологічне відставання та потребу у фінансових інструментах підтримки, зокрема через ДІН-хаби (Digital Innovation Hubs).

Брак цифрових навичок залишається суттєвим людським бар'єром – лише 30% працівників здатні використовувати технології Industry 4.0. Відповіддю на це мають бути програми безперервної освіти, підвищення кваліфікації та

професійної перепідготовки.

Останній виклик – відсутність уніфікованих стандартів для AI, CPS, Digital Twins, що ускладнює інтеграцію та масштабування рішень у промисловості. ЄС пропонує вирішення у вигляді європейської гармонізації технічних норм і протоколів, що сприятиме взаємодії між системами та країнами.

Загалом, таблиця підтверджує необхідність системного підходу до цифровізації, який поєднує фінансові, освітні та регуляторні інструменти.

Представлений нижче аналітичний опис чітко корелює з даними таблиці про ключові бар'єри цифрової трансформації в Європейському Союзі:

## 2. Розрив у цифровізації між країнами-членами.

Незважаючи на загальноєвропейські ініціативи, існує значна нерівномірність у темпах цифрового впровадження між західноєвропейськими країнами (Німеччина, Нідерланди, Швеція) та державами Центрально-Східної Європи (Болгарія, Румунія, Латвія). Наприклад, рівень використання штучного інтелекту варіюється від 3 % до 28 % залежно від країни. Це означає, що частина економік залишається поза межами сучасних технологічних трансформацій, що гальмує загальноєвропейський розвиток єдиного цифрового ринку.

## 2. Обмежене охоплення Інтернету речей (IoT).

Незважаючи на стратегічну важливість IoT для створення розумних фабрик, рівень його впровадження у ЄС залишається нижчим, ніж у США: 34 % підприємств у ЄС використовують IoT проти 53 % у США [18]. Причинами є високі витрати на впровадження, складність інфраструктури та брак фахівців.

## 3. Недостатній рівень цифрових компетенцій працівників

Понад 90 % працівників знайомі з поняттям Industry 4.0, але лише 30 % здатні застосовувати його на практиці [5]. Такий дефіцит кваліфікацій гальмує продуктивність і створює ризики при впровадженні складних автоматизованих систем. Це вимагає активізації освітніх програм, підвищення інвестицій у професійну перепідготовку та стимулювання міжрегіональних обмінів.

## 4. Недостатня стандартизація технологій.

Стандарти для кібер-фізичних систем (CPS), штучного інтелекту (AI) та цифрових двійників (Digital Twins) усе ще недостатньо узгоджені в межах ЄС. Це ускладнює інтеграцію рішень між компаніями та країнами, обмежує інтероперабельність систем і стримує розвиток технологічного ланцюга [23].

Цифровізація промисловості в ЄС – це процес інтеграції передових цифрових технологій (IoT, AI, CPS, Big Data) у виробничі ланцюги, що забезпечує гнучкість, автономність і аналітику. ЄС демонструє потужні результати з точки зору впровадження і економічного зростання, але стикається зі значними викликами: нерівномірні показники між країнами, низький рівень цифрової грамотності працівників та потреба в єдиних стандартах.

## 7.2. Цифрове виробництво: ключові напрями розвитку

У XXI столітті виробнича сфера переживає глибоку трансформацію під впливом цифрових технологій. Формується новий індустріальний ландшафт, відомий як цифрове виробництво, що базується на інтеграції Інтернету речей (IoT), штучного інтелекту (AI), великих даних (Big Data), кіберфізичних систем (CPS) і цифрових двійників (Digital Twins) у всі етапи виробничих процесів. Ці технології забезпечують високу гнучкість, точність, автоматизацію та взаємозв'язок між компонентами виробництва, дозволяючи не лише оптимізувати ресурси, але й створювати інноваційні моделі бізнесу.

Цифрове виробництво стало ключовим елементом концепції Industry 4.0, що активно впроваджується у країнах Європейського Союзу, США, Азії, а також поступово в Україні. Воно відкриває нові можливості для модернізації промисловості, підвищення продуктивності та конкурентоспроможності, формує підґрунтя для розвитку смарт-фабрик і стійких ланцюгів постачання.

*Ключові напрями розвитку цифрового виробництва:*

### 1. Інтернет речей (IoT) та Industrial Internet of Things (IIoT)

- IoT дозволяє виробам збирати й передавати реальні дані в реальному часі, що є базою для адаптивного виробництва [32];
- IIoT інтегрує сенсори та пристрої в промислові процеси, що сприяє прогнозованому обслуговуванню й підвищенню ефективності [26].

### 2. Кібер-фізичні системи (CPS) і Digital Thread

- CPS – це «розумні» пристрої, що контролюють фізичні процеси й реагують автономно [11; 26].
- Digital Thread – наскрізна система передачі даних протягом усього життєвого циклу продукту, що забезпечує повну трасованість [34].

3. Цифрові двійники (Digital Twins): віртуальні копії виробничих систем використовуються для моделювання, тестування стратегій управління перед тим, як впроваджувати в реальні умови [12].

### 4. Штучний інтелект (AI) і аналітика великих даних (Big Data):

- AI оптимізує виробничі цикли, забезпечуючи швидке реагування на зміни в режимі реального часу [turn0search0][turn0search28].
- аналітика Big Data – інструмент для планування ресурсів, прогнозування попиту й скорочення простоїв [28].

5. Автономні й когнітивні роботи: промислові роботи (у тому числі і «коботи») працюють разом з людьми, аналізують дані та оптимізують процеси [28].

6. 5G, Wi-Fi 7 та TSN – нові мережеві технології: 5G із підтримкою сегментування мереж (Network Slicing) забезпечує надійний і швидкий зв'язок між системами, необхідний для Industry 4.0 [27; 35].

7. Доповнена реальність (AR) у виробництві: AR візуалізує дані CPS і MES-систем, допомагаючи персоналу в обслуговуванні та налаштуванні устаткування [29].

Цифрове виробництво стрімко трансформує промисловий ландшафт

Європейського Союзу. У період з 2020 по 2024 роки спостерігається постійне зростання впровадження ключових технологій Industry 4.0. У табл. 7.4 подано огляд динаміки.

Таблиця 7.4 – Динаміка розвитку та впровадження

Напрямок технологій	Конкретний приклад	Основні переваги впровадження
IoT/IIoT	Встановлення сенсорів на виробничому обладнанні	Моніторинг у реальному часі, зменшення простоїв на 25–30 %
Digital Twins	Моделювання виробничих процесів у Siemens, Bosch	Зменшення витрат на тестування та впровадження рішень
AI + Big Data	Застосування AI-аналітики в Gestamp (Іспанія)	Прогнозування несправностей, підвищення точності процесів
5G / TSN	Інфраструктура 5G у Ericsson Smart Factory (Швеція)	Безперервна передача даних, гнучке управління
AR / VR	AR у налаштуванні устаткування в Renault	Скорочення навчання персоналу, підвищення безпеки

Примітка: складено автором на основі узагальнення інформації

Табл. 7.4 ілюструє провідні технологічні напрями, що формують сучасне цифрове виробництво в межах концепції Industry 4.0. Кожен із технологічних компонентів – IoT, цифрові двійники, штучний інтелект, 5G або віртуальна/доповнена реальність – відіграє специфічну роль у трансформації виробничих процесів:

- IoT / IIoT (промисловий Інтернет речей) забезпечує моніторинг у реальному часі, що дозволяє скоротити простої на 25–30%. Це ключовий крок до створення «розумного виробництва» з мінімізацією втрат і високим рівнем автономності;

- цифрові двійники (Digital Twins), які активно застосовуються компаніями Siemens і Bosch, дають змогу моделювати виробничі процеси, тим самим зменшуючи витрати на тестування і запуск нових рішень;

- AI + Big Data, як видно на прикладі компанії Gestamp (Іспанія), дозволяють прогнозувати несправності та підвищувати точність процесів, що напряму впливає на якість продукції та стабільність виробництва;

- технології 5G / TSN (Time-Sensitive Networking) в Ericsson Smart Factory (Швеція) забезпечують безперервну передачу даних, критично важливу для координації дій машин і систем у режимі реального часу;

- AR / VR (доповнена та віртуальна реальність) уже використовуються у компанії Renault для навчання персоналу та підвищення безпеки на виробництві, скорочуючи час адаптації й мінімізуючи людські помилки.

Загалом табл. 7.4 показує, що впровадження цифрових технологій у виробництво не лише підвищує ефективність, а й змінює саму логіку функціонування індустрії – від реактивної до прогнозної та гнучкої. Країни ЄС



активно демонструють приклади результативної інтеграції цих інновацій, що має стати орієнтиром і для українських промислових підприємств.

*Загальні тенденції:*

- AI: використання зросло з 10 % (2020 р.) до 41 % (2024 р.) серед великих підприємств;
- IoT: впроваджено у 34 % компаній (2024 р.), зростання завдяки дешевшим сенсорам;
- Digital Twins: застосовуються для продуктів та виробничих ліній, охоплення зростає на 20–25 % щороку;
- 5G: інтенсивне розгортання з 2022 р. у логістичних та обробних підприємствах.

Ці тренди вказують на перехід від окремих пілотних проєктів до масштабованих цифрових стратегій на рівні підприємств та галузей. Важливу роль відіграють державні стратегії та фінансування через програми EU Digital Europe, Horizon Europe тощо.

Отже, цифрове виробництво в Європі – це комплексне середовище, що поєднує IoT, CPS, AI, Digital Twins, 5G та AR. Компанії рухаються до самонавчальних, гнучких і ефективних виробничих систем. Прямі результати: зменшення витрат, підвищення якості продукції і скорочення часу на ринку.

Цифрове виробництво в Європі сьогодні – це не лише автоматизація, а справжня трансформація всієї логіки функціонування промислових підприємств. Воно ґрунтується на інтеграції сучасних технологій, таких як:

- IoT (Internet of Things) – забезпечує постійний обмін даними між пристроями й системами, дозволяє виявляти відхилення в роботі устаткування ще до виникнення поломок.
- CPS (Кібер-фізичні системи) – забезпечують автономність виробничих одиниць, які можуть самостійно приймати рішення.
- AI (Штучний інтелект) – аналізує великі обсяги даних у реальному часі для прогнозування, оптимізації ланцюгів постачання та енергоспоживання.
- Digital Twins (Цифрові двійники) – дозволяють тестувати продукцію, зміни процесів чи інфраструктуру у віртуальному середовищі, що зменшує ризики.
- 5G / Wi-Fi 7 – дають змогу обробляти та передавати великі обсяги даних без затримок, що критично для роботизованих і логістичних систем.
- AR / VR (Доповнена та віртуальна реальність) – інтегруються у навчання, сервісне обслуговування та візуалізацію складних технологічних процесів.

Ці технології створюють інтелектуальні, гнучкі та самонавчальні виробничі екосистеми, в яких:

- кожен елемент взаємодіє в єдиній цифровій мережі;
- всі рішення ґрунтуються на точному аналізі даних;
- час на вивід продукту на ринок (time-to-market) суттєво скорочується;
- якість контролюється автоматизовано й у реальному часі;
- зменшуються витрати на енергію, сировину та обслуговування

обладнання.

Результати цифрового виробництва:

- -30 % витрат на логістику та обслуговування завдяки predictive maintenance.
- +25–40 % зростання продуктивності на підприємствах, що впровадили Industry 4.0.
- До 50 % скорочення часу на адаптацію персоналу через використання AR та VR.

Таким чином, цифрове виробництво стає не просто інструментом автоматизації, а базисом для нової промислової парадигми, де головними чинниками успіху є інновації, швидкість та інтелектуальна гнучкість.

### **7.3. Електронний бізнес у промисловому середовищі**

У сучасних умовах цифрової трансформації промисловість дедалі активніше інтегрує інструменти електронного бізнесу (e-business), що дозволяє модернізувати не лише виробничі процеси, а й усю бізнес-екосистему. Електронний бізнес у промисловому середовищі – це не просто торгівля онлайн, а комплекс цифрових рішень, які охоплюють електронну комерцію, автоматизоване управління ланцюгами постачання, електронний документообіг, CRM-системи, B2B-платформи, хмарні сервіси та інші цифрові інструменти.

У промисловому секторі e-business також сприяє поглибленій інтеграції між відділами, філіями, постачальниками та клієнтами, формуючи єдину цифрову інфраструктуру для оперативного управління та прийняття рішень. Саме тому вивчення основ, функціональних можливостей і перспектив електронного бізнесу в промисловому середовищі є важливим для розуміння сучасної економіки та стратегічного розвитку підприємств.

*Електронний бізнес у промисловому середовищі в Європі:*

#### **1. Роль B2B-платформ.**

У промисловості Європи дедалі ширше використовуються B2B цифрові платформи, що об'єднують виробників, постачальників та клієнтів. Вони забезпечують:

- автоматизовані покупки, TMS і SCM у режимі онлайн,
- обмін даними про запасні частини та компоненти,
- аналітичні сервіси для оптимізації ланцюгів постачання [9; 11].

Ці платформи, як-от BioLinked у харчовій промисловості або галузеві онлайн-маркети в Німеччині, вже формують нові бізнес-моделі: B2B2C та e-marketplace [9].

#### **3. Потенціал цифрових маркетплейсів.**

Європейський ринок цифрових маркетплейсів досяг 96,9 млрд USD у

2023 р., а до 2030 очікується зростання до 163,7 млрд USD (CAGR 7,7 %). Такі платформи популярні в галузях машинобудування, електроніки та промислових товарів [8].

Інтеграція е-бізнесу у промислову екосистему:

Провідні компанії, як thyssenkrupp Materials Services, розробили власні B2B-портали (materials4me, online laser works), що:

- надають онлайн-доступ до каталогів і замовлень,
- дозволяють завантажувати CAD-файли для виготовлення деталей,
- інтегровані з ІоТ для автоматизації [30].

Це дозволило зменшити час від запиту до постачання й підвищити клієнтську взаємодію.

4. Індустрія 4.0 + е-бізнес.

Цифрове виробництво та електронний бізнес тісно взаємопов'язані:

- CPS та ІоТ генерують важливі виробничі дані, що надходять на B2B-платформи,
- AI-аналітика на сервісних платформах дозволяє прогнозувати попит, поповнювати запаси та оцінювати ефективність ланцюгів [11; 12].

Табл. 7.5 допоможе глибше оцінити як стратегічні переваги, так і технічні та організаційні виклики, з якими стикається промисловий сектор в умовах цифровізації.

Таблиця 7.5 – Вигоди і виклики електронного бізнесу у промисловому середовищі

Категорія	Опис
<i>Переваги</i>	
Автоматизація	Автоматизація закупівель, зменшення людського фактора, економія часу
Прозорість	Прозоре управління ланцюгами постачання, зниження ризиків затримок
Розширення ринку	Вихід на нові ринки завдяки електронним маркетплейсам
<i>Виклики</i>	
Цифрова нерівність	Різний рівень цифрової зрілості між країнами ЄС
Кібербезпека	Проблеми захисту даних, відсутність єдиних стандартів безпеки
Інтеграція систем	Складність у поєднанні ERP, SCM, CRM з зовнішніми платформами

Примітка: складено автором на основі узагальнення інформації

Табл. 7.6 показує, як з 2020 по 2024 рр. провідні компанії в Європі розвивали свої цифрові e-business платформи, використовуючи AI, ІоТ, CAD-інтеграцію та B2B-маркетплейси. Це сприяло доступу до нових ринків, покращенню логістики, прозорості процесів і масштабуванню

бізнесу.

Таблиця 7.6 – SWOT-аналіз: Електронний бізнес у промисловому середовищі Європи

<i>Сильні сторони (Strengths)</i>	<i>Слабкі сторони (Weaknesses)</i>
Широке покриття цифровими платформами (B2B, SCM, ERP)	Нерівномірна цифрова зрілість підприємств у різних країнах ЄС
Автоматизація закупівель, прозорість ланцюгів постачання	Висока залежність від стабільного Інтернет-з'єднання та кібербезпеки
Зниження витрат і підвищення ефективності	Недостатня інтеграція з ІТ-інфраструктурою малого бізнесу
Можливість аналітики в реальному часі	Складність адаптації працівників до нових платформ
<i>Можливості (Opportunities)</i>	<i>Загрози (Threats)</i>
Розвиток єдиного цифрового ринку та підтримка ЄС	Кібератаки на ланцюги постачання та виробничі сервіси
Розширення використання AI, IoT та Digital Twins	Поява нових регламентів (DSA, DMA), що можуть ускладнити інтеграцію
Розвиток експортних каналів через е-маркетплейси	Конкуренція з глобальними платформами (Amazon, Alibaba)
Державні та європейські субсидії на цифровізацію бізнесу	Труднощі із захистом комерційних даних у хмарних середовищах

Примітка: складено автором на основі узагальнення інформації

Представлена табл. 7.7 ілюструє активну динаміку розвитку електронного бізнесу в промисловості Європи протягом 2020–2024 років. Дані свідчать про те, що ключові гравці ринку, зокрема thyssenkrupp Materials Services, XOM Materials, Mirakl, Joom та Hatch, здійснювали поступове нарощування цифрових можливостей, розширення ринків, інтеграцію нових сервісів (зокрема AI, IoT, CRM), а також поглиблення співпраці з глобальними брендами.

Особливо помітно, що пандемія COVID-19 стала потужним каталізатором для цифровізації, стимулюючи перехід до e-toolsets, B2B-порталів, інтеграції з CAD-системами, платформами IoT та розвитку логістичних і фінтех сервісів. Наприклад, Mirakl лише за 5 років перейшла від запуску платформи до залучення \$555 млн інвестицій та оцінки в €3,5 млрд.

Таким чином, електронний бізнес у промисловості ЄС трансформується з окремих ініціатив у комплексні B2B-екосистеми, які охоплюють повний цикл постачання, інтеграцію зі сторонніми сервісами та аналітику даних. Цей досвід може бути надзвичайно корисним для України під час цифрової трансформації промисловості.

Електронний бізнес у промисловому секторі Європи став ключовим рушієм інновацій та трансформацій у виробничих ланцюгах, закупівлях і клієнтській взаємодії. Цифрові B2B-платформи, маркетплейси та автоматизовані системи управління ланцюгами постачання дозволили підприємствам підвищити прозорість, швидкість та гнучкість. Особливо яскраво ця трансформація виявилася в Німеччині, Франції, Нідерландах та Латвії, де спостерігається інтенсивний розвиток електронних рішень у

поєднанні з концепціями Industry 4.0.

Таблиця 7.7 – Електронний бізнес у промисловому середовищі Європи (2020–2024 рр.)

Країна / Платформа	2020	2021	2022	2023	2024
1	2	3	4	5	6
Німеччина – thyssenkrupp Materials Services	Запуск B2B-порталів materials4me, onlinelaserworks для онлайн-замовлень і CAD-інтеграції, IoT платформа toii [24]	Розширення e-business рішень, інтеграція barcode-систем (mpre connect)	Вдосконалення B2B 2.0 порталу для materials trading у Європі [4]	Поширення цифрової культури через Digital Labs, smart steel natives [8]	COVID-19 прискорює інтеграцію e-toolsets та онлайн-замовлень у SteelOnline
Німеччина – XOM Materials	GMV €140 млн у 2020 (запуск 2018)	Зростання GMV, вихід на ринок США	Розширення у Європі та США	Укріплення позицій у Steel Industry	Конкуренція з великими платформами, пошук інтеграції даних
Франція – Mirakl	Запуск Mirakl Connect, 66 marketplace	\$300 млн фінансування, розвиток B2C/B2B	Інтеграція AI-інструментів, партнерства з ритейлерами	Партнерства з Carrefour, H&M, Decathlon	\$555 млн інвестицій, оцінка €3.5 млрд
Латвія – Joom	150 млн завантажень до кінця 2020 [26]	2021 – 25 млн активних користувачів, focus mobile-first	Підтримка доставки в Україну у 2022 [26]	Розвиток B2B-інструментів, JoomPro (B2B імпорт)	Масштабування у Європі, додавання fintech сервісів
Нідерланди – Hatch	2020 – інтеграція з брендами як Intel, Philips [27]	Metadata: масштабування Where-to-Buy для B-brands	Поглиблення співпраці з мажор брендами	Розширення клієнтської мережі retailers	Посилення e-business через логістику та CRM

Примітка: складено автором на основі узагальнення інформації

Попри досягнення, залишаються виклики – це нерівномірна цифрова зрілість між країнами, питання безпеки даних і стандартизації. Водночас спостерігається стійкий ріст інвестицій у цифрову інфраструктуру та платформенні рішення, що свідчить про глибоку інтеграцію електронного бізнесу в європейську промислову екосистему.

Таким чином, е-бізнес у промисловості ЄС не лише забезпечує економічну ефективність, а й створює конкурентні переваги на глобальному ринку завдяки адаптивності, інноваційності та взаємодії в цифровому середовищі.

#### 7.4. Регуляторна підтримка ЄС

У сучасному цифровому середовищі ефективне функціонування цифрової економіки неможливе без належного нормативно-правового регулювання. Саме

тому Європейський Союз послідовно розробляє і впроваджує стратегії, ініціативи та законодавчі акти, що створюють сприятливе середовище для цифрової трансформації бізнесу, промисловості та суспільства загалом. Регуляторна підтримка ЄС охоплює широкий спектр питань: від захисту персональних даних (GDPR) до правил функціонування цифрових платформ (DMA, DSA), кібербезпеки, електронної ідентифікації (eIDAS) та розвитку цифрових ринків.

Такі інструменти не лише забезпечують прозорість і довіру до цифрових процесів, а й формують конкурентні умови для підприємств, стимулюють інновації, захищають права споживачів і сприяють зменшенню цифрової нерівності між країнами-членами. Особливо актуальним є досвід ЄС для України в контексті її євроінтеграційного курсу та прагнення до цифрового відновлення після війни.

Регуляторна підтримка ЄС.

1. Фінансування та інвестиційні програми:

– Tech EU (ЄІБ): план інвестування €70 млрд у цифрові та чисті технології в 2025–2027 рр. – €20 млрд у вигляді капіталу, €40 млрд – кредитів, €10 млрд – гарантій. Це стимулює приватні інвестиції у суперкомп'ютери, AI, кібербезпеку, робототехніку тощо;

– Next Generation EU (RRF): фонд відновлення після COVID-19, із значною частиною (€31 млрд) направлено на цифрову трансформацію, інфраструктуру, R&D та інновації.

2. Галузеві програми і ініціативи:

– Digital Europe Programme (DEP): 2021–2027 – забезпечує інфраструктуру цифрових сервісів, кібербезпеки та інструментів, таких як цифровий гаманець, AI, хмарні сервіси, DSIs;

– IPCEI (Important Projects of Common European Interest): підтримка стратегічних проектів у сфері AI, мікроелектроніки, зелених технологій, включно з Chips Act та супутніми ініціативами;

– Cascade Funding: фінансова підтримка МСП через гранти до €300 000 для інновацій у сфері цифрових технологій.

3. Нормативно-правові рамки.

– AI Act: регламент щодо безпечного впровадження систем штучного інтелекту, із чіткими вимогами до застосування у промисловості;

– Cyber Resilience Act (CRA): зобов'язує виробників забезпечувати кіберстійкість цифрових продуктів; критично важливо для публічно-приватних CPS;

– Digital Markets Act (DMA): регулює великі цифрові платформи, забезпечуючи конкуренцію і відкритий доступ до даних – важливо для промислових B2B-платформ;

– European Chips Act: мета – збільшити виробництво мікрочіпів у ЄС з менше 10 % до 20 %, за рахунок інвестицій у виробництво та R&D.

4. Стандартизація та сумісність:

– індустріальні стандарти: через ETSI, ENISA та дослідження

(наприклад, Meyer et al.) формується єдине технічне середовище для CPS, AI і digital twins;

– підтримка через I4MS (ICT Innovation for Manufacturing SMEs): передача знань та розвиток компетенцій МСП у сфері Industry 4.0.

Отже, регуляторна підтримка ЄС цифрового виробництва та е-бізнесу – це багаторівнева стратегія, яка поєднує:

- потужне фінансування (Tech EU, NextGenEU, IPCEI);
- нормативні рамки (AI Act, CRA, DMA, Chips Act);
- стратегії цифровізації (DEP, I4MS, Cascade Funding);
- єдині промислові стандарти та інноваційні мережі.

Це забезпечує не лише активне впровадження технологій, а й їхню безпечну інтеграцію на національному та європейському рівні. Проте виклики залишаються: ефективне застосування регулювання без надмірного адміністративного тягаря, співпраця між галузями та гармонізація національної політики.

## **7.5. Переваги та виклики цифровізації промисловості**

Цифровізація промисловості – це ключовий вектор трансформації економіки в умовах Четвертої промислової революції (Industry 4.0). Вона охоплює інтеграцію інноваційних технологій – таких як Інтернет речей (IoT), штучний інтелект (AI), кібер-фізичні системи (CPS), цифрові двійники та великі дані (Big Data) – у виробничі процеси, логістику, управління ланцюгами постачання та клієнтські сервіси.

У країнах Європейського Союзу цифровізація є частиною довгострокових стратегій економічного зростання та конкурентоспроможності. Вона відкриває значні можливості для підвищення ефективності, якості продукції, сталого розвитку та гнучкості виробництва. Водночас, цей процес супроводжується низкою серйозних викликів: від кіберзагроз і нестачі кваліфікованих кадрів до складнощів інтеграції технологій у застарілі виробничі системи.

Аналіз переваг і викликів цифровізації промисловості дозволяє сформулювати цілісне бачення стратегій впровадження інновацій, що забезпечать сталий розвиток галузі у XXI столітті.

Представлений SWOT-аналіз у табл. 7.8 узагальнює ключові внутрішні та зовнішні фактори, які впливають на процес цифровізації промислового сектору в ЄС. Згідно з аналізом, серед сильних сторін варто відзначити підвищення ефективності та продуктивності, гнучкість виробничих процесів і оптимізацію ланцюгів постачання – все це формує основу для стійкого технологічного зростання.

Водночас слабкі сторони включають високі початкові витрати, кадровий дефіцит та організаційні бар'єри, що можуть стримувати динаміку змін. У розрізі можливостей, значну роль відіграє підтримка з боку ЄС (програми Digital Europe, IPCEI), розвиток інноваційних технологій (AI, AR/VR, IoT) та

відкриття нових ринків.

Однак, як підкреслюється у розділі загроз, цифрова трансформація супроводжується кіберризиками, нестачею єдиних стандартів і викликами у координації цифрової політики на національному рівні.

Такий аналіз дозволяє глибше усвідомити стратегічні пріоритети цифровізації промисловості, визначити точки росту та підготувати відповідні управлінські рішення.

Переваги цифровізації промисловості

1. Підвищення ефективності та продуктивності:

- автоматизація, IoT, AI, аналітика в реальному часі дозволяють оптимізувати процеси, зменшити втрати та скоротити час виробництва;
- ERP-системи миттєво отримують дані для прийняття рішень – це дозволяє керувати ресурсами більш точно.

2. Покращення якості продукції та обслуговування:

- Predictive maintenance (прогнозне обслуговування) і AI-моніторинг знижують рівень дефектів і простоїв;
- цифрові двійники (Digital Twins) дозволяють тестувати зміни у віртуальному середовищі, перед впровадженням у виробництво;
- гнучкість та персоналізація: Industry 4.0 забезпечує можливість швидко адаптувати виробництво під конкретний запит клієнта – масове індивідуальне виробництво;
- оптимізація ланцюгів постачання: інтегровані дані дозволяють точне планування, обмін інформацією з постачальниками – це скорочує час доставки та економить ресурси.

Таблиця 7.8 – SWOT-аналіз: Цифровізація промисловості

	Сильні сторони (Strengths)	Слабкі сторони (Weaknesses)
Внутрішні фактори	<ul style="list-style-type: none"> <li>- підвищення ефективності та продуктивності;</li> <li>- покращення якості та обслуговування;</li> <li>- гнучкість виробництва;</li> <li>- оптимізація ланцюгів постачання</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- високі стартові інвестиції;</li> <li>- кадровий дефіцит;</li> <li>- складність інтеграції у існуючі системи;</li> <li>- стійкість організаційних змін</li> </ul>
	Можливості (Opportunities)	Загрози (Threats)
Зовнішні фактори	<ul style="list-style-type: none"> <li>- підтримка ЄС через Digital Europe, IPCEI;</li> <li>- ріст запиту на індивідуалізовані рішення;</li> <li>- розширення міжнародних ринків;</li> <li>- розвиток AI, AR/VR, IIoT</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- кіберзагрози та ризики у системах IIoT;</li> <li>- відсутність єдиних стандартів;</li> <li>- скорочення робочих місць;</li> <li>- труднощі координації цифровізації на національному рівні</li> </ul>

Примітка: складено автором на основі узагальнення інформації

3. Безпека праці та екологічність:

- автоматизація небезпечних процесів, моніторинг умов праці через



IoT-пристрої – підвищення рівня безпеки;

- зниження енерговитрат та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище;

- інноваційність і нові бізнес-моделі: автономність процесів, аналітика Big Data, AR/VR-сервіси – створюють умови для нових бізнес-моделей та цифрових сервісів.

*Виклики цифровізації промисловості:* високі інвестиційні витрати: значні капіталовкладення у технології, інфраструктуру та підготовку персоналу – ROI не завжди очевидний на старті.

Промислові підприємства стикаються з значним фінансовим навантаженням – впровадження IoT, AI, Digital Twin, підготовка персоналу вимагають серйозних капіталовкладень. Наприклад, дослідження Ericsson показують, що інвестиції у predictive maintenance можуть зменшувати витрати на 1–1,8 % загальних експлуатаційних витрат, але повернення інвестицій часто незрозуміле на ранніх стадіях.

1. Кібербезпека та конфіденційність:

- підвищені ризики через інтеграцію CPS, ПоТ – загроза кібератак, джерел даних тощо;

- 2023 року Schneider Electric стала жертвою хакерської атаки: зловмисники отримали доступ до критичних даних через VNC-платформу, що демонструє вразливість промислових систем;

- група CyberAv3ngers атакувала промислові контролери в Ірландії, США та Ізраїлі, руйнуючи IT/OT інфраструктуру та призводячи до збоїв у роботі критичної інфраструктури.

2. Недостатня цифрова компетентність персоналу:

- кадрові прогалини – тільки частина працівників мають знання для роботи з Industry 4.0-технологіями;

- близько 60% малих і середніх підприємств ЄС звітують про дефіцит IT-спеціалістів, через що впровадження даних/аналітики гальмується;

- у 2025 році лише близько 56% дорослих у ЄС мали базові цифрові навички (на шляху до цілі 80%), що свідчить про необхідність масштабного перепрофілювання працівників.

3. Складність технологічної інтеграції: інтеграція нових систем у застарілу інфраструктуру (legacy systems) – проблеми з масштабуванням та витратність на сумісність.

Інтеграція сучасних ПоТ-систем у підприємства з застарілими legacy-системами (ERP/OT/SCADA) викликає численні проблеми несумісності. Дослідження з IT/OT-інтеграції показують, що неузгодженість технічних стеків призводить до конфліктів між інформаційними та операційними рівнями, що потребують великих зусиль на їхнє узгодження.

4. Управлінські й організаційні зміни: опір змінам, необхідність зміни корпоративної культури, слабка залученість управлінців – гальмують перехід.

Реорганізація підвищення цифрової зрілості передбачає зміну культури: від традиційних моделей управління до гнучких Cyber-Physical систем. Без

залучення керівництва та мотивації працівників ці зміни зазвичай зустрічають опір і сповільнюються.

5. Стандартизація та інтероперабельність: відсутність єдиних стандартів для CPS, Digital Twins, AI – перешкода для масштабного впровадження.

6. Відсутність уніфікованих стандартів для систем Digital Twin, CPS і AI ускладнює масштабування. Наприклад, лише через відсутність гарантованої сумісності компонентів не можуть розвиватися єдині екосистеми для IoT – це підтверджує LinkedIn-досвід наших експертів.

7. Управління великим обсягом даних: Data-overload, необхідність нових аналітичних інструментів – виклик для обробки даних у реальному часі .

Зростання кількості сенсорів і CPS створює проблему «data overload». Без належної аналітичної інфраструктури підприємства стикаються з труднощами обробки даних у реальному часі, що гальмує інновації.

8. Соціальні наслідки: потенційне скорочення традиційних робочих місць, ризику нерівності – потреба перекваліфікації кадрів:

– автоматизація та введення робототехніки в ЄС, особливо в машинобудуванні, призвели до скорочення робочих місць і викликали необхідність перепідготовки працівників;

– крім того, регіональний розрив у цифровій грамотності призводить до нерівного доступу до нових можливостей у країнах із низьким рівнем інфраструктури.

Ці приклади демонструють, що виклики цифровізації не лише технологічні, а й пов'язані із безпекою, кадровим потенціалом, управлінням і соціальною адаптацією. З ними потрібно працювати системно – через інвестиції, стандарти, освіту та стратегії управління змінами.

Отже, цифровізація промисловості Європи відкриває широкі можливості: автоматизація, інноваційність, гнучкість, безпека і конкурентоспроможність. Проте це призводить до серйозних викликів – від фінансування та кібербезпеки до адаптації людей і систем. Ефективне впровадження потребує комплексного підходу: інвестицій, навчання, стандартів та адаптації організацій.

## **7.6. Перспективи цифрової трансформації промислового сектору в Європі та глобальний вплив**

Цифрова трансформація промислового сектору в Європі є наріжним каменем довгострокової економічної та технологічної стратегії Європейського Союзу. В умовах глобальної конкуренції, змін клімату та геополітичної нестабільності, перехід до інтелектуального, автоматизованого та сталого виробництва набуває особливого значення.

Індустріальні цифрові рішення – від штучного інтелекту, Інтернету речей та цифрових двійників до автоматизованих ланцюгів постачання та хмарних платформ – формують нову якість промисловості, орієнтовану на ефективність, персоналізацію і гнучкість. Ці процеси активно підтримуються регуляторними,

інвестиційними та інноваційними механізмами ЄС, такими як програма Digital Europe, Індустріальний компас 2030 і стратегія глобального підключення Global Gateway.

У той же час Європа прагне не лише модернізувати внутрішню промислову інфраструктуру, а й стати глобальним лідером у формуванні стандартів цифрової етики, кібербезпеки та сталого розвитку, забезпечуючи міжнародний вплив – так званий «Brussels Effect»:

#### 1. Розвиток інфраструктури і R&D:

Європейський Союз інтенсивно інвестує в модернізацію цифрової промислової інфраструктури, зокрема через масштабні програми:

- Digital Europe Programme спрямована на підтримку високопродуктивних обчислень, штучного інтелекту, кібербезпеки та цифрових навичок;

- Global Gateway – ініціатива на €300 млрд, спрямована на розвиток стійких цифрових, енергетичних і транспортних мереж у Європі та за її межами, створюючи технологічну автономію та міжнародну присутність ЄС.

Окрему увагу привертає стратегія Великої Британії, яка оголосила про інвестиції у розмірі £2,8 млрд до 2027 року в передове виробництво, AI-інфраструктуру та інженерні дослідження як частину довгострокової індустріальної політики].

#### 2. Впровадження ключових технологій.

Основу цифрової трансформації промисловості складає поєднання:

- AI (штучного інтелекту) – для оптимізації виробництва, прогнозування дефектів, управління енергоспоживанням;

- IoT (Індустріального Інтернету речей) – для моніторингу стану обладнання в реальному часі;

- Digital Twins – для створення віртуальних копій процесів і об'єктів;

- 5G/6G – для миттєвої передачі великих масивів виробничих даних;

- кібербезпеки – як обов'язкового елементу в епоху підвищеної загрози цифровим системам.

Компанія Siemens з проектом Xcelerator демонструє, як цифрові платформи можуть інтегрувати віртуальне моделювання, AI та хмарні сервіси у виробничу екосистему. Попри спад у глобальному машинобудуванні, продаж цифрових рішень Siemens зріс на 82%.

#### 3. Підвищення глобальної конкурентоспроможності.

Цифровізація зміцнює позиції Європи у глобальних ланцюгах доданої вартості:

- впровадження Big Data, хмарних платформ і автоматизованої аналітики сприяє розвитку нових бізнес-моделей та швидшій адаптації до попиту;

- згідно з дослідженнями Telefonica та ECIPE, цифровізація сприяє зростанню ВВП у розвинених державах на 1,5–2,3% щороку;

- але в той же час, Європа відстає від США та Китаю за масштабами створення технологічних гігантів (Big Tech) і динамікою впровадження AI, що створює потребу в посиленні стартап-екосистем та венчурного фінансування.

Глобальний вплив цифровізації Європейської промисловості:

- стабільність глобальних ланцюгів постачання – інтелектуальні технології роблять їх стійкішими, швидшими та ефективнішими;
- зелені технології – цифрові рішення сприяють досягненню кліматичних амбіцій (ЄЗО 2050) шляхом оптимізації споживання ресурсів;
- стандартний ефект (Brussels effect) – ЄС формує нові норми штучного інтелекту та кібербезпеки, що мають глобальний вплив і можуть бути прийняті в інших регіонах

*Поточні виклики та ризики:*

1. Регуляторний баланс: є ризик «перерегуляції», що може стримувати розвиток AI (як зазначено Bosch CEO).

2. Цифровий розрив у ЄС – низьке покриття 5G та обмежені цифрові навички у багатьох країнах (лише ~55 % населення має базові навички з метою 80%).

3. Відсутність власних технологічних гігантів – недостатня приватна інвесторська екосистема для розвитку глобальних стартапів і AI-продуктів.

Табл. 7.9-7.11 демонструють стратегічні напрями цифрової трансформації промисловості ЄС, охоплюючи інвестиційні ініціативи, технологічне впровадження та економічну конкурентоспроможність.

У табл. 7.9 «Розвиток інфраструктури та інвестицій» показано основні фінансові зусилля, серед яких ключову роль відіграє програма Digital Europe, що інвестує €7,5 млрд у розвиток ШІ, НРС, кібербезпеки та цифрових навичок. Ініціатива Global Gateway розширює фокус на інфраструктуру вартістю до €300 млрд, а Велика Британія акцентує увагу на автоматизації промисловості.

Таблиця 7.10 ілюструє впровадження ключових технологій – від ШІ (Siemens AI Xcelerator), Інтернету речей (GE Industrial Cloud) до цифрових двійників (Airbus), 5G (Ericsson) та кібербезпеки (ENISA). Це підкреслює системний підхід до цифровізації індустрії.

Таблиця 7.11 дає змогу порівняти конкурентоспроможність ЄС зі США та Китаєм. Попри позитивний вплив цифровізації на ВВП (до +2,3% на рік), Європа поступається за кількістю Big Tech-компаній, обсягами IT-інвестицій і масштабістю експорту цифрових рішень. Це свідчить про необхідність посилення технологічного суверенітету та стимулювання внутрішнього ринку.

Таблиця 7.9 – Розвиток інфраструктури та інвестицій

Країна / Ініціатива	Основні напрями	Обсяг фінансування
Digital Europe (ЄС)	Штучний інтелект, НРС, кібербезпека, цифрові навички	€7,5 млрд (2021–2027)
Global Gateway	Цифрова, енергетична, транспортна інфраструктура	до €300 млрд
Велика Британія (2024–2027)	AI, цифрове виробництво, автоматизація	£2,8 млрд

Примітка: складено автором на основі узагальнення інформації

Таблиця 7.10 – Впровадження ключових технологій

Технологія	Призначення	Приклад впровадження
AI	Аналітика, прогнозування, автоматизація	Siemens AI в Xcelerator
IoT	Моніторинг і контроль обладнання	GE Industrial Cloud
Digital Twin	Моделювання виробничих процесів	Airbus цифрові копії заводів
5G/6G	Швидка передача даних, автоматизація	Ericsson Smart Factory
Кібербезпека	Захист цифрових інфраструктур	ENISA + внутрішні стратегії компаній

Примітка: складено автором на основі узагальнення інформації

Таблиця 7.11 – Підвищення конкурентоспроможності

Аспект	Європа	США / Китай
Ріст ВВП від цифровізації	+1,5–2,3% (за рік)	+2,5–3,0% (за рік)
Big Tech компанії	Менше 10 у світовому топ-50	Понад 35 (Google, Apple, Tencent, Alibaba тощо)
AI-інвестиції	Менше \$15 млрд/рік	США > \$70 млрд, Китай > \$50 млрд
Експорт цифрових рішень	Розвинений, але фрагментарний	Централізований та масштабований

Примітка: складено автором на основі узагальнення інформації

Отже, цифрова трансформація промисловості в Європі – стратегічна необхідність: це підґрунтя для конкурентоспроможної та екологічно сталого економіки. Масштабні інвестиції, управління технологічними ризиками та регуляторні рамки створюють важливий імпульс. Проте гальмують повноцінну реалізацію прогалини у цифрових компетенціях, євроінтеграційні розриви та складнощі у створенні самостійної інноваційної екосистеми.



### Питання для самоконтролю

1. Які чинники спричиняють нерівномірний розвиток цифровізації серед країн ЄС?
2. Чому стандартизація технологій є критично важливою для розвитку Industry 4.0?
3. Які основні технології формують основу концепції Industry 4.0 у промисловості Європейського Союзу?
4. У чому полягає стратегічна мета цифровізації промисловості в рамках програми Digital Europe?
5. Які ключові технології лежать в основі цифрового виробництва в Європі та які функції вони виконують?
6. Як цифрові двійники та IoT впливають на ефективність виробничих процесів та прийняття управлінських рішень?
7. Яку роль відіграє Інтернет речей (IoT) у сучасному цифровому виробництві?

8. У чому полягає перевага використання цифрових двійників на виробничих підприємствах?

9. Які ключові переваги електронного бізнесу у промисловому середовищі забезпечують підвищення ефективності виробництва та логістики?

10. Наведіть приклади B2B або маркетплейс-платформ у промисловості Європи та поясніть їх вплив на ланцюги постачання.

11. Які особливості B2B-платформ у сфері електронного бізнесу в промисловості відрізняють їх від традиційних моделей торгівлі?

12. Як електронний бізнес впливає на ефективність і прозорість ланцюгів постачання у промисловому середовищі?

13. Які ключові програми Європейського Союзу забезпечують фінансування цифрової трансформації у промисловості?

14. У чому полягає мета регламенту AI Act, і як він впливає на впровадження цифрових технологій?

15. Як програма Digital Europe Programme підтримує розвиток цифрових послуг і інфраструктури у країнах ЄС?

16. Як Cascade Funding підтримує малі та середні підприємства (МСП) у сфері цифровізації, і які типи інновацій можуть отримати грантову допомогу?

17. У чому полягають ключові переваги цифровізації промислового виробництва в контексті ефективності й гнучкості?

18. Які загрози створюють кіберризики у цифровому виробництві?

19. Чому складність інтеграції нових технологій у застарілі системи є бар'єром для цифровізації?

20. Як цифровізація впливає на соціальні аспекти зайнятості у промисловості?

21. Яким чином ініціативи Global Gateway та InvestEU сприяють модернізації цифрової інфраструктури промисловості в ЄС?

22. Які переваги дає впровадження 5G/TSN у виробничих процесах і як це впливає на оперативність управління?

23. Як штучний інтелект трансформує функції аналітики та обслуговування в індустріальних підприємствах?

24. У чому полягає роль цифрової культури (Digital Labs, Smart Natives) у прискоренні промислової трансформації?

25. Як ЄС намагається подолати проблему браку цифрових навичок серед працівників у промисловому секторі?



### Тестові завдання для самоконтролю

**1. Який рівень використання AI серед великих підприємств ЄС у 2024 році?**

а) 25%;

б) 34%;

в) 41%;

г) 47%.

**2. Що є основним викликом цифровізації, пов'язаним з людським капіталом?**

- а) висока вартість IoT-пристроїв;
- б) недостатня цифрова компетентність працівників;
- в) відсутність інтернету;
- г) застаріле обладнання.

**3. Яка з наведених технологій НЕ є ключовою складовою цифрової трансформації промисловості в ЄС?**

- а) IoT;
- б) AI;
- в) Digital Twin;
- г) Теплова енергетика.

**4. Яку мету передбачає програма Digital Europe у контексті цифровізації промисловості?**

- а) створення нових аграрних платформ;
- б) підтримка AI, кібербезпеки та цифрових навичок;
- в) заборона використання роботів;
- г) скасування цифрових регламентів.

**5. Яка технологія дозволяє створювати віртуальну копію реального виробничого процесу?**

- а) ERP;
- б) Digital Twin;
- в) CRM;
- г) IoT.

**6. Що з наведеного є прикладом використання AI у виробництві?**

- а) Віртуальні музеї;
- б) Прогнозування поломок обладнання;
- в) Друк банерів;
- г) Ручне сортування деталей.

**7. Яка технологія відповідає за створення віртуальної моделі фізичного об'єкта у виробництві?**

- а) IoT;
- б) CPS;
- в) Digital Twin;
- г) AR.

**8. Яке з наведених рішень дозволяє виробничим одиницям автономно обмінюватися даними та приймати рішення?**

- а) ERP-система;
- б) Кібер-фізичні системи (CPS);
- в) Blockchain;
- г) CRM-система.

**9. Яка з наведених платформ є прикладом B2B-маркетплейсу в промисловості Європи?**

- a) Joom;
- б) XOM Materials;
- в) Amazon;
- г) Viber.

**10. Яка головна перевага впровадження електронного бізнесу на промисловому підприємстві?**

- a) зниження вартості реклами;
- б) автоматизація закупівель та аналітика в реальному часі;
- в) паперовий документообіг;
- г) встановлення нових верстатів.

**11. Яка з наведених платформ є прикладом B2B-сервісу в промисловості Німеччини?**

- a) Joom;
- б) XOM Materials;
- в) Mirakl;
- г) Shopify.

**12. Яка основна перевага використання цифрових маркетплейсів у промисловому секторі?**

- a) зниження податків;
- б) автоматизація логістики та ширший доступ до ринку;
- в) скорочення кількості працівників;
- г) виробництво паперових каталогів.

**13. Який європейський акт регулює впровадження штучного інтелекту за принципом оцінки ризиків?**

- a) DMA;
- б) AI Act;
- в) Digital Compass;
- г) CRA.

**14. Що є метою програми Digital Europe Programme (DEP)?**

- a) побудова нових доріг;
- б) підтримка кібербезпеки, AI, цифрових навичок;
- в) субсидії для аграріїв;
- г) регулювання енергетики.

**15. Що передбачає European Chips Act?**

- a) створення цифрового ринку послуг;
- б) виробництво мікročіпів та підтримку технологічного суверенітету;
- в) експорт продукції до США;
- г) розвиток соціальної інфраструктури.

**16. Який регламент спрямований на контроль за цифровими платформами (Google, Amazon тощо)?**

- a) AI Act;
- б) DSA;
- в) DMA;
- г) eIDAS.



**17. Яка технологія дозволяє прогнозувати несправності обладнання в режимі реального часу?**

- а) ERP;
- б) CRM;
- в) Predictive Maintenance;
- г) Blockchain.

**18. Що НЕ є прямою перевагою цифровізації виробництва?**

- а) оптимізація витрат;
- б) прозорість ланцюгів постачання;
- в) витіснення всіх працівників;
- г) гнучкість у плануванні.

**19. Який фактор найбільше гальмує впровадження цифрових рішень у МСП?**

- а) нестача електрики;
- б) надлишок працівників;
- в) високі початкові витрати;
- г) погана екологія.

**20. Яка організаційна проблема найчастіше виникає під час цифрової трансформації?**

- а) опір змінам з боку персоналу;
- б) надмірна ініціативність;
- в) високий попит на продукцію;
- г) успішне впровадження.



## **Вправи та практичні завдання**

### **Завдання 1.**

Проведіть порівняльний аналіз рівня цифровізації промисловості у двох країнах ЄС за такими критеріями: впровадження AI, охоплення IoT, цифрова грамотність працівників, інвестиції в Industry 4.0. Результати представте у вигляді таблиці та зробіть висновки про сильні й слабкі сторони кожної країни.

### **Завдання 2.**

Уявіть себе цифровим консультантом на підприємстві середнього бізнесу у країні з низьким рівнем цифровізації. Розробіть стратегічний план діджиталізації виробничих процесів на 3 роки: які технології слід впровадити, як підвищити кваліфікацію персоналу, як інтегрувати стандарти AI. Оформіть у форматі презентації або звіту.

### **Завдання 3.**

Уявіть, що ви є консультантом середнього машинобудівного заводу в Італії. Розробіть концепцію цифрової трансформації виробництва:

- які технології впроваджувати в першу чергу;
- як організувати підготовку персоналу;
- які очікувані результати за 2 роки.

Представте це у форматі слайд-презентації (5–6 слайдів).

#### **Завдання 4.**

Оберіть одну з країн ЄС (наприклад, Німеччину, Францію чи Італію) та:

- охарактеризуйте її національну стратегію цифровізації промисловості;
- визначте основні технології, які впроваджуються;
- оцініть досягнення або проблеми реалізації. Результати представте у вигляді короткої презентації (5–7 слайдів) або інфографіки.

#### **Завдання 5.**

Створіть структурну модель цифрового виробничого підприємства на основі концепції Industry 4.0. Включіть у неї:

- IoT-сенсори, Digital Twin, ERP-систему, AI-аналітику;
- вкажіть, які процеси автоматизуються, де збираються дані та як вони обробляються.

Представте схему у вигляді діаграми або пояснювальної таблиці.

#### **Завдання 6.**

Кейс: «Впровадження цифрового виробництва у хімічній промисловості».

Контекст: Уряд країни ЄС виділив фінансування на пілотний проєкт цифровізації хімічного заводу. Основні проблеми: висока енерговитратність, часті зупинки обладнання, обмежений контроль якості продукції:

- обґрунтуйте, які саме технології (AI, IoT, Digital Twin, Big Data, AR) доцільно впровадити на цьому заводі;
- розробіть етапи проєкту цифровізації з орієнтовними термінами реалізації;
- визначте очікувані ефекти для компанії (у % або якісних показниках);
- результати оформіть як техніко-економічне обґрунтування або інвестиційний паспорт проєкту.

#### **Завдання 7.**

Проаналізуйте розвиток електронного бізнесу в одній із країн ЄС (наприклад, Німеччина, Франція, Нідерланди).

- визначте ключові платформи, галузі їх застосування та економічний ефект;
- представте результати у вигляді інфографіки або короткої презентації (5 слайдів).

#### **Завдання 8.**

Розробіть концепцію цифрової трансформації для невеликого машинобудівного заводу:

- оберіть 3 ключові технології (наприклад, AI, IoT, CPS);
- опишіть їх функції у виробництві;
- змодельуйте очікувані результати через 2 роки.

Представте у формі дорожньої карти або презентації.

#### **Завдання 9.**

Оберіть реальне підприємство в ЄС, яке впровадило технології Industry 4.0 (наприклад, Siemens, Bosch, Schneider Electric). Проведіть аналіз:

- які цифрові рішення були впроваджені;

- яких результатів досягнуто (ефективність, скорочення витрат);
- які виклики залишаються.

Представте результати у вигляді звіту (1–2 сторінки).

#### **Завдання 10.**

Порівняйте B2B-платформи XOM Materials (Німеччина) та Mirakl (Франція) за наступними критеріями:

- модель роботи (маркетплейс / інтеграція з ERP);
- масштаби користувачів;
- галузі застосування.

Представте висновки у таблиці.

#### **Завдання 11.**

Проаналізуйте основні положення AI Act. Визначте, які групи промислових технологій потрапляють до категорій «високого ризику». Оцініть, які обмеження накладаються і які вимоги встановлюються. Результат оформіть у вигляді короткого аналітичного звіту (до 1 сторінки).

#### **Завдання 12.**

Оберіть європейську промислову компанію (наприклад, thyssenkrupp, ArcelorMittal, Siemens), яка активно використовує e-business інструменти:

- опишіть тип платформи (маркетплейс, B2B-сервіс, API-інтеграція);
- які функції реалізуються (замовлення, аналітика, логістика);
- як змінилася ефективність після впровадження?

Представте результати у вигляді міні-репортажу або інфографіки.

#### **Завдання 13.**

Розробіть проект впровадження електронного бізнесу на умовному промисловому підприємстві в Україні.

- Які технології слід використати?
- Як забезпечити інтеграцію з ERP/CRM?
- Які виклики можуть виникнути (кадри, безпека, інфраструктура)?

Підготуйте документ з техніко-економічним обґрунтуванням (до 2 сторінок).

#### **Завдання 14.**

Уявіть, що ви є радником цифрового інноваційного кластера. Розробіть дорожню карту участі МСП вашого регіону в програмі Cascade Funding. Визначте кроки від подання заявки до реалізації проекту (включно з бюджетом і результатами).

Представте в презентації (до 6 слайдів).

#### **Завдання 15.**

Порівняйте регуляторні рамки DMA та DSA.

Складіть таблицю порівняння за критеріями: сфера дії, ціль, зобов'язання платформ, наслідки порушення.

Додайте приклади великих компаній, на які це впливає.

#### **Завдання 16.**

Ви працюєте в компанії, яка впроваджує цифрових двійників у виробництво.

Вивчіть вимоги Cyber Resilience Act і створіть чек-лист безпеки, якого

має дотримуватись ваша компанія для відповідності законодавству ЄС. Оформіть у вигляді таблиці «вимога – дії – відповідальна особа».

#### **Завдання 17.**

Оберіть компанію в ЄС, яка впровадила цифрові технології у виробництво.

Оцініть: які переваги отримано, які виклики виникли, як вони були подолані.

Представте у формі короткого звіту (1–2 сторінки).

#### **Завдання 18.**

Побудуйте власну SWOT-матрицю цифровізації для умовного виробничого підприємства (можна взяти своє місто/країну).

Додайте приклади до кожної категорії.

#### **Завдання 19.**

Уявіть, що ви – керівник цифрового відділу. Ваш завод має застарілу ERP-систему.

Складіть план інтеграції сучасного IoT-рішення, врахувавши ризики та можливості.

#### **Завдання 20.**

Створіть план підготовки персоналу до впровадження технологій Industry 4.0.

Врахуйте навчання, мотивацію, опір змінам і механізми підтримки.



### **Термінологічний словник**

#### **А**

**AI Act** – регламент ЄС щодо штучного інтелекту, який встановлює правила безпеки, прозорості та управління ризиками у використанні AI в різних сферах.

**AR (Доповнена реальність)** – технологія, яка поєднує реальний світ з віртуальними елементами, що накладаються на нього, зокрема для візуалізації виробничих процесів чи інструкцій.

#### **В**

**B2B (Business to Business)** – модель електронної комерції, за якою покупцем і продавцем є бізнес-структури.

**Big Data (Великі дані)** – обсяг даних, що перевищує можливості традиційної обробки та вимагає спеціальних інструментів аналізу.

#### **С**

**Cascade Funding** – фінансовий механізм підтримки

МСП у вигляді грантів через відкриті конкурси для участі у цифрових проєктах.

**CRM-системи** – програмне забезпечення для управління взаємодією з клієнтами, автоматизації маркетингу, продажів і сервісу.

**Cyber-Physical Systems (CPS)** – інтегровані системи, де обчислювальні процеси керують фізичними об'єктами у реальному часі через сенсори та мережу.

**Cyber Resilience Act (CRA)** – нормативний акт ЄС, що встановлює вимоги до кібербезпеки цифрових продуктів.

## D

**Data Overload (перевантаження даними)** – ситуація, коли підприємство не здатне ефективно обробити зібрані цифрові дані.

**Digital Europe Programme** – програма ЄС 2021–2027 років, що спрямована на розвиток AI, суперкомп'ютерів, кібербезпеки та цифрових навичок.

**Digital Manufacturing (Цифрове виробництво)** – використання цифрових технологій для автоматизації, керування й оптимізації виробничих процесів.

**Digital Supply Network (Цифрова мережа постачання)** – інтегрована, прозора і взаємопов'язана система управління ланцюгами постачання, яка використовує цифрові технології (IoT, Blockchain, AI) для оперативного реагування на зміни попиту, ризиків та умов ринку.

**Digital Services Act (DSA)** – законодавчий акт ЄС, що регулює онлайн-платформи, захист користувачів та контроль контенту.

**Digital Skills Gap** – розрив між наявними цифровими навичками працівників та вимогами нових технологій.

**Digital Twin (Цифровий двійник)** – цифрова копія фізичного об'єкта або процесу, що використовується для моделювання, прогнозування та вдосконалення.

**Digitalization (Цифровізація)** – впровадження цифрових технологій у всі сфери діяльності для підвищення ефективності.

## E

**e-Business (Електронний бізнес)** – господарська діяльність, що здійснюється за допомогою цифрових інструментів, зокрема в логістиці, продажах, виробництві.

**e-Procurement** – система електронних закупівель, яка забезпечує прозорість і зручність процесу постачання.

**ETSI / ENISA** – європейські агентства, відповідальні за стандартизацію телекомунікацій і кібербезпеку відповідно.

## I

**Industry 4.0** – концепція Четвертої промислової революції, що базується на інтеграції AI, IoT, Big Data, CPS та інших цифрових технологій у виробництво.

**IIoT (Industrial Internet of Things)** – Інтернет речей у промисловості, що дозволяє пристроям обмінюватися даними в реальному часі.

**IPCEI** – важливі проекти загальноєвропейського інтересу, що фінансуються для розвитку стратегічних галузей, зокрема цифрових.

## L

**Legacy Systems** – застарілі IT-системи, які складно інтегрувати з новими цифровими технологіями, але вони досі використовуються на підприємствах.

## M

**Marketplace (цифровий маркетплейс)** – онлайн-платформа для взаємодії постачальників і покупців у B2B-середовищі.

## P

**Predictive Analytics (Прогнозна аналітика)** – підхід до аналізу даних, що використовує статистичні алгоритми, машинне навчання та історичні дані для прогнозування майбутніх подій або результатів у виробництві, логістиці та бізнес-процесах.

**Predictive Maintenance** – прогнозне технічне обслуговування, що базується на сенсорах та аналітиці для попередження несправностей.

## S

**SCM (Supply Chain Management)** – управління всіма етапами ланцюга постачання: від закупівель до доставки готової продукції.

**Smart Factory (Розумна фабрика)** – виробниче середовище, яке самостійно адаптується до змін у реальному часі, використовує IoT, AI, цифрові двійники та аналітику даних для оптимізації всіх процесів, зменшення витрат і підвищення гнучкості виробництва.

## V

**Virtual Reality (VR)** – технологія занурення користувача у віртуальне середовище, застосовується для навчання персоналу та візуалізації процесів.

### Список використаних джерел

1. Eurostat. *Use of artificial intelligence in enterprises in the European Union, 2023–2024*. Luxembourg, 2024. 5 с. URL: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Use\\_of\\_artificial\\_intelligence\\_in\\_enterprises\\_in\\_the\\_EU](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Use_of_artificial_intelligence_in_enterprises_in_the_EU)
2. European Parliament. *Industry 4.0: definition & framework*. European Parliament. Brussels, 2016. 4 с.
3. *Assessing the Industry 4.0 European divide...* ScienceDirect, 2022. 6 с. URL: <https://www.sciencedirect.com/>
4. VDMA. *Digitalization & Industrie 4.0*. Germany, 2024. 3 с. URL: <https://vdma.org/>
5. *Industry 4.0 and the digital society: concepts, dimensions...* Porto, 2018. 4 с. URL: <https://www.researchgate.net/>
6. Eurostat. *Digital economy and society statistics – enterprises, 2024* Luxembourg, 2025. 4 с. URL: <https://ec.europa.eu/>
7. MarketDataForecast. *Europe Industry 4.0 Market Size & Growth, 2033, 2024*. 3 с. URL: <https://www.marketdataforecast.com/>
8. *Artificial Intelligence Adoption in the European Union*. ScienceDirect 2024. 4 с. URL: <https://www.sciencedirect.com/>
9. Eurostat. *Internet of Things report, 2024*. 3 с. URL: <https://ec.europa.eu/>
10. Eurostat. *Smart manufacturing: use of big data analytics, 2024*. 4 с. URL: <https://ec.europa.eu/>
11. Eurostat. *Use of artificial intelligence in enterprises in the European Union, 2023–2024*. Luxembourg, 2024. 5 с. URL: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Use\\_of\\_artificial\\_intelligence\\_in\\_enterprises\\_in\\_the\\_EU](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Use_of_artificial_intelligence_in_enterprises_in_the_EU)
12. European Parliament. *Industry 4.0: definition & framework*. European Parliament. Brussels, 2016. 4 с.
13. *Assessing the Industry 4.0 European divide*. ScienceDirect, 2022. 6 с. URL: <https://www.sciencedirect.com/>
14. VDMA. *Digitalization & Industrie 4.0*. Germany, 2024. 3 с. URL: <https://vdma.org/>
15. *Industry 4.0 and the digital society: concepts, dimensions*. ResearchGate. Porto, 2018. 4 с. URL: <https://www.researchgate.net/>
16. Eurostat. *Digital economy and society statistics – enterprises, 2024* Luxembourg, 2025. 4 с. URL: <https://ec.europa.eu/>
17. MarketDataForecast. *Europe Industry 4.0 Market Size & Growth, 2033, 2024*. 3 с. URL: <https://www.marketdataforecast.com/>
18. *Artificial Intelligence Adoption in the European Union*. ScienceDirect, 2024. 4 с. URL: <https://www.sciencedirect.com/>.
19. Eurostat. *Internet of Things report, 2024*. 3 с. URL: <https://ec.europa.eu/>
20. Eurostat. *Smart manufacturing: use of big data analytics, 2024*. 4 с. URL: <https://ec.europa.eu/>
21. Meyer O., інші. *Status and Future Prospects of the Standardization*

- Framework Industry 4.0*. ArXiv, 2025. 3 c. URL: <https://arxiv.org/>
22. IEEE Spectrum. *Internet of Things*, 2024. 4 c. URL: <https://spectrum.ieee.org/>
23. Entso-e. *Digital Twins in Industry*, 2024. 3 c. URL: <https://www.entsoe.eu>
24. *Digital Twin applications toward Industry 4.0*. ScienceDirect, 2023. 6 c. URL: <https://www.sciencedirect.com/>
25. *Industry 4.0 policies & national strategies in the EU*. ArXiv, 2025. 3 c. URL: <https://arxiv.org/>