

Херсонський національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерії та транспорту

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Автоматизації, робототехніки і мехатроніки

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістра

на тему: «Проект підприємства побутової техніки з дослідженням  
смарттехнологій та цифрових двійників»

### Пояснювальна записка

Виконав: студент 2 курсу, групи 6ПМ  
Спеціальності 131-Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

Мундя М.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник Дмитрієв Д.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Русанов С.А.

(прізвище та ініціали)

Херсонський національний технічний університет  
( повне найменування вищого навчального закладу )

- Інститут, факультет, відділення \_\_\_\_\_ інженерії та транспорту
- Кафедра, циклова комісія \_\_\_\_\_ Автоматизації, робототехніки і мехатроніки \_\_\_\_\_
- Освітньо-кваліфікаційний рівень \_\_\_\_\_ магістра
- Напрямок підготовки \_\_\_\_\_
- Спеціальність \_\_\_\_\_ 131- Прикладна механіка

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, голова циклової комісії

Сєліверстов І.А.

«                  » 2024 року

# ЗАВДАННЯ

## **НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Мундя Максим Андрійович

1. Тема проекту «Проект підприємства побутової техніки з дослідженням смарттехнологій та цифрових двійників».

Керівник проекту ( роботи ) Дмитрієв Дмитро Олексійович

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

Затвердженні наказом вищого навчального закладу від XX.XX.2024 року № 404-с.

2. Строк подання студентом проекту ( роботи ) \_\_\_\_\_
3. Вихідні дані по проекту ( роботи ) Структура Проєкт підприємства побутової техніки з дослідженням смарттехнологій та цифрових двійників підприємства, номенклатура продукції, що виробляється, типовий технологічний процес, опис обладнання, контрольно-вимірювальних засоби, система комп'ютеризації та диспетчеризації підприємства.



## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| №<br>з/п | Назва етапів кваліфікаційної<br>Роботи                                                                             | Срок<br>виконання<br>етапів<br>роботи | Примітка |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------|
| 1        | Підбір і огляд літератури                                                                                          | 20.09.24                              | 20.09.24 |
| 2        | Методи досліджень, математичні моделі,<br>апаратне забезпечення                                                    | 07.10.24                              |          |
| 3        | Проектування елементів Смартсистема<br>виробництва, структура та опис цифрових<br>двійників технологічних процесів | 21.10.24                              |          |
| 4        | Розділ організації виробництва та<br>диспетчерські засоби та оцінка KPI<br>виробництва по ДСТУ22400                | 25.11.24                              |          |
| 5        | Розділ з охорони праці та безпеки<br>життєдіяльності                                                               | 29.11.24                              |          |
| 6        | Оформлення ПЗ і плакатів                                                                                           | 13.12.24                              |          |
| 7        | Завершення оформлення проекту                                                                                      | 15.12.24                              |          |

Студент \_\_\_\_\_ Мундя М.А.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Дмитрієв Д.О.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

|  |  |  |  |  |  |    |
|--|--|--|--|--|--|----|
|  |  |  |  |  |  |    |
|  |  |  |  |  |  |    |
|  |  |  |  |  |  | 95 |

## Вступ

### Розділ 1. Теоретичні основи впровадження смарттехнологій у побутову техніку

#### 1.1. Поняття та основні характеристики смарттехнологій

#### 1.2. Цифрові двійники: концепція, функції та перспективи розвитку

#### 1.3. Аналіз сучасного стану ринку смарттехнологій у побутовій техніці

### Розділ 2. Проектування підприємства побутової техніки

#### 2.1. Вибір місця розташування підприємства

#### 2.2. Планування виробничих потужностей

#### 2.3. Технологічні процеси виготовлення побутової техніки

### Розділ 3. Інтеграція смарттехнологій і цифрових двійників

#### 3.1. Моделювання процесів за допомогою цифрових двійників

#### 3.2. Впровадження смарттехнологій у виробничі процеси

#### 3.3. Забезпечення якості та надійності виробів із використанням цифрових двійників

### Розділ 4. Економічне обґрунтування проекту

#### 4.1. Розрахунок собівартості продукції

#### 4.2. Оцінка економічної ефективності впровадження смарттехнологій

#### 4.3. Ризики та шляхи їх мінімізації

### Розділ 5. Прогнозування розвитку підприємства

#### 5.1. Інноваційні перспективи впровадження цифрових двійників

#### 5.2. Розвиток асортименту побутової техніки із використанням смарттехнологій

#### 5.3. Взаємодія з клієнтами через цифрові платформи

### Розділ 6. Охорона праці

## Висновки

## Список використаних джерел

## ВСТУП

|  |  |  |  |  |  |    |
|--|--|--|--|--|--|----|
|  |  |  |  |  |  |    |
|  |  |  |  |  |  |    |
|  |  |  |  |  |  | 95 |

**Актуальність дослідження** зумовлена необхідністю адаптації підприємств до нових реалій, пов'язаних із цифровізацією, глобальною конкуренцією та зростаючими очікуваннями клієнтів щодо функціональності та надійності побутової техніки. Вивчення теоретичних та практичних аспектів впровадження смарттехнологій і цифрових двійників у виробничі процеси дозволить запропонувати ефективні рішення для розвитку підприємств у цій галузі.

|  |  |  |  |  |  |    |
|--|--|--|--|--|--|----|
|  |  |  |  |  |  |    |
|  |  |  |  |  |  |    |
|  |  |  |  |  |  | 95 |

автоматизації. Зростання попиту на смартпристрої обумовлене прагненням споживачів до зручності, енергозбереження та інтеграції з іншими елементами "розумного дому". Водночас технологія цифрових двійників, що лише починає розвиватися у сфері побутової техніки, здатна радикально змінити підходи до проектування, тестування та експлуатації продукції. Тому дослідження цих технологій є своєчасним та необхідним для забезпечення конкурентоспроможності вітчизняних підприємств на світовому ринку.

**Метою дослідження** є розробка теоретичних і практичних підходів до впровадження смарттехнологій і цифрових двійників у виробництво побутової техніки з метою підвищення ефективності виробничих процесів, забезпечення якості продукції та розширення її функціональних можливостей.

**Об'єктом дослідження** є процеси проектування, виробництва та експлуатації побутової техніки із використанням смарттехнологій та цифрових двійників.

**Предметом дослідження** є інноваційні методи та технології впровадження смарттехнологій і цифрових двійників у виробничі процеси підприємств побутової техніки.

**Завдання дослідження.** Дослідження спрямоване на розв'язання таких основних завдань:

- Визначення концептуальних основ смарттехнологій та цифрових двійників;
- Аналіз сучасного стану ринку смарттехнологій у побутовій техніці;
- Розробка технологічних рішень для інтеграції цифрових двійників у виробничі процеси;
- Обґрунтування економічної доцільності впровадження інноваційних рішень;
- Вивчення інноваційних перспектив розвитку підприємств, які впроваджують смарттехнології.

**Методи дослідження.** Для досягнення мети і завдань дослідження використовуються такі методи: аналітичний метод для вивчення стану та

тенденцій ринку; методи моделювання для створення цифрових двійників; економіко-математичні методи для оцінки економічної ефективності; експертний аналіз для визначення перспектив розвитку інновацій.

**Наукова новизна.** Наукова новизна дослідження полягає у розробці теоретичних засад і практичних рекомендацій щодо інтеграції смарттехнологій і цифрових двійників у виробничі процеси побутової техніки. У роботі запропоновано модель використання цифрових двійників для забезпечення надійності продукції та скорочення часу її виходу на ринок. Крім того, обґрунтовано економічні переваги впровадження цих інновацій, що створює основу для довгострокового розвитку підприємств у цій сфері.

## Розділ 1. Теоретичні основи впровадження смарттехнологій у побутову техніку

|  |  |  |  |  |  |    |
|--|--|--|--|--|--|----|
|  |  |  |  |  |  |    |
|  |  |  |  |  |  |    |
|  |  |  |  |  |  | 95 |

## 1.1. Поняття та основні характеристики смарттехнологій

Смарттехнології – це інтеграція сучасних інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ), автоматизації та елементів штучного інтелекту у пристрої та системи, що дозволяє їм виконувати складні функції з мінімальним втручанням людини. Їх ключовою особливістю є здатність аналізувати дані, приймати рішення в реальному часі та адаптуватися до змін у середовищі. Смарттехнології здебільшого базуються на використанні Інтернету речей (IoT), що забезпечує з'єднання пристроїв між собою для обміну інформацією і спільної роботи.

Однією з найважливіших характеристик смарттехнологій є їхня автономність. Це означає, що пристрої, оснащені смарттехнологіями, здатні функціонувати без безпосередньої участі користувача, виконуючи запрограмовані завдання або реагуючи на зовнішні стимули. Наприклад, сучасні "розумні" термостати автоматично регулюють температуру в приміщенні на основі аналізу даних про погодні умови та переваги користувачів.

Іншою ключовою рисою є можливість віддаленого доступу. Смартпристрої можуть бути керовані через мобільні додатки або веб-інтерфейси, що дозволяє користувачам взаємодіяти з ними з будь-якого місця за наявності підключення до Інтернету. Це сприяє підвищенню зручності та ефективності використання побутової техніки. Смарттехнології також відзначаються високим рівнем інтеграції з іншими системами. Наприклад, "розумні" пристрої можуть працювати як частина єдиної екосистеми "розумного дому", синхронізуючись із системами безпеки, освітлення, енергозабезпечення та мультимедіа.

Штучний інтелект і машинне навчання є важливими компонентами смарттехнологій, що забезпечують здатність пристроїв до самонавчання. Це означає, що вони можуть аналізувати дані, зібрані під час експлуатації, і вдосконалювати свою роботу, зокрема оптимізуючи споживання ресурсів або підлаштовуючись до звичок користувача.



Рисунок 1.1 - Абривіатура SMART

Ще однією характеристикою є енергоефективність. Смарттехнології орієнтовані на раціональне використання енергії, що досягається завдяки автоматичному вимиканню пристроїв у режимі простою, адаптації роботи до реальних потреб або впровадженню алгоритмів оптимізації енергоспоживання.

Важливим аспектом смарттехнологій є безпека даних. Завдяки зростаючому обсягу зібраної та переданої інформації, смартпристрої оснащуються засобами шифрування та іншими технологіями захисту, що забезпечують конфіденційність користувачів і запобігають кібератакам.

Смарттехнології характеризуються високим рівнем інноваційності, інтеграції, автономності, зручності використання та здатності до адаптації, що робить їх незамінними в умовах сучасного світу. Вони дозволяють не лише підвищити комфорт життя, але й оптимізувати витрати, покращити екологічність і забезпечити більш якісне управління ресурсами. Розвиток смарттехнологій впливає на всі аспекти повсякденного життя, трансформуючи способи взаємодії людини з технікою та довкіллям. Однією з найважливіших переваг таких технологій є їх здатність сприяти підвищенню продуктивності та ефективності в різних сферах. Наприклад, у побутовій техніці це проявляється у можливості автоматизувати рутинні процеси, мінімізуючи участь користувача. Смарттехнології дозволяють виконувати завдання швидше та точніше, ніж це можливо за допомогою традиційних підходів.

- 
- A circular graphic with the text "SMART city" in the center. The circle is surrounded by various icons representing smart city elements: a satellite, a car, a house, a factory, a train, a plane, a mountain, and a clock.

Рисунок 1.2 - Поняття Smart-технологій

Крім того, смартпристрої сприяють створенню екологічно свідомого середовища. Завдяки точному аналізу даних про споживання енергії та ресурсоемність процесів вони дозволяють оптимізувати витрати, знижуючи вплив на довкілля. Наприклад, сучасні пральні машини із системами розпізнавання завантаження автоматично визначають обсяг води та миючих засобів, необхідних для конкретного циклу прання. Це не лише економить ресурси, а й підтримує екологічний баланс.

Особливу увагу привертає інтерактивність смарттехнологій, яка сприяє створенню нових моделей взаємодії між користувачами та пристроями. За допомогою голосових помічників, таких як Amazon Alexa або Google Assistant, можна здійснювати керування різними елементами "розумного дому", отримуючи необхідну інформацію або виконуючи певні дії. Цей рівень інтерактивності перетворює смарттехнології на частину повсякденного життя, роблячи їх не лише функціональними, а й комфортними у використанні.

Перспективи розвитку смарттехнологій включають подальшу інтеграцію штучного інтелекту, що забезпечить ще більш складну обробку даних та прийняття рішень. Технології 5G відкривають нові можливості для швидкої

передачі даних між пристроями, що розширює потенціал Інтернету речей. У майбутньому це дозволить створювати ще більш інтегровані екосистеми, у яких побутова техніка, транспортні засоби та елементи міської інфраструктури будуть взаємодіяти між собою.

Таблиця 1.1. Основні характеристики смарттехнологій

| Характеристика     | Опис                                                                                                                                 |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Автономність       | Пристрої виконують завдання без безпосередньої участі користувача, реагуючи на зовнішні стимули та виконуючи запрограмовані дії.     |
| Віддалений доступ  | Можливість керування пристроями через мобільні додатки або веб-інтерфейси з будь-якого місця при наявності підключення до Інтернету. |
| Інтеграція         | Пристрої синхронізуються з іншими елементами систем, створюючи єдину екосистему, наприклад, 'розумний дім'.                          |
| Самонавчання       | Пристрої використовують штучний інтелект і машинне навчання для аналізу даних і вдосконалення власної роботи.                        |
| Енергоефективність | Технології оптимізують використання енергоресурсів, зменшуючи споживання в простій та адаптуючи роботу до реальних потреб.           |
| Інтерактивність    | Користувачі можуть взаємодіяти з пристроями за допомогою голосових команд або інших інтерактивних інтерфейсів.                       |
| Захист даних       | Використання технологій шифрування та захисту інформації для забезпечення конфіденційності користувачів і запобігання кібератакам.   |

# Smart в Україні

- в Україні цей процес здійснюється зі значним відставанням від розвинутих країн. У зв'язку з недостатнім фінансуванням розробок і досліджень в галузі інтелектуальних систем на Україні, на світовому і вітчизняному ринку здобула велику популярність продукція компанії SMART – провідної компанії виробника smart-техніки і програмного забезпечення.
- Підготовка кваліфікованих спеціалістів у галузі smart-технологій дозволить Україні конкурувати з іншими країнами та виробляти продукцію, яка використовуватиметься не тільки у навчанні, але і в інших сферах життя суспільства.

A conceptual image showing a hand holding a glowing smartphone. Above the phone, a digital globe is surrounded by various data visualizations, including bar charts, line graphs, and floating documents, representing smart technology and data processing.

Рисунок 1.3 - Впровадження Smart-технологій в Україні

Смарттехнології є не лише сучасним трендом, а й важливим напрямом технологічного прогресу, що змінює спосіб життя, роботи та сприйняття світу. Їх впровадження у побутову техніку відкриває нові можливості для розвитку підприємств, підвищення комфорту споживачів та збереження ресурсів, що робить їх ключовим елементом цифрової епохи.

## 1.2. Цифрові двійники: концепція, функції та перспективи розвитку

Цифрові двійники є однією з найсучасніших і перспективних технологій, яка активно інтегрується у різні галузі промисловості, зокрема у виробництво побутової техніки. Концепція цифрового двійника полягає у створенні віртуальної копії реального об'єкта, системи або процесу. Ця копія є інтерактивною моделлю, яка точно відображає фізичні характеристики, поведінкові моделі та операційні особливості свого реального аналога. Завдяки постійному обміну даними між реальним об'єктом і його цифровим двійником забезпечується можливість моніторингу, аналізу, моделювання та прогнозування роботи систем у режимі реального часу.

Функції цифрових двійників включають широкий спектр можливостей, спрямованих на вдосконалення роботи системи. Однією з основних функцій є

моніторинг стану об'єкта. За допомогою сенсорів, що збирають дані про роботу реального об'єкта, цифровий двійник здатен відображати його поточний стан у цифровій формі. Це дозволяє виявляти відхилення від нормальної роботи та оперативно реагувати на них.



Рисунок 1.4 - Використання цифрових двійників у різних галузях промисловості

Ще однією важливою функцією є моделювання, яке дозволяє вивчати різні сценарії роботи системи без ризику для реального об'єкта. Наприклад, у побутовій техніці цифровий двійник може використовуватися для тестування нових функцій або вдосконалення існуючих, знижуючи витрати на фізичні експерименти. Завдяки цьому технологія цифрових двійників забезпечує підвищення ефективності процесів проектування та виробництва.

Цифрові двійники також відіграють важливу роль у прогнозуванні. Вони дозволяють аналізувати великі обсяги даних, отриманих у реальному часі, для передбачення можливих збоїв або необхідності технічного обслуговування. Наприклад, у виробництві побутової техніки це може допомогти оптимізувати графіки сервісного обслуговування, підвищити надійність продукції та зменшити її вартість у довгостроковій перспективі.

Перспективи розвитку цифрових двійників пов'язані з інтеграцією новітніх технологій, таких як штучний інтелект, машинне навчання та мережі 5G. Використання штучного інтелекту дозволяє цифровим двійникам не лише

аналізувати дані, але й приймати автономні рішення, що суттєво розширює їхні можливості. Завдяки 5G забезпечується надшвидка передача даних, що дозволяє створювати більш складні та детальні моделі в реальному часі. У майбутньому цифрові двійники можуть стати ключовим елементом "розумних" фабрик і систем, що працюють за принципами Індустрії 4.0. Їх використання сприятиме не лише підвищенню ефективності виробництва, але й більшому врахуванню екологічних аспектів завдяки оптимізації ресурсів і зменшенню витрат енергії. Цифрові двійники є надзвичайно перспективною технологією, яка відкриває нові можливості для оптимізації, інноваційного розвитку та забезпечення якості продукції. Їх впровадження дозволяє підприємствам адаптуватися до сучасних викликів, зберігаючи конкурентоспроможність у динамічних умовах ринку. Подальший розвиток цифрових двійників тісно пов'язаний із глобальними тенденціями цифровізації, що охоплюють різні галузі — від промисловості до побуту. Завдяки здатності до інтеграції з іншими інноваційними технологіями, такими як Інтернет речей (IoT), великі дані (Big Data) та хмарні обчислення, цифрові двійники поступово перетворюються на універсальний інструмент для вирішення складних задач. У контексті побутової техніки це відкриває унікальні можливості для створення більш персоналізованих, адаптивних та ефективних продуктів.



Рисунок 1.5 – Приклад цифрового двійника

Виробники побутової техніки вже сьогодні активно впроваджують цифрові двійники на етапах проектування та тестування нових моделей. Це дозволяє суттєво скоротити час виходу продукції на ринок, адже більшість

сценаріїв роботи техніки можна протестувати у віртуальному середовищі. Наприклад, моделювання роботи пральної машини за допомогою цифрового двійника може включати тестування її здатності прати різні типи тканин, оптимізацію витрати води й енергії, а також передбачення можливих поломок. Крім того, цифрові двійники дозволяють реалізовувати принципи обслуговування "за потребою" (predictive maintenance). Завдяки цьому сервісні центри отримують можливість віддалено моніторити стан техніки у користувачів і заздалегідь попереджати про необхідність ремонту. Це не лише покращує якість обслуговування, але й знижує витрати для кінцевих споживачів.

У майбутньому цифрові двійники будуть ще більш інтегровані з екосистемами "розумного дому". Вони зможуть обмінюватися даними з іншими пристроями, створюючи єдину мережу, яка буде адаптуватися до потреб користувача в реальному часі. Наприклад, холодильник із цифровим двійником може відстежувати запас продуктів, синхронізуватися з додатком для покупок і навіть самостійно формувати замовлення в інтернет-магазині. Це кардинально змінить підхід до взаємодії між людиною та технікою, перетворюючи її на повноцінного партнера в управлінні домашніми справами. Важливо зазначити, що впровадження цифрових двійників супроводжується певними викликами. Серед них — висока вартість впровадження, необхідність створення надійної інфраструктури для обробки великих обсягів даних, а також питання захисту інформації. Однак з розвитком технологій ці проблеми поступово вирішуються, що відкриває шлях до більш масового застосування цифрових двійників у побутовій техніці.

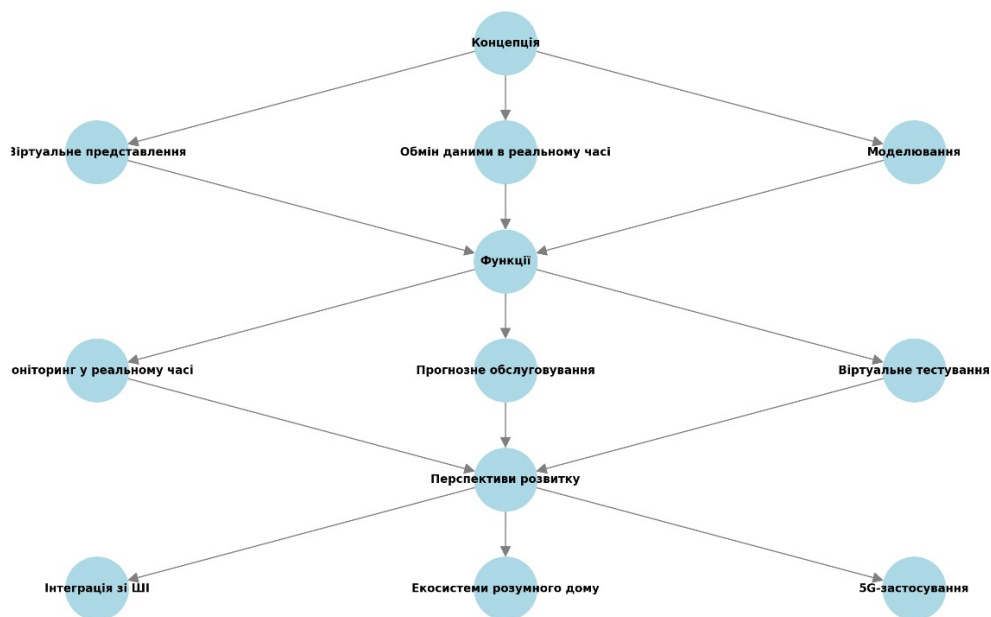


Рисунок 1.6 – Концепція, функції та перспективи цифрових двійників

Загалом цифрові двійники стають важливим елементом інноваційних стратегій підприємств. Їхнє використання дозволяє не лише підвищити конкурентоспроможність продукції, але й забезпечити довготривалу взаємодію із споживачами через якісне обслуговування та нові функціональні можливості. Таким чином, цифрові двійники є ключовим драйвером сучасних трансформацій, який визначає майбутнє багатьох галузей, включаючи побутову техніку.

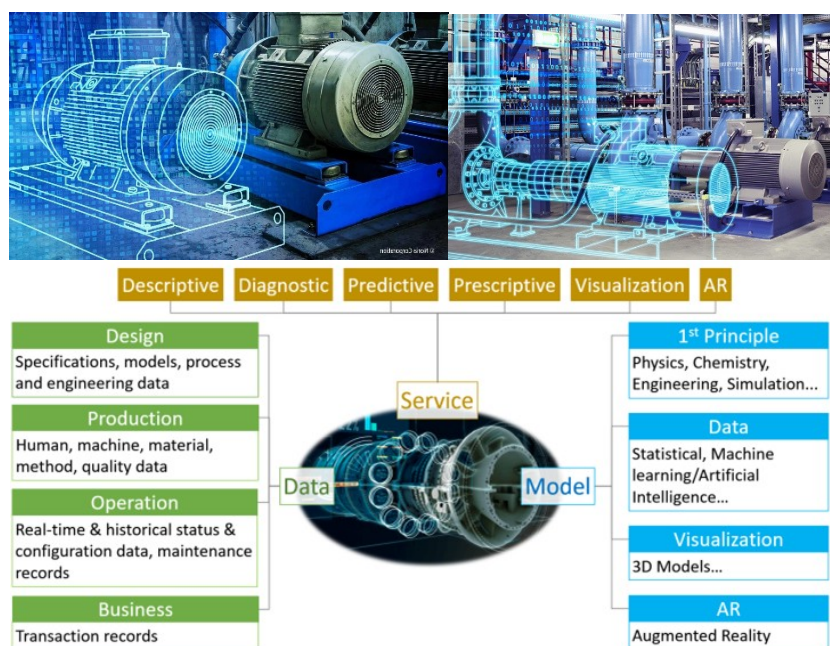


Рисунок 1.7 – Приклади цифрових двійників електро-двигунів

### 1.3. Аналіз сучасного стану ринку смарттехнологій у побутовій техніці

Аналіз сучасного стану ринку смарттехнологій у побутовій техніці свідчить про стрімке зростання попиту на інноваційні рішення, які забезпечують зручність, автоматизацію та інтеграцію у повсякденне життя. Цей ринок характеризується динамічним розвитком, що зумовлений кількома ключовими факторами: підвищенням рівня цифровізації, зростанням доступності технологій і зміною споживацьких очікувань. У сучасних умовах побутова техніка вже не просто виконує базові функції, а стає інтелектуальним помічником, здатним адаптуватися до потреб користувачів.

Одним із важливих трендів є розвиток Інтернету речей (IoT), який забезпечує взаємозв'язок між пристроями. Побутова техніка, оснащена IoT-модулями, дозволяє користувачам віддалено керувати пристроями, отримувати інформацію про їхній стан та інтегрувати їх у єдину екосистему "розумного дому". Наприклад, сучасні холодильники можуть не лише підтримувати необхідну температуру, а й моніторити запаси продуктів, формувати списки покупок або синхронізуватися з додатками для онлайн-шопінгу.

|                                                       |                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Забезпечення чіткого розуміння мети та завдань</b> | • SMART-цілі допомагають уточнити, що саме потрібно досягти та як це буде виміряно.                                                              |
| <b>Підвищення продуктивності</b>                      | Конкретні та вимірювані цілі спрямовують зусилля команди на досягнення конкретних результатів, підвищуючи ефективність та продуктивність роботи. |
| <b>Оптимізація ресурсів</b>                           | • SMART-технології дозволяють оцінити реальні можливості та обмеження, що сприяє оптимізації використання ресурсів і уникненню надмірних витрат  |
| <b>Підвищення мотивації</b>                           | • Чітко сформульовані та досяжні цілі стимулюють команду до дії, оскільки вони знають, чого прагнуть досягти та як це буде оцінено               |
| <b>Забезпечення відповідності стратегічним цілям</b>  | • SMART-цілі дозволяють підприємствам спрямовувати зусилля на досягнення ключових стратегічних цілей і планів розвитку                           |
| <b>Покращення зворотного зв'язку</b>                  | • Вимірювані цілі дозволяють звітувати про прогрес і результати, що покращує комунікацію в організації та дає змогу вчасно реагувати на зміни    |

## Рисунок 1.8 – Основні принципи використання Smart-технологій

Ринок побутової техніки зі смарттехнологіями характеризується сегментацією за типами пристроїв, такими як пральні машини, кухонна техніка, системи кондиціонування, освітлення та безпеки. У кожному сегменті спостерігається зростання впровадження інтелектуальних функцій. Наприклад, пральні машини використовують технології розпізнавання типу тканини для оптимізації циклів прання, а системи кондиціонування можуть автоматично регулювати температуру залежно від погодних умов і присутності людей у приміщенні.

Важливим аспектом сучасного ринку є розширення можливостей інтеграції смарттехнологій з мобільними додатками. Це дозволяє користувачам отримувати максимальний контроль і зручність у взаємодії з технікою. Крім того, збільшення популярності голосових помічників, таких як Amazon Alexa, Google Assistant та Apple Siri, стимулює виробників інтегрувати ці технології у свої пристрої, створюючи більш персоналізовані й інтуїтивно зрозумілі рішення.

Регіональний аналіз ринку свідчить про його найбільший розвиток у таких країнах, як США, Німеччина, Китай і Японія. Це пов'язано з високим рівнем доходів споживачів, доступністю інноваційних технологій і значними інвестиціями в дослідження та розробки. Водночас у країнах, що розвиваються, попит на смарттехнології також зростає, оскільки технології стають більш доступними, а середній клас демонструє підвищений інтерес до інноваційних рішень.

Економічний вплив ринку смарттехнологій у побутовій техніці є значним. За прогнозами, обсяг цього ринку продовжуватиме зростати завдяки постійному впровадженню нових продуктів і розширенню функціональності існуючих. Виробники активно інвестують у розвиток штучного інтелекту, машинного навчання та енергоефективних рішень, що сприяє зростанню довіри споживачів до таких технологій.

Водночас ринок стикається з низкою викликів, серед яких можна виділити високу вартість впровадження смарттехнологій, проблеми з конфіденційністю даних та необхідність створення надійної інфраструктури для роботи IoT. Вирішення цих питань є ключовим завданням для виробників і регуляторів.

Таким чином, сучасний стан ринку смарттехнологій у побутовій техніці характеризується високою динамікою, значним потенціалом для розвитку та формуванням нових стандартів у взаємодії між людиною і технікою. Інновації у цій сфері не лише змінюють традиційні уявлення про побутову техніку, але й сприяють підвищенню якості життя, комфорту і раціонального використання ресурсів. Перспективи розвитку ринку смарттехнологій у побутовій техніці обіцяють ще більше змін у способах взаємодії споживачів з технікою, а також у підходах до її виробництва та інтеграції в повсякденне життя. Одним із ключових напрямів є впровадження штучного інтелекту, який дозволяє пристроям не лише реагувати на команди користувача, але й аналізувати його поведінку, адаптувати свої функції до потреб і навіть прогнозувати бажання. Наприклад, холодильники можуть передбачати, які продукти знадобляться в майбутньому, а системи клімат-контролю оптимізувати роботу на основі регулярних звичок мешканців.

Велике значення має розвиток технологій 5G, які сприяють значно швидшій передачі даних і забезпечують більш стабільний зв'язок між пристроями в межах IoT-екосистеми. Це особливо важливо для "розумного дому", де десятки пристроїв повинні працювати узгоджено в реальному часі. Завдяки 5G такі системи стануть більш надійними, а затримки у виконанні команд будуть мінімізовані, що підвищить задоволення користувачів.

Іншим важливим аспектом є енергоефективність і сталий розвиток. Сучасні споживачі дедалі більше орієнтуються на екологічність продукції, тому виробники активно інтегрують у свої пристрої технології зниження енергоспоживання. Наприклад, пральні машини та посудомийки з інтелектуальними датчиками можуть автоматично підлаштовувати роботу під

кількість завантаження, а системи освітлення адаптувати інтенсивність світла залежно від часу доби й природного освітлення.

Таблиця 1.2. Стан та перспективи розвитку ринку смарттехнологій у побутовій техніці

| Поточний стан                                                                                            | Перспективи розвитку                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Активний розвиток Інтернету речей (IoT), що забезпечує взаємодію пристроїв у межах екосистеми.           | Інтеграція технологій 5G для підвищення швидкості передачі даних і стабільності роботи пристроїв.            |
| Зростання попиту на побутову техніку з інтелектуальними функціями, такими як автоматизація та адаптація. | Впровадження штучного інтелекту для підвищення персоналізації та прогнозування потреб користувачів.          |
| Поширення мобільних додатків і голосових помічників для управління пристроями.                           | Розширення функціональності хмарних технологій для забезпечення оновлень і нових функцій.                    |
| Регіональна концентрація ринку в розвинених країнах, таких як США, Німеччина, Китай.                     | Зростання попиту в країнах, що розвиваються, завдяки доступності технологій і збільшенню доходів споживачів. |
| Фокус на енергоефективності та раціональному використанні ресурсів.                                      | Підвищення рівня захисту даних через впровадження шифрування та аутентифікації.                              |

Суттєвий вплив на розвиток ринку також мають цифрові платформи та хмарні технології. Завдяки інтеграції хмарних рішень смартпристрої отримують доступ до оновлень програмного забезпечення, нових функцій та баз даних, що дозволяє їм ставати "розумнішими" з часом. Це також відкриває можливості для нових бізнес-моделей, таких як надання послуг підписки на доступ до певних функцій або використання техніки. Ще одним значним напрямом розвитку є підвищення рівня безпеки даних. Через зростаючу кількість смартпристроїв, підключених до мережі, зростає ризик кібератак і втрати конфіденційної

інформації. Тому виробники зосереджуються на створенні надійних систем захисту, впровадженні шифрування та технологій аутентифікації користувачів.

У майбутньому ринок смарттехнологій у побутовій техніці продовжуватиме формуватися під впливом технологічного прогресу, зміни потреб споживачів та глобальних викликів, пов'язаних із екологією та цифровою трансформацією. Цей розвиток забезпечить не лише створення нових функціональних пристроїв, але й трансформацію способу життя людей, який стане більш зручним, ефективним та екологічно усвідомленим.

Отже, ринок смарттехнологій у побутовій техніці є не лише ключовим сектором інноваційної економіки, але й важливим драйвером змін у суспільстві. Його сучасний стан і перспективи свідчать про глибокий зв'язок між технічним прогресом, економічними можливостями та глобальними потребами людства, що дозволяє говорити про цей ринок як про основу майбутнього цифрового світу.

## 2.1. Вибір місця розташування підприємства

Першочергово, розташування підприємства має забезпечувати легкий доступ до регіонів із високим попитом на продукцію. Харків, як одне з найбільших міст України, є вигідним варіантом завдяки своєму географічному положенню, яке дозволяє охоплювати не лише внутрішній ринок, але й забезпечувати експорт до сусідніх країн. Розвинена транспортна

інфраструктура, включаючи автомобільні, залізничні та авіаційні шляхи, сприяє зручній логістиці для доставки готової продукції та постачання комплектуючих.

Для виробництва кондиціонерів потрібні такі складові, як компресори, теплообмінники, електронні плати та пластикові корпуси. Харків має розвинену промислову базу, що дозволяє налагодити співпрацю з місцевими постачальниками, зменшуючи логістичні витрати. Крім того, регіональні підприємства можуть забезпечувати високоякісну сировину та комплектуючі, що критично важливо для підтримки високого рівня виробництва.

Розташування підприємства в Харкові також забезпечує доступ до кваліфікованої робочої сили. Місто є освітнім центром, де функціонують численні технічні університети, які готують спеціалістів у галузях електроніки, інженерії та автоматизації. Це створює сприятливі умови для залучення працівників із необхідними навичками.

Екологічні аспекти є важливими для сучасного виробництва. У Харкові існують промислові зони, які відповідають екологічним стандартам, що дозволяє мінімізувати вплив на довкілля. Крім того, місцева влада активно підтримує ініціативи, спрямовані на розвиток промисловості, що забезпечує додаткові стимули для інвесторів.

Економічні переваги Харкова включають конкурентоспроможні витрати на виробництво, що дозволяє знижувати собівартість продукції. Це, у свою чергу, забезпечує можливість пропонувати конкурентоспроможні ціни на ринку. Підприємство матиме змогу швидко адаптуватися до потреб ринку завдяки кластерному підходу, який активно розвивається у цьому регіоні. Розташування підприємства у Харкові також сприятиме розвитку локальної економіки та створенню нових робочих місць. Це позитивно вплине на соціально-економічний стан регіону, підвищуючи рівень зайнятості населення та забезпечуючи стабільний дохід для місцевих громад. Харківська традиція промислового виробництва сприяє лояльності населення до нових підприємств, що значно полегшить впровадження виробничих процесів.

|  |  |  |  |  |  |    |
|--|--|--|--|--|--|----|
|  |  |  |  |  |  |    |
|  |  |  |  |  |  |    |
|  |  |  |  |  |  | 95 |

Підприємство з виробництва кондиціонерів у Харкові зможе скористатися існуючою промисловою інфраструктурою, включаючи технопарки та індустріальні зони. Це дозволяє мінімізувати початкові інвестиції у будівництво нових виробничих потужностей та прискорити процес запуску. Завдяки доступу до технічних університетів і дослідницьких центрів, підприємство зможе інтегрувати інноваційні рішення та технології в процес виробництва, підвищуючи якість продукції та знижуючи виробничі витрати.

Крім того, Харків є важливим транспортним вузлом, що полегшує доставку кондиціонерів як на внутрішній ринок, так і за кордон. Ефективна логістика дозволить зменшити час і витрати на транспортування продукції, що є критично важливим у сучасних умовах високої конкуренції на ринку побутової техніки. Розташування поблизу кордонів із країнами Східної Європи відкриває можливості для швидкого та вигідного експорту, розширюючи географію продажів.

Ще одним важливим аспектом є перспективи розширення виробництва. Харків має значний резерв територій, придатних для будівництва додаткових цехів, складів та логістичних центрів у разі зростання попиту на продукцію. Це дозволяє гнучко реагувати на зміну ринкових умов і масштабувати виробництво без значних витрат на пошук нових місць розташування.



Рисунок 2.2 – Приклад проектування вибору місця розташування підприємства

|  |  |  |  |  |  |    |
|--|--|--|--|--|--|----|
|  |  |  |  |  |  |    |
|  |  |  |  |  |  |    |
|  |  |  |  |  |  | 95 |

Таблиця 2.1. Критерії вибору місця розташування підприємства

| Критерій вибору                       | Переваги Харкова                                                                              |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Близькість до ринків збуту            | Велика кількість потенційних споживачів; доступ до мегаполісів і міжнародних ринків.          |
| Доступність сировини та комплектуючих | Наявність місцевих постачальників металів, пластикових корпусів і електронних компонентів.    |
| Розвинена інфраструктура              | Транспортна розв'язка (автомобільні дороги, залізниця, авіація); сучасні промислові зони.     |
| Кваліфіковані трудові ресурси         | Технічні університети забезпечують кадри для роботи у сфері високотехнологічного виробництва. |
| Екологічні стандарти                  | Дотримання екологічних вимог у промислових зонах міста.                                       |
| Можливості для розширення виробництва | Резерв територій для будівництва нових виробничих потужностей.                                |

Отже, Харків надає всі необхідні умови для ефективного функціонування підприємства з виробництва кондиціонерів. Поєднання розвиненої інфраструктури, доступу до ресурсів, сприятливих економічних умов і кваліфікованих трудових ресурсів робить цей регіон ідеальним для створення конкурентоспроможного та високотехнологічного виробництва. Це стратегічне рішення закладе основу для довгострокового розвитку, інноваційного вдосконалення та успішного виходу на міжнародний ринок.

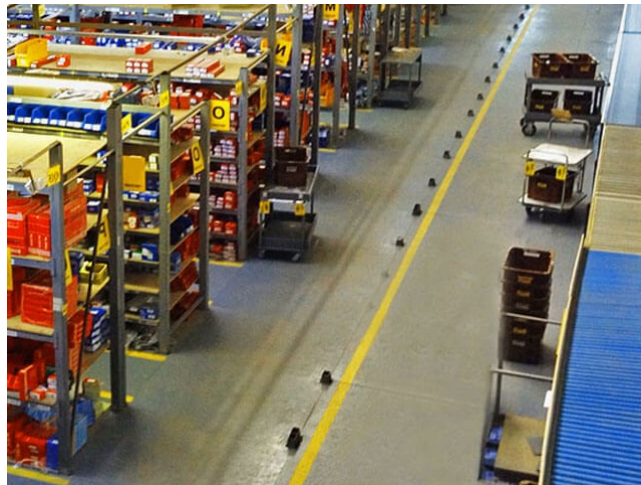


Рисунок 2.3 – Приклад вибору обладнання для заводу з виробництва кліматичної техніки

Вибір обладнання для заводу з виробництва кондиціонерів є одним із ключових етапів проєктування, оскільки від нього залежить продуктивність, якість продукції та ефективність виробничих процесів. Для досягнення високих стандартів у виробництві кондиціонерів необхідно враховувати особливості технологічного процесу, специфіку продукції, обсяги виробництва, енергоефективність обладнання та його інтеграцію з системами автоматизації.

Процес виробництва кондиціонерів складається з кількох основних етапів: виготовлення корпусу, складання теплообмінників, встановлення компресорів, монтаж електронних компонентів, тестування та пакування. Кожен із цих етапів потребує відповідного обладнання.

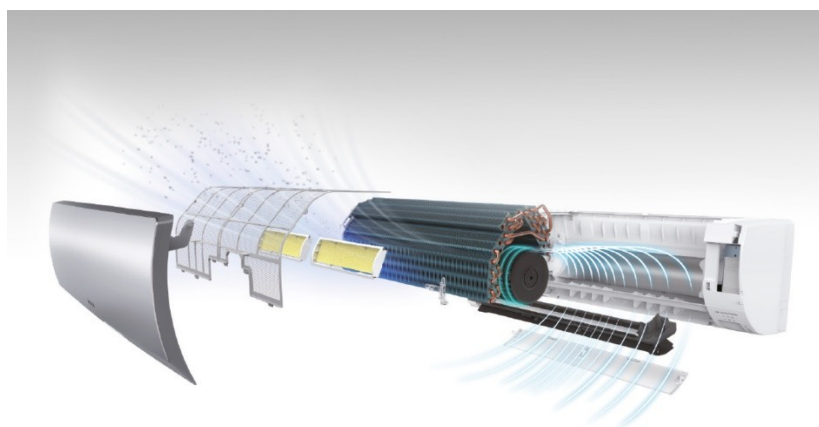


Рисунок 2.4 – Приклад будови частини кондиціонера

Для виготовлення металевих і пластикових корпусів необхідно використовувати сучасні пресувальні та формувальні машини. Ці агрегати повинні бути обладнані системами автоматичного контролю якості для забезпечення точності розмірів і однорідності матеріалу. Особливу увагу слід приділити вибору термопластавтоматів для лиття пластикових деталей, які забезпечують високу швидкість і точність виробничого процесу.

Складання теплообмінників потребує спеціалізованих автоматизованих ліній, які включають обладнання для обробки труб, зварювання та тестування на герметичність. Такі системи мають бути оснащені функціями для точного налаштування робочих параметрів, що дозволить забезпечити відповідність теплообмінників стандартам енергоефективності.

Для встановлення компресорів і монтажу електронних компонентів слід обрати роботизовані лінії, які мінімізують ручну працю та забезпечують високу швидкість складання. Роботизовані маніпулятори дозволяють здійснювати точний монтаж і кріплення деталей, а інтеграція з автоматизованими системами управління виробництвом забезпечує контроль якості на кожному етапі.



Рисунок 2.5 – Робота майстра по встановленню кліматичного обладнання

Тестування кондиціонерів є одним із найважливіших етапів виробництва. Для цього необхідно встановити сучасні стенди для перевірки функціональних характеристик обладнання, включаючи тестування на герметичність, енергоефективність, шумові характеристики та стійкість до змін температури.

Такі стенди повинні мати можливість моделювання реальних умов експлуатації для виявлення потенційних дефектів ще на етапі виробництва.



Рисунок 2.6 – Складові частини кондиціонера

Пакування готової продукції має здійснюватися на автоматизованих лініях, які забезпечують швидкість і надійність процесу. Таке обладнання повинно бути налаштоване на використання екологічно безпечних матеріалів, що відповідають сучасним стандартам.

Крім того, для забезпечення безперебійної роботи всіх виробничих процесів важливо встановити системи автоматизації, які дозволять здійснювати моніторинг і управління обладнанням у режимі реального часу. Сучасні програмно-апаратні комплекси для автоматизації дозволяють інтегрувати всі етапи виробництва, підвищуючи загальну ефективність заводу.

Таблиця 2.2.Відібране обладнання для виробництва кондиціонерів

| Назва обладнання                                   | Призначення                                                  | Ключові характеристики                                 |
|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Термопластавтомат                                  | Лиття пластикових корпусів і деталей з високою точністю.     | Висока швидкість, автоматичний контроль якості.        |
| Пресувальні та формувальні машини                  | Виготовлення металевих і пластикових корпусів кондиціонерів. | Можливість роботи з різними матеріалами.               |
| Автоматизована лінія для складання теплообмінників | Складання, зварювання та тестування теплообмінників.         | Точне налаштування параметрів, автоматизація процесів. |

|                                                     |                                                                                 |                                                         |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Роботизовані маніпулятори для монтажу компонентів   | Монтаж компресорів, електронних компонентів і інших деталей.                    | Точний монтаж, інтеграція з автоматизованими системами. |
| Стенди для функціонального тестування кондиціонерів | Перевірка герметичності, енергоефективності та інших параметрів.                | Моделювання реальних умов експлуатації.                 |
| Автоматизована лінія для пакування продукції        | Автоматичне пакування готової продукції з використанням екологічних матеріалів. | Швидкість роботи, екологічність упаковки.               |

Енергоспоживання також є критичним фактором при виборі обладнання. Необхідно віддавати перевагу агрегатам з низьким рівнем енергоспоживання, які відповідають міжнародним стандартам енергоефективності. Це не лише знизить експлуатаційні витрати, але й забезпечить відповідність екологічним вимогам.

Загалом, вибір обладнання для заводу з виробництва кондиціонерів потребує врахування широкого спектра технічних, економічних та екологічних чинників. Рационально підібране обладнання дозволить оптимізувати виробничі процеси, забезпечити високу якість продукції та досягти конкурентоспроможності на ринку.



Рисунок 2.7 – Виробничий процес складання корпусу кондиціонера

## 2.2. Планування виробничих потужностей

|  |  |  |  |  |  |    |
|--|--|--|--|--|--|----|
|  |  |  |  |  |  |    |
|  |  |  |  |  |  |    |
|  |  |  |  |  |  | 95 |

Визначення оптимальної виробничої потужності підприємства є ключовим етапом у плануванні, оскільки саме вона визначає здатність підприємства відповідати на прогнозований попит на побутову техніку. Цей процес вимагає комплексного підходу, який включає детальний аналіз ринкових потреб, оцінку можливостей підприємства та врахування зовнішніх і внутрішніх факторів.

На першому етапі необхідно провести дослідження ринку, яке включає аналіз споживчих уподобань, сезонності попиту, географічного розподілу споживачів та загальних тенденцій у галузі побутової техніки. Прогнозування попиту базується на історичних даних продажів, демографічних факторах, економічних показниках та інноваційних трендах. Наприклад, зростання інтересу до енергоефективної техніки чи пристроїв, інтегрованих із системами "розумного дому", може суттєво вплинути на попит.

Далі необхідно зіставити прогнозовані обсяги попиту із наявними можливостями виробництва. Для цього аналізується продуктивність існуючого обладнання, тривалість виробничого циклу, доступність матеріальних ресурсів та робочої сили. Важливим етапом є виявлення потенційних обмежень, таких як вузькі місця у виробничому процесі, які можуть перешкоджати досягненню необхідних обсягів виробництва. Наприклад, якщо одна з виробничих ліній має нижчу продуктивність порівняно з іншими, це може обмежувати загальну потужність підприємства. Наступний етап включає визначення оптимального рівня завантаження виробничих потужностей. Надмірне перевантаження ресурсів може призвести до зниження якості продукції, зростання витрат на технічне обслуговування та ризику зривів у виробництві. Навпаки, недостатнє завантаження виробничих ліній призводить до збільшення витрат на одиницю продукції через незадіяність ресурсів. Оптимальний рівень завантаження зазвичай становить 80-90%, оскільки це дозволяє підтримувати баланс між продуктивністю та ефективністю.

Важливу роль у цьому процесі відіграє врахування можливих коливань попиту. Наприклад, у випадку сезонних коливань підприємство може запроваджувати гнучкі графіки роботи, тимчасово збільшуючи кількість змін у періоди високого попиту. Це дозволяє мінімізувати ризики дефіциту продукції на ринку та забезпечити стабільний прибуток. Також необхідно врахувати можливості масштабування виробництва. Для цього розглядаються інвестиції в нове обладнання, модернізацію існуючих ліній або розширення виробничих площ. Вибір цих стратегій залежить від довгострокових прогнозів попиту та доступності фінансових ресурсів.



Рисунок 2.8 – Конвеєрна лінія складання компресора та радіатора зовнішнього блоку

Оцінка оптимальної виробничої потужності завершується створенням моделей, які дозволяють прогнозувати можливі сценарії розвитку. Наприклад, впровадження цифрових двійників може надати детальну картину ефективності виробничих процесів у різних умовах, що дозволяє оперативно коригувати планування.

Визначення оптимальної виробничої потужності – це складний, але важливий процес, який забезпечує ефективну роботу підприємства, стабільне постачання продукції на ринок та максимізацію прибутків. Успішне управління цим аспектом гарантує, що підприємство не лише відповідає сучасним вимогам, але й здатне адаптуватися до майбутніх викликів. Вибір обладнання для

забезпечення ефективності виробничих потужностей є ключовим аспектом у процесі проектування і розвитку підприємства. Від цього рішення залежить не лише якість продукції та економічна ефективність, але й довгострокова конкурентоспроможність підприємства. У цьому контексті важливо врахувати кілька критичних критеріїв, які визначають придатність і ефективність обладнання.

Одним із головних критеріїв є технічні характеристики обладнання. Воно повинно відповідати технологічним вимогам виробництва побутової техніки. Наприклад, для виготовлення складних деталей з високою точністю потрібне обладнання з сучасними системами числового програмного управління (ЧПУ). Аналіз технічних характеристик включає оцінку точності, швидкості роботи, допустимих навантажень та універсальності. Важливо, щоб обладнання відповідало типу продукції, що виготовляється, та забезпечувало стабільність і надійність процесів.

Продуктивність обладнання є ще одним важливим аспектом. Вона визначає, наскільки швидко підприємство може виконувати виробничі завдання. Обладнання має бути здатним забезпечити необхідні обсяги виробництва без перевантаження і при цьому зберігати якість продукції. Продуктивність тісно пов'язана із циклічністю виробничих процесів: чим швидше обладнання виконує операції, тим ефективніше використовуються ресурси підприємства.

Енергоефективність також має вирішальне значення у сучасних умовах. Зниження енергоспоживання не лише зменшує виробничі витрати, але й сприяє дотриманню екологічних стандартів. Обладнання, оснащене енергозберігаючими технологіями, дозволяє оптимізувати використання електроенергії, що особливо важливо для підприємств, які прагнуть відповідати принципам сталого розвитку. Наприклад, обладнання з інверторними двигунами споживає менше енергії та має триваліший термін служби.



Рисунок 2.9 – Процес складання зовнішнього блоку

Відповідність сучасним технологіям є ще одним важливим фактором. У світі, де технології швидко розвиваються, важливо обирати обладнання, яке підтримує інноваційні підходи, такі як автоматизація, інтеграція з системами управління виробництвом та цифрові технології. Наприклад, обладнання, яке може бути підключене до Інтернету речей (IoT) або працювати у поєднанні з цифровими двійниками, забезпечує більш ефективне управління та моніторинг.

Крім того, слід враховувати перспективи модернізації обладнання. Технологічний прогрес зумовлює необхідність періодичного оновлення або адаптації обладнання до нових виробничих потреб. Тому важливо обирати рішення, які дозволяють модернізувати програмне забезпечення, оновлювати компоненти або інтегрувати нові функції без необхідності повної заміни устаткування. Це не лише знижує витрати у довгостроковій перспективі, але й дозволяє підприємству швидше реагувати на зміни в ринкових умовах.

Також необхідно враховувати вартість обладнання та його експлуатації. Хоча початкова ціна може бути високою, інвестиція у якісне та сучасне обладнання часто окуповується за рахунок його продуктивності, енергоефективності та тривалого терміну експлуатації. Додатково слід оцінювати витрати на технічне обслуговування, запасні частини та кваліфікацію персоналу для роботи з конкретним обладнанням.

Розробка виробничих потужностей для підприємства, яке виготовляє кондиціонери, базується на прогнозованих обсягах попиту, технічних

характеристиках обладнання та доступних ресурсах. Для ефективного функціонування підприємства необхідно врахувати ключові параметри, зокрема обсяг виробництва, кількість змін, площу приміщень, кількість працівників та тип обладнання.

Розрахунки базуються на наступних вихідних даних:

1. Прогнозований попит: 4 000 одиниць кондиціонерів на місяць із потенціалом зростання на 10% у сезонний період.
2. Тривалість виробничого циклу: в середньому 30 хвилин на один кондиціонер, враховуючи всі технологічні етапи.
3. Кількість робочих годин у зміні: 8 годин.
4. Кількість змін: 2 зміни на добу.
5. Продуктивність обладнання: середня швидкість виготовлення — 2 одиниці кондиціонерів на годину з однієї робочої станції.

Розрахунок необхідної кількості робочих станцій виконується за формулою:

$$N = Q / (P \times H \times Z)$$

де:

$N$  — кількість робочих станцій;

$Q = 4000$  — обсяг виробництва на місяць;

$P = 2$  — продуктивність обладнання (од./год);

$H = 8$  — тривалість зміни (год);

$Z = 2$  — кількість змін на добу.

Підставляємо значення:

$N = 4000 / (2 \times 8 \times 2) = 125$  годин роботи робочої станції. Для повного обсягу необхідно 8 робочих станцій.

Розрахунок площі приміщень виконується за формулою:

$$S = N \times A \times K, \text{ де:}$$

$S$  — загальна площа ( $\text{м}^2$ );

$A = 10$  — площа однієї станції ( $\text{м}^2$ );

$K = 1.5$  — коефіцієнт додаткового простору.

|  |  |  |  |  |  |    |
|--|--|--|--|--|--|----|
|  |  |  |  |  |  |    |
|  |  |  |  |  |  |    |
|  |  |  |  |  |  | 95 |



використання роботизованих маніпуляторів на етапах монтажу та пакування дозволить скоротити час виробничого циклу, а системи цифрового моніторингу допоможуть контролювати якість продукції на кожному етапі.

Енергоефективність також відіграє ключову роль у побудові конкурентоспроможного виробництва. Застосування сучасного обладнання з низьким рівнем енергоспоживання не лише знижує витрати, але й сприяє відповідності підприємства міжнародним екологічним стандартам. Це може стати додатковим конкурентною перевагою, особливо на ринках, де питання сталого розвитку є пріоритетним.

Розглядаючи подальший розвиток підприємства, слід оцінити можливість впровадження модульних виробничих ліній. Це дозволить адаптувати виробничий процес до змін у номенклатурі продукції чи вимог ринку без значних капіталовкладень. Наприклад, додавання нового типу кондиціонерів із функціями "розумного дому" може бути інтегроване в існуючу інфраструктуру за рахунок модернізації або доповнення певних технологічних вузлів.

Фінально, успішне функціонування підприємства з виготовлення кондиціонерів вимагає збалансованого підходу до управління виробничими потужностями, технічної оснащеності та стратегічного планування. Це дозволить не лише забезпечити поточні потреби ринку, але й створити основу для довгострокового розвитку, розширення асортименту продукції та зміцнення позицій підприємства як лідера галузі.

### **2.3. Технологічні процеси виготовлення побутової техніки**

Технологічні процеси виготовлення побутової техніки охоплюють широкий спектр операцій, які забезпечують створення продукції високої якості відповідно до технічних вимог та сучасних стандартів. Виробництво починається з підготовки сировини і закінчується випуском готового виробу, включаючи його тестування та пакування. Кожен етап має чітко визначені задачі, які взаємопов'язані для досягнення максимальної ефективності.

|  |  |  |  |  |  |    |
|--|--|--|--|--|--|----|
|  |  |  |  |  |  |    |
|  |  |  |  |  |  |    |
|  |  |  |  |  |  | 95 |

На першому етапі здійснюється підготовка сировини та матеріалів. Це включає постачання металевих і пластикових заготовок, електронних компонентів, ізоляційних матеріалів та інших комплектуючих. Важливим моментом є перевірка якості сировини на відповідність технічним стандартам, що дозволяє уникнути дефектів на наступних етапах виробництва. Далі відбувається механічна обробка деталей. Цей процес включає різання, формування та зварювання металевих і пластикових компонентів. Наприклад, у виробництві пральних машин механічно обробляються деталі барабана, корпусу та кріплення. Використання сучасних верстатів із числовим програмним управлінням (ЧПУ) забезпечує високу точність та швидкість виконання операцій. На цьому ж етапі здійснюється складання основних вузлів, таких як барабан пральної машини або секції холодильника.



Рисунок 2.11 – Технологічний процес виготовлення термостійкого ізоляційного матеріалу

Наступним етапом є монтаж електронних компонентів і електричних схем. Це включає встановлення двигунів, датчиків, елементів керування, електропроводки та інших систем, які забезпечують функціональність виробу. Зазвичай ці операції виконуються на автоматизованих лініях, де кожна складова перевіряється на відповідність схемам і технічним параметрам. Після цього проводиться збирання кінцевого виробу. Усі вузли і компоненти інтегруються в єдину систему. Наприклад, у пральній машині встановлюється барабан, корпус з'єднується з панеллю управління, підключаються шланги для водопостачання і

системи фільтрації. У холодильниках це може включати монтаж компресорів, ущільнювачів дверей та охолоджувальних елементів.

Паралельно із процесом збирання виконується тестування. Кожен виріб проходить серію перевірок для забезпечення його функціональності, безпеки та відповідності заданим характеристикам. Наприклад, пральні машини тестуються на герметичність, стабільність обертання барабана та відповідність температурного режиму. У холодильниках перевіряється ефективність охолодження, рівень енергоспоживання та герметичність дверей. Сучасні технології дозволяють використовувати цифрові двійники для виявлення можливих дефектів ще до початку фізичних тестів.

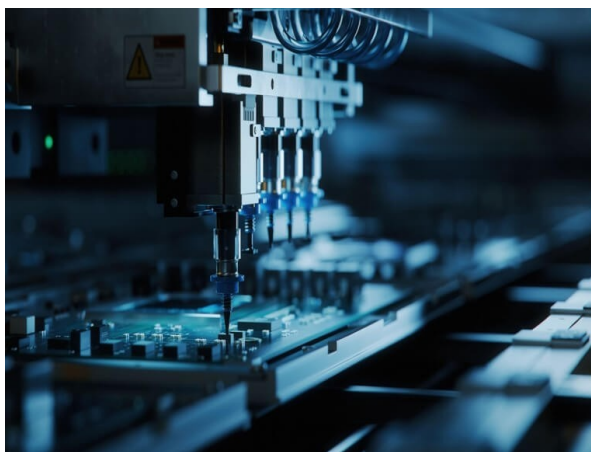


Рисунок 2.12 – Процес виготовлення мікро-елементів для керуючих плат

Після успішного тестування виріб переходить до етапу фінального оздоблення, який включає фарбування, нанесення логотипів, маркування та додавання декоративних елементів. Цей етап також включає фінальний контроль якості, під час якого перевіряється естетичний вигляд виробу та його відповідність стандартам.

Заключним етапом є пакування і підготовка до відвантаження. Продукція пакується в індивідуальні коробки або інший захисний матеріал для збереження її цілісності під час транспортування. На цьому етапі також додається інструкція з експлуатації, гарантійний талон та інші супутні документи. Готова продукція транспортується на склад або безпосередньо до дистриб'юторів. Усі ці етапи технологічного процесу мають бути синхронізовані для досягнення

|  |  |  |  |  |  |    |
|--|--|--|--|--|--|----|
|  |  |  |  |  |  |    |
|  |  |  |  |  |  |    |
|  |  |  |  |  |  | 95 |

високої ефективності та мінімізації витрат. Завдяки впровадженню автоматизації, цифрових технологій і сучасних методів управління виробництвом забезпечується відповідність продукції сучасним вимогам ринку та очікуванням споживачів. Важливим елементом технологічного процесу виготовлення побутової техніки є його безперервна оптимізація з метою підвищення продуктивності, зменшення витрат і покращення якості продукції. Це досягається завдяки впровадженню сучасних технологій, автоматизації та використанню цифрових інструментів для контролю та аналізу виробничих процесів.

Одним із основних напрямів оптимізації є впровадження автоматизованих систем управління виробництвом (MES – Manufacturing Execution Systems). Ці системи дозволяють у реальному часі відстежувати всі етапи виробничого процесу, виявляти вузькі місця, моніторити стан обладнання та ефективність використання ресурсів. Використання таких систем значно знижує ймовірність помилок, пов'язаних із людським фактором, і підвищує точність виконання операцій. Іншим важливим напрямом є впровадження технологій Інтернету речей (IoT) у виробничий процес. Завдяки підключенню обладнання та сенсорів до єдиної мережі можна збирати й аналізувати великі обсяги даних про стан виробничих ліній, ефективність роботи техніки та енергоспоживання. Це дає змогу запобігати поломкам, вчасно проводити технічне обслуговування й оптимізувати споживання ресурсів. Наприклад, датчики можуть автоматично відключати обладнання, яке не використовується, або змінювати параметри роботи залежно від поточних потреб. Також велике значення має інтеграція цифрових двійників у виробничий процес.

Цифрові двійники дозволяють моделювати роботу виробничих ліній, тестувати нові сценарії роботи й прогнозувати можливі збої або неефективності. Завдяки цьому підприємства можуть вносити зміни у виробничі процеси без ризику для реального обладнання, що скорочує витрати на експерименти та час на їх реалізацію.

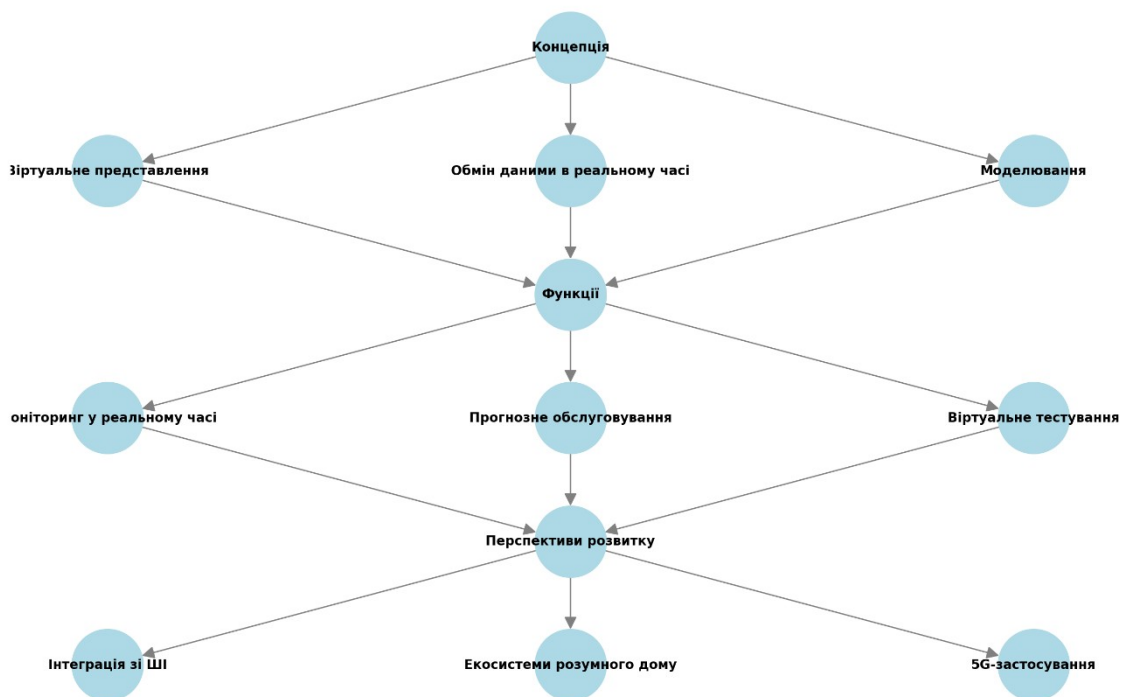


Рисунок 2.13 – Концепція, функції та перспективи цифрових двійників

Окрім технічної оптимізації, важливим є постійне вдосконалення кваліфікації персоналу. Навчання працівників новітнім технологіям, роботі з автоматизованими системами та принципам сталого виробництва забезпечує стабільність процесу та високу якість продукції. Спеціалізовані тренінги та курси, організовані виробником або партнерами, дозволяють підтримувати високий рівень компетенцій на всіх етапах виробничого циклу. Не менш важливою є екологічна складова виробничого процесу.

Сучасне виробництво побутової техніки передбачає дотримання принципів сталого розвитку, включаючи мінімізацію відходів, вторинну переробку матеріалів і впровадження енергоефективних рішень. Наприклад, використання біорозкладного пакування, переробка пластику та зменшення обсягів викидів у навколишнє середовище стають важливими складовими сучасного виробництва.



Рисунок 2.14 – Приклад управління верстатом за допомогою Smart-технологій на іншому пристрої

Заключним аспектом є інноваційний підхід до створення нових продуктів. Використання новітніх матеріалів, таких як надлегкі сплави чи наноматеріали, дозволяє створювати більш надійну, довговічну та енергоефективну техніку. Крім того, інтеграція нових функцій, таких як голосове управління, віддалений моніторинг через мобільні додатки або адаптивна робота залежно від умов, допомагає виробнику утримувати конкурентні позиції на ринку. Технологічні процеси виготовлення побутової техніки не лише виконують свою основну функцію зі створення якісного продукту, але й є основою для інноваційного розвитку, підвищення конкурентоспроможності та забезпечення сталого розвитку підприємства. Завдяки сучасним підходам виробництво стає більш ефективним, екологічно безпечним і гнучким у відповідь на змінні потреби ринку.

Технологічні процеси виготовлення кондиціонерів включають послідовність операцій, спрямованих на створення продукції високої якості, яка відповідає сучасним технічним вимогам і стандартам. Виробництво починається з підготовки сировини та матеріалів. Металеві компоненти для корпусів і теплообмінників постачаються сертифікованими виробниками, а пластикові елементи виготовляються на термопластавтоматах, які забезпечують точність форм і мінімізацію відходів. Кожна партія сировини проходить вхідний контроль, щоб виключити можливість дефектів на наступних етапах.

На етапі механічної обробки виконується різання, згинання та зварювання металевих деталей корпусу. Для забезпечення точності використовуються сучасні верстати з числовим програмним управлінням (ЧПУ). Наприклад, теплообмінники виготовляються шляхом формування мідних і алюмінієвих трубок, які зварюються та перевіряються на герметичність. Це гарантує ефективну роботу системи охолодження в готовому виробі.

Монтаж електронних компонентів є одним із ключових етапів виробництва кондиціонерів. На автоматизованих лініях встановлюються плати управління, датчики температури, вентилятори та компресори. Автоматизація забезпечує точність з'єднання всіх елементів і зменшує ймовірність помилок, пов'язаних із людським фактором. Додатково електронні компоненти тестуються окремо перед інтеграцією в кінцевий виріб.



Рисунок 2.15 – Демонстрація робота для виконання складальних операцій

Після монтажу проводиться збирання кондиціонера. Теплообмінник, компресор, корпус і панель управління з'єднуються в єдину систему. Важливим етапом є підключення трубопроводів і перевірка герметичності з'єднань під тиском. Це дозволяє виключити втрати холодоагенту під час експлуатації.

Тестування є завершальним виробничим етапом перед відправленням продукції. Кожен кондиціонер проходить функціональні випробування, що включають перевірку охолоджувальної здатності, рівня шуму, енергоефективності та відповідності технічним параметрам. Наприклад, на

спеціалізованих стендах моделюються умови реальної експлуатації для забезпечення відповідності продукції заявленим характеристикам.

Після успішного тестування кондиціонери проходять етап фінального оздоблення, включаючи фарбування корпусу, нанесення логотипів і маркування. Додатково перевіряється естетичний вигляд продукції. Заключним етапом є пакування, під час якого виріб поміщається в індивідуальну коробку з додаванням інструкції з експлуатації, гарантійного талона та інших супровідних документів.



Рисунок 2.16 – Процес пакування готової продукції за допомогою роботів

Завдяки чіткій організації кожного етапу виробництва та впровадженню автоматизованих рішень забезпечується висока якість кондиціонерів, а також оптимізація витрат і ресурсів. Це дозволяє підприємству оперативно реагувати на зміну ринкового попиту та залишатися конкурентоспроможним.



Цифрові двійники також дозволяють моделювати виробничі процеси, що включають збирання, тестування та пакування виробів. За допомогою цифрових двійників можна оптимізувати розташування обладнання на виробничій лінії, визначити найефективніший порядок виконання операцій і виявити потенційні вузькі місця. Наприклад, якщо на певному етапі збирання деталі займають більше часу, ніж передбачалося, цифровий двійник може допомогти змінити порядок операцій або переналаштувати обладнання для прискорення процесу.

Крім того, цифрові двійники використовуються для прогнозування можливих збоїв у роботі обладнання та запобігання їм. Завдяки інтеграції з Інтернетом речей (IoT) і сенсорами, що встановлені на реальному обладнанні, цифровий двійник збирає дані про його стан у режимі реального часу. Це дозволяє ідентифікувати відхилення від нормальної роботи та прогнозувати можливі поломки. Наприклад, аналіз вібрації або температури може сигналізувати про необхідність технічного обслуговування до того, як станеться аварія.

Ще одним важливим аспектом є використання цифрових двійників для моделювання процесів експлуатації побутової техніки. Завдяки цьому можна врахувати, як користувачі взаємодіють із продуктом, та адаптувати його функціонал до їхніх потреб. Наприклад, моделювання роботи холодильника дозволяє оцінити, як зміна температури в камері вплине на енергоспоживання, або як додавання нової функції, такої як віддалене керування через мобільний додаток, може покращити зручність користування.

Цифрові двійники також сприяють підвищенню якості продукції. Вони дозволяють перевірити продукцію на відповідність стандартам і виявити можливі дефекти ще до початку масового виробництва. У випадку виявлення проблем у цифровій моделі можна швидко внести зміни в конструкцію або процес виробництва, що знижує витрати на фізичні тестування та виправлення помилок. Важливим є те, що цифрові двійники забезпечують безперервне вдосконалення процесів. Завдяки аналізу даних, отриманих із реального виробництва та експлуатації, віртуальна модель постійно оновлюється,

|  |  |  |  |  |  |    |
|--|--|--|--|--|--|----|
|  |  |  |  |  |  |    |
|  |  |  |  |  |  |    |
|  |  |  |  |  |  | 95 |

дозволяючи підприємству оперативно реагувати на зміни в умовах роботи або вимогах ринку. Це робить моделювання за допомогою цифрових двійників не лише інструментом оптимізації, але й стратегічним засобом для довгострокового планування та інновацій. Одним із ключових переваг впровадження цифрових двійників у виробництво є їх здатність забезпечувати інтеграцію всіх елементів виробничого ланцюга в єдину систему. Це дозволяє підприємству працювати за принципами Індустрії 4.0, коли всі процеси – від постачання сировини до обслуговування готової продукції – об'єднані цифровими технологіями. Цифровий двійник стає своєрідним центром управління, що поєднує фізичний і цифровий світи.

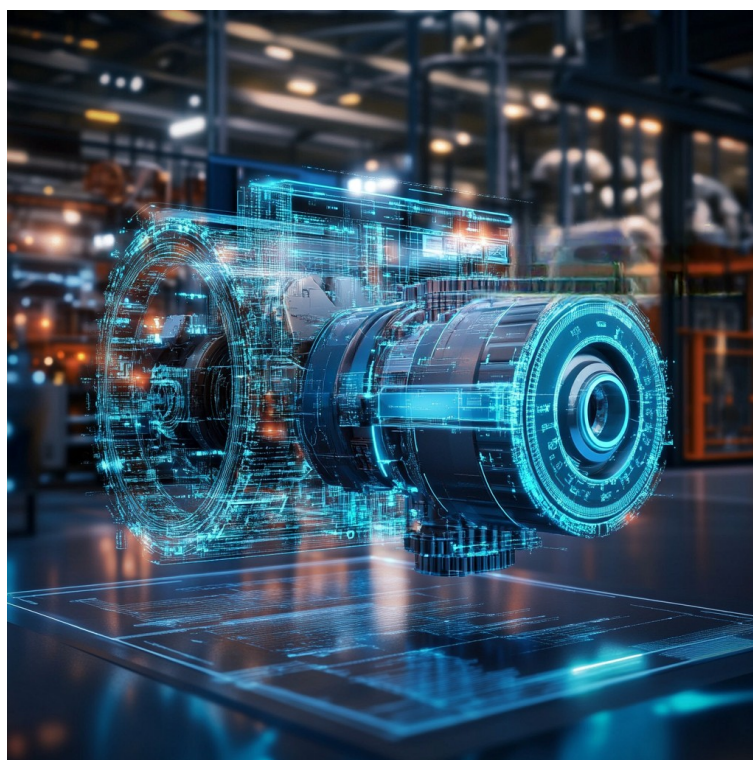


Рисунок 3.2 – Приклад цифрового двійника сучасного електро-двигуна

У контексті побутової техніки це означає, що всі етапи – від розробки конструкції до післяпродажного обслуговування – можуть бути оптимізовані за допомогою цифрових двійників. Наприклад, після того як продукт передається кінцевому споживачеві, цифровий двійник може продовжувати функціонувати як інструмент для моніторингу його роботи в реальних умовах. Це дозволяє

виробникові отримувати зворотний зв'язок, аналізувати поведінку споживачів, виявляти типові проблеми та вчасно пропонувати оновлення або покращення.

Ще одним важливим аспектом є можливість персоналізації продукції завдяки цифровим двійникам. У сучасних умовах споживачі часто очікують, що побутова техніка буде адаптована до їхніх індивідуальних потреб. Використовуючи дані, зібрані цифровими двійниками, виробники можуть пропонувати клієнтам персоналізовані функції, які роблять використання техніки максимально зручним. Наприклад, смарт-холодильник, інтегрований із цифровим двійником, може не лише контролювати температуру залежно від продуктів усередині, але й пропонувати рецепти на основі наявних продуктів.

Додатково, цифрові двійники відкривають нові можливості для прогностного аналізу. Завдяки великому обсягу даних, які вони збирають, підприємство може передбачати зміни в попиті, ефективність нових продуктів або навіть потенційні проблеми з постачанням сировини. Це дозволяє не лише оптимізувати виробничі процеси, але й розробляти довгострокові стратегії розвитку.

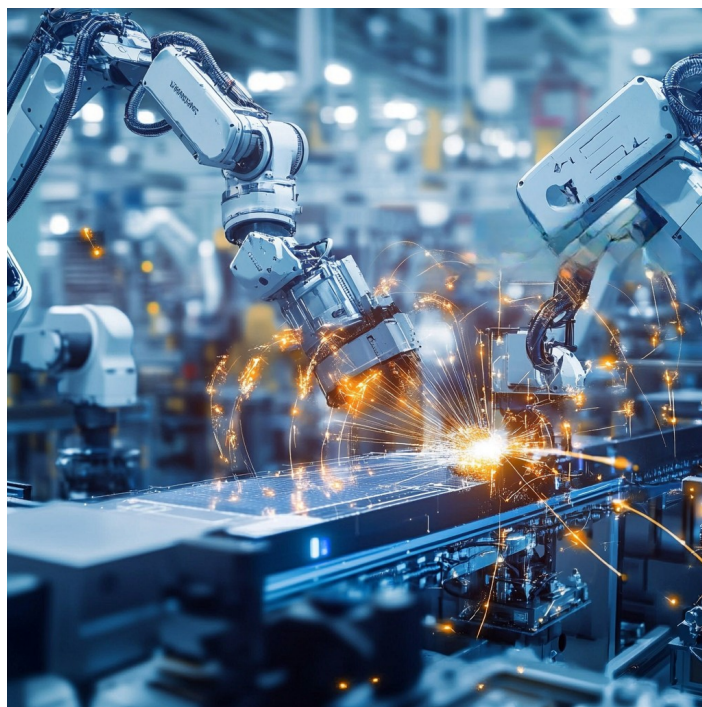
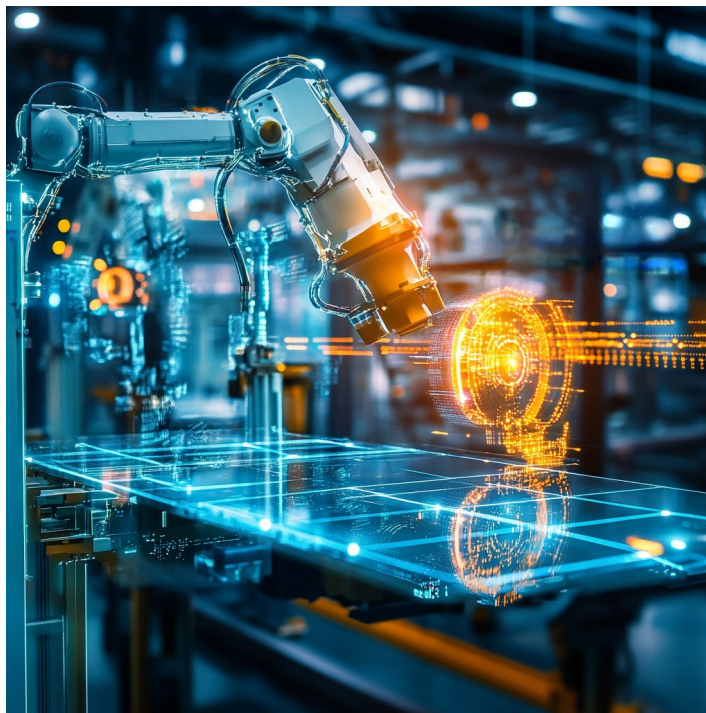


Рисунок 3.3 – Процес зварювання роботами деталей та обладнання

У перспективі цифрові двійники стануть основою для ще глибшої автоматизації та інтеграції виробничих процесів. З розвитком штучного інтелекту та машинного навчання ці технології зможуть самостійно пропонувати рішення для покращення процесів, навчатися на основі зібраних даних і забезпечувати автономне управління всіма аспектами виробництва. Це дозволить підприємствам бути максимально адаптивними до змінних умов ринку та ефективно використовувати свої ресурси.



Моделювання процесів за допомогою цифрових двійників стає не лише потужним інструментом для оптимізації виробництва, але й стратегічною

перевагою, яка дозволяє підприємствам випереджати конкурентів, пропонуючи споживачам інноваційні, якісні та персоналізовані рішення. У довгостроковій перспективі використання цифрових двійників стане стандартом для галузі, яка прагне поєднати високу ефективність із екологічною відповідальністю та гнучкістю в управлінні.

Для моделювання процесу за допомогою цифрових двійників виберемо конкретний приклад — виробництво пральної машини. Мета моделювання — оптимізувати виробничий процес, виявити вузькі місця та підвищити ефективність.

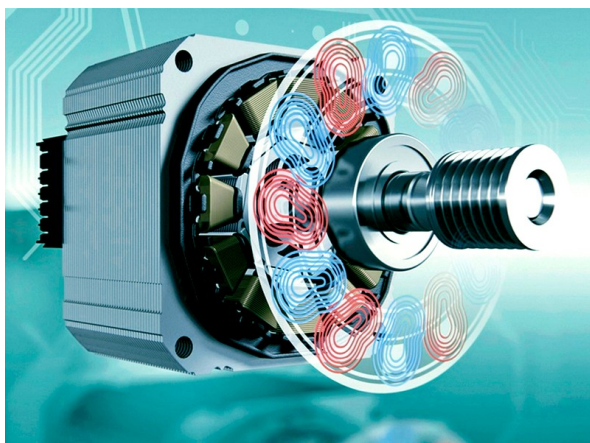


Рисунок 3.5 – Приклади двигунів сучасних пральних машин

## Етапи моделювання процесу за допомогою цифрового двійника:

### 1. Створення цифрового двійника продукту

**Віртуальна модель пральної машини:** створюється 3D-модель, що включає всі елементи — корпус, барабан, двигун, електронні компоненти, системи подачі води тощо. У цю модель вносяться всі фізичні параметри, такі як розміри, вага, матеріали, а також функціональні властивості.

**Моделювання роботи:** у віртуальній моделі імітується функціонування машини. Наприклад, перевіряється, як працює барабан під різними навантаженнями, наскільки стабільно проходить процес прання, як змінюється споживання енергії при різних режимах роботи.

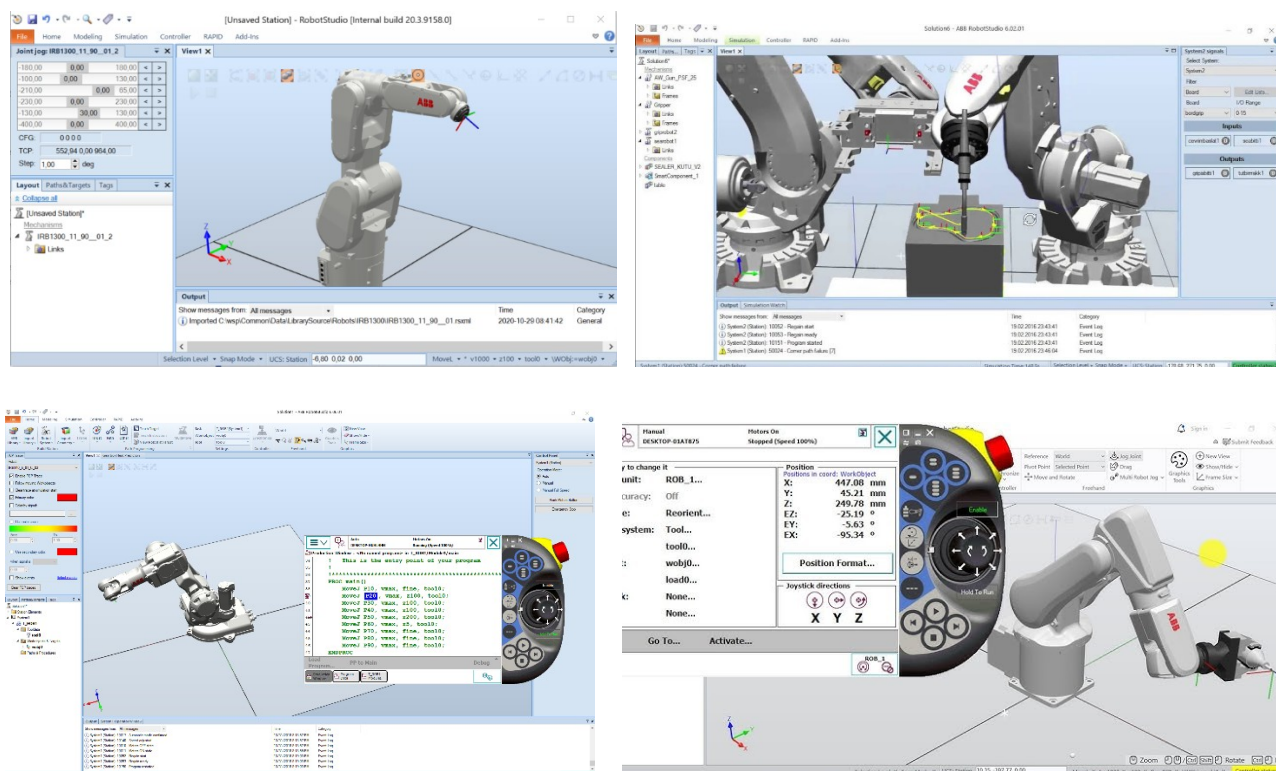


Рисунок 3.6 – Робота в програмі RobotStudio за допомогою віртуальних роботів

## 2. Цифровий двійник виробничого процесу

**Моделювання збирання:** створюється модель виробничої лінії, яка включає всі етапи збирання — від виготовлення корпусу до встановлення електронних компонентів.

**Інтеграція даних сенсорів:** реальні дані з обладнання (наприклад, швидкість роботи конвеєра, витрати матеріалів) передаються цифровому двійнику, щоб він міг відображати реальний стан виробництва в режимі реального часу.

**Аналіз вузьких місць:** наприклад, система виявляє, що на етапі монтажу двигуна виникає затримка через недостатню швидкість роботи автоматизованої установки.

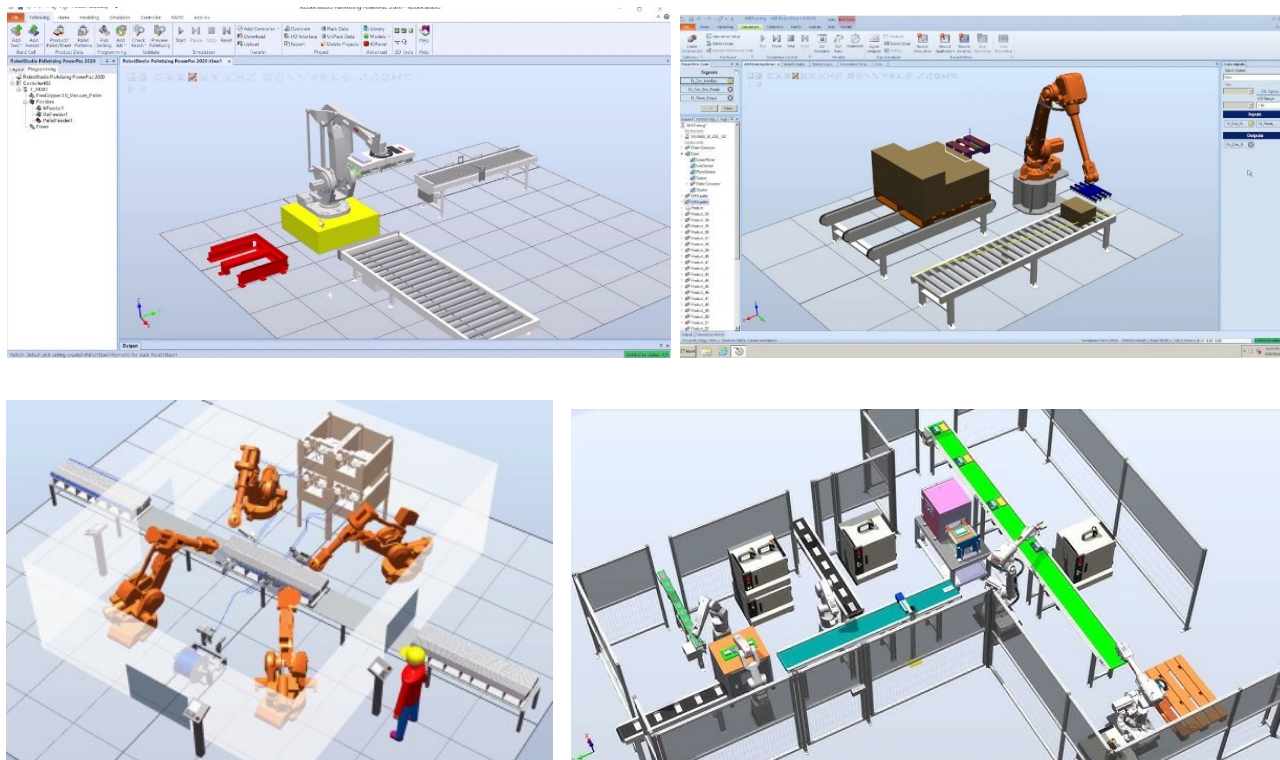


Рисунок 3.7 – Приклади роботи в програмі Tecnomatix Plant Simulation.  
Створення конвеєрних ліній та складальних цехів

### 3. Оптимізація процесу

**Розрахунок ефективності:** цифровий двійник аналізує, як зміни в організації виробничого процесу вплинуть на продуктивність. Наприклад, додаючи ще одну автоматизовану установку для монтажу двигунів, можна зменшити затримки та збільшити загальну продуктивність лінії.

**Прогнозування збоїв:** аналізуються можливі несправності обладнання, які можуть вплинути на виробничий цикл. Наприклад, двійник попереджає про зношення конвеєра, вказуючи на необхідність його технічного обслуговування.

### 4. Моделювання експлуатації продукту

**Імітація роботи готової пральної машини:** цифровий двійник дозволяє тестувати її в різних умовах. Наприклад, перевіряється, як зміна об'єму води вплине на час прання або як спрацює датчик перевантаження.

**Оптимізація енергоспоживання:** на основі аналізу роботи машини в різних режимах можна знайти оптимальні налаштування, які забезпечать економію енергії.



де цифровий двійник використовується не лише для початкового моделювання, але й для постійного аналізу та оптимізації.

#### **6. Циклічне вдосконалення на основі цифрового двійника**

Цифровий двійник, інтегрований у виробничий процес, працює в режимі реального часу, отримуючи актуальні дані про стан обладнання, ефективність роботи та якість продукції. Цей процес забезпечує безперервний потік зворотного зв'язку, який використовується для подальших вдосконалень.

Наприклад, якщо система виявляє зниження ефективності одного з етапів виробництва, цифровий двійник може змодельовати кілька сценаріїв вирішення проблеми та запропонувати оптимальний варіант. У випадках збільшення попиту на продукцію цифровий двійник може допомогти розрахувати, як збільшення виробничих потужностей вплине на ресурси, логістику та загальну ефективність.

#### **7. Моніторинг і прогнозування**

Використання цифрового двійника у виробництві побутової техніки дає можливість постійно відстежувати стан обладнання та прогнозувати можливі поломки. Це забезпечує своєчасне технічне обслуговування, запобігаючи зупинкам виробництва. Крім того, система прогнозування дозволяє уникати перевиробництва або нестачі продукції, що особливо важливо в умовах нестабільного попиту.

#### **8. Розширення функціональності цифрових двійників**

З часом цифровий двійник можна розширити для інтеграції нових функцій. Наприклад:

- Додавання модулів аналізу даних про екологічний вплив виробництва.
- Моделювання сценаріїв для впровадження нових продуктів.
- Інтеграція з платформами для віддаленого управління виробничими процесами.

#### **9. Підвищення конкурентоспроможності**

Використання цифрових двійників у моделюванні процесів допомагає підприємству отримати конкурентні переваги. Оптимізація ресурсів,

|  |  |  |  |  |  |    |
|--|--|--|--|--|--|----|
|  |  |  |  |  |  |    |
|  |  |  |  |  |  |    |
|  |  |  |  |  |  | 95 |

підвищення якості продукції та швидке реагування на зміни ринку забезпечують стабільне зростання та збереження лідерських позицій у галузі.

Крім того, інноваційний підхід до управління виробництвом дозволяє підприємству відповідати сучасним стандартам і вимогам, таким як енергоефективність, екологічна відповідальність і адаптивність до потреб клієнтів.

### **10. Майбутні перспективи**

З розвитком штучного інтелекту цифрові двійники набудуть ще більшої функціональності, включаючи здатність самостійно приймати рішення на основі аналізу даних. Це створює передумови для повної автоматизації процесів, що відкриває нові горизонти для підприємств у сфері виробництва побутової техніки.

### **3.2. Впровадження смарттехнологій у виробничі процеси**

Впровадження смарттехнологій у виробничі процеси є одним із ключових кроків на шляху до цифрової трансформації підприємств, що дозволяє значно підвищити ефективність, якість продукції та рівень автоматизації. Смарттехнології інтегрують сучасні цифрові рішення, такі як Інтернет речей (IoT), штучний інтелект, машинне навчання, робототехніку, а також автоматизовані системи управління, створюючи синхронізовану екосистему.

Одним із перших кроків у впровадженні смарттехнологій є використання датчиків та сенсорів на виробничих лініях. Вони забезпечують збір даних у реальному часі про стан обладнання, якість матеріалів та параметри виробництва, такі як температура, вологість, швидкість роботи та енергоспоживання. Це дозволяє контролювати всі аспекти виробничого процесу, виявляти відхилення та негайно реагувати на них. Наприклад, сенсори можуть сигналізувати про перевантаження двигуна або неправильне встановлення компонента, що запобігає поломкам та скорочує витрати на ремонт.

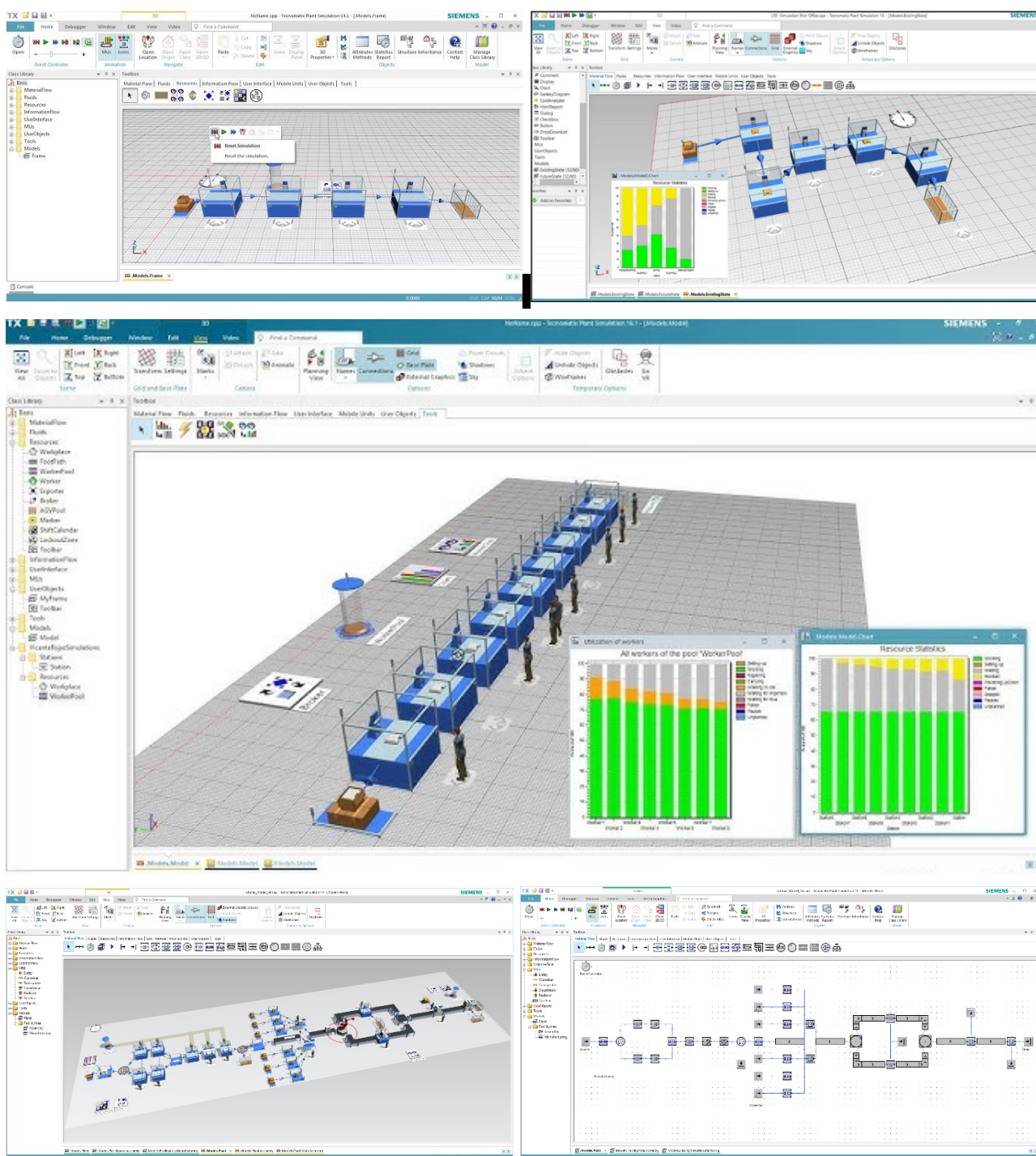


Рисунок 3.9 – Створення підприємства з виготовлення складальної одиниці продукції за допомогою програми Tecnomatix Plant Simulation

Смарттехнології активно впроваджуються у виробничі лінії у вигляді автоматизованих систем управління (MES – Manufacturing Execution System). Ці системи забезпечують координацію всіх етапів виробництва, від постачання сировини до пакування готової продукції. MES дозволяє оптимізувати послідовність виконання операцій, мінімізуючи простой та знижуючи витрати.

Наприклад, якщо одна з виробничих ліній перевантажена, система автоматично перенаправляє завдання на іншу лінію, щоб уникнути збоїв.

Штучний інтелект (ШІ) та машинне навчання стають невід’ємними складовими смартовиробництва. Вони використовуються для аналізу великих обсягів даних, отриманих із сенсорів, для прогнозування можливих несправностей обладнання, оптимізації ресурсів та підвищення продуктивності. Наприклад, система на основі ШІ може прогнозувати необхідність технічного обслуговування, аналізуючи зношення деталей на основі історичних даних, що дозволяє уникнути незапланованих зупинок.

Робототехніка є ще одним важливим елементом смарттехнологій у виробництві. Роботи забезпечують виконання складних або повторюваних операцій із високою точністю, що значно підвищує якість продукції та зменшує витрати. Наприклад, у виробництві побутової техніки роботи використовуються для зварювання, фарбування, монтажу електронних компонентів та пакування. Завдяки цьому знижується вплив людського фактора, скорочується кількість дефектів і підвищується загальна ефективність процесів. Інтеграція смарттехнологій також дозволяє автоматизувати управління енергоресурсами. Наприклад, смартсистеми можуть автоматично регулювати споживання електроенергії залежно від завантаження ліній, відключаючи обладнання, яке тимчасово не використовується. Це сприяє зменшенню витрат на енергію та підтриманню екологічних стандартів.

Впровадження смарттехнологій у виробництво створює умови для персоналізації продукції. Завдяки даним, отриманим через Інтернет речей, виробники можуть адаптувати продукцію до індивідуальних потреб споживачів. Наприклад, замовлення холодильника із заданими параметрами кольору, розміру чи додаткових функцій може бути інтегроване в виробничий цикл без затримок.

Важливим результатом впровадження смарттехнологій є підвищення якості продукції. Використання автоматизованих систем контролю дозволяє відслідковувати якість на кожному етапі виробництва, що знижує ймовірність

|  |  |  |  |  |  |    |
|--|--|--|--|--|--|----|
|  |  |  |  |  |  |    |
|  |  |  |  |  |  |    |
|  |  |  |  |  |  | 95 |

потрапляння дефектних товарів на ринок. Крім того, інтеграція систем управління якістю з цифровими двійниками дозволяє проводити тестування віртуально, скорочуючи витрати на фізичні перевірки.

Зрештою, смарттехнології сприяють підвищенню конкурентоспроможності підприємства. Завдяки зниженню витрат, підвищенню продуктивності та забезпеченню високої якості продукції виробники можуть запропонувати ринку інноваційні та доступні товари, що відповідають сучасним вимогам споживачів.

Подальший розвиток смарттехнологій у виробничих процесах передбачає поглиблену інтеграцію систем управління, аналізу даних і автоматизації. Однією з ключових тенденцій є використання цифрових платформ, які об'єднують усі компоненти виробництва в єдину екосистему. Завдяки цьому підприємства отримують можливість керувати виробничими циклами, постачанням і логістикою в реальному часі. Такі платформи дозволяють не лише моніторити процеси, але й приймати оперативні рішення на основі отриманих даних.

Смарттехнології також сприяють підвищенню прозорості процесів, що важливо як для внутрішнього управління, так і для взаємодії з партнерами та клієнтами. Наприклад, виробники можуть надавати своїм партнерам доступ до інформації про стан замовлень, строки виробництва та логістичні маршрути. Це підвищує рівень довіри й сприяє побудові довгострокових відносин. Для споживачів прозорість у виробництві означає можливість відстежувати етапи створення замовленої продукції, що особливо важливо у випадках персоналізації.

Одним із перспективних напрямів розвитку є інтеграція технологій доповненої реальності (AR) у виробничі процеси. AR може використовуватися для навчання персоналу, обслуговування обладнання та моніторингу виробничих ліній. Наприклад, за допомогою AR-окулярів оператор може отримувати візуальні підказки щодо встановлення компонентів або оперативно

отримувати інформацію про стан обладнання. Це значно скорочує час на навчання працівників і знижує ризик помилок.

Іншим важливим аспектом є подальша автоматизація управління енергоспоживанням. Смарттехнології дозволяють створювати гнучкі системи управління енергоресурсами, які автоматично адаптуються до змін у виробничих навантаженнях. Наприклад, у разі зниження обсягів виробництва системи можуть переводити частину обладнання в енергозберігаючий режим. Це не лише знижує витрати на енергію, але й відповідає принципам екологічної стійкості.

Крім того, смарттехнології активно сприяють впровадженню концепції "розумних фабрик", де всі процеси автоматизовані та взаємопов'язані через Інтернет речей. Такі фабрики можуть працювати практично автономно, використовуючи штучний інтелект для прийняття рішень, адаптації до змін попиту та оптимізації ресурсів. Наприклад, у разі раптового збільшення попиту система може автоматично збільшити продуктивність, активуючи додаткові виробничі лінії, і одночасно замовити необхідну сировину.

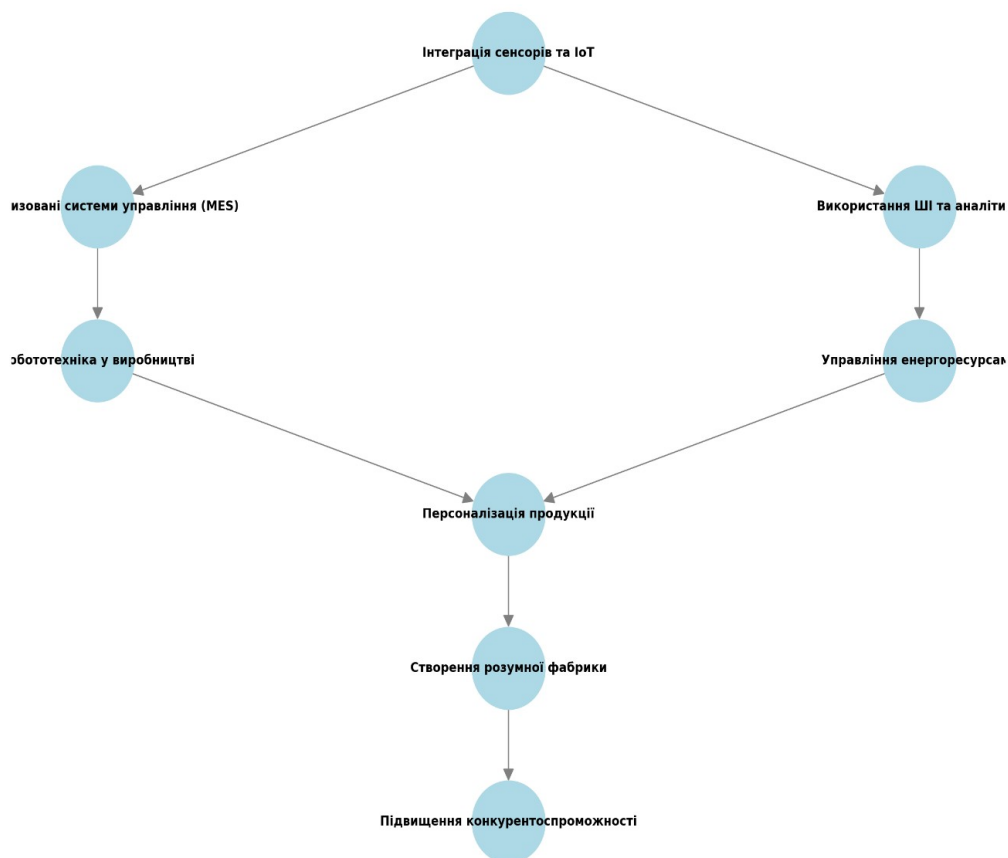


Рисунок 3.10 - Впровадження смарттехнологій у виробничі процеси

Важливим є також розвиток аналітичних систем, які надають підприємствам детальну інформацію про ефективність виробничих процесів. Завдяки аналітиці підприємства можуть ідентифікувати потенційні точки вдосконалення, оцінювати довгострокові результати змін і формувати стратегії розвитку. Наприклад, аналіз даних може виявити, що певний етап виробництва займає більше часу, ніж очікувалося, що дозволяє внести відповідні корективи.

Впровадження смарттехнологій у виробничі процеси стає практичним кроком, який значно підвищує продуктивність, скорочує витрати та дозволяє підприємствам оперативно адаптуватися до сучасних ринкових викликів. Першим етапом такого впровадження є встановлення датчиків та сенсорів на виробничих лініях. Ці пристрої виконують функцію безперервного моніторингу стану обладнання та виробничих умов. Наприклад, у харчовій промисловості сенсори контролюють температуру та вологість, що дозволяє підтримувати відповідність суворим санітарним стандартам. У разі виявлення відхилень

система оперативно сигналізує про необхідність втручання, запобігаючи псуванню продукції та зменшуючи фінансові втрати.

Смарттехнології активно використовуються у вигляді автоматизованих систем управління, таких як MES (Manufacturing Execution System), які координують усі етапи виробничого процесу – від надходження сировини до відвантаження готової продукції. Ці системи дозволяють в реальному часі відстежувати стан кожної ланки виробничого циклу. Наприклад, якщо один із конвеєрів перевантажений, MES автоматично перенаправляє завдання на іншу виробничу лінію, мінімізуючи простої. Такий підхід забезпечує оптимальне використання обладнання, підвищуючи ефективність та скорочуючи витрати на виробництво.

Штучний інтелект, інтегрований у виробничі системи, дозволяє аналізувати великі обсяги даних, що надходять від датчиків. На основі цього аналізу підприємство отримує можливість прогнозувати потенційні несправності обладнання. Наприклад, аналіз історичних даних про вібрацію двигунів допомагає визначити ймовірність зношення підшипників і запланувати технічне обслуговування до того, як поломка вплине на виробничий процес. Це дозволяє уникнути непередбачуваних зупинок і знижує витрати на ремонт.

Робототехніка є важливим елементом смарттехнологій, що автоматизує виконання точних і повторюваних операцій. На виробництві побутової техніки роботи виконують завдання зі зварювання, фарбування або монтажу електронних компонентів. Це значно підвищує якість продукції та зменшує вплив людського фактора, водночас скорочуючи кількість дефектів. Наприклад, на конвеєрі з виробництва холодильників роботи здійснюють процес пакування із точністю до міліметра, що забезпечує надійність готової продукції.

Окремо слід виділити енергозберігаючі можливості смарттехнологій. У сучасних виробничих системах використання енергоресурсів оптимізується завдяки гнучким алгоритмам управління. Наприклад, у періоди низького виробничого навантаження частина обладнання автоматично переходить у режим енергозбереження. Це не лише дозволяє підприємству скоротити витрати

на енергію, але й відповідає вимогам екологічної стійкості, що стає ключовим фактором у міжнародних ринкових умовах.

Інтеграція Інтернету речей (IoT) відкриває нові можливості для персоналізації продукції. Завдяки даним, отриманим через IoT-пристрої, виробничий процес може адаптуватися до індивідуальних замовлень клієнтів. Наприклад, замовлення меблів із заданими кольорами, розмірами чи функціональними характеристиками інтегрується у виробничий цикл без додаткових затримок. Це створює конкурентну перевагу для підприємств, які здатні швидко реагувати на унікальні запити своїх клієнтів.

Використання аналітичних систем у виробництві дозволяє виявляти точки вдосконалення. Наприклад, детальний аналіз даних може показати, що один із процесів займає більше часу через недостатню швидкість роботи обладнання. Це дозволяє керівництву підприємства приймати обґрунтовані рішення щодо модернізації техніки чи змін у виробничих процесах. У текстильній промисловості, наприклад, аналітичні системи допомагають визначати найефективніші способи оптимізації роботи ткацьких верстатів, знижуючи витрати сировини.

Узагальнюючи, впровадження смарттехнологій дозволяє підприємствам забезпечити високу якість продукції, знизити витрати та відповідати сучасним вимогам ринку. Практична реалізація цих технологій створює нові можливості для адаптації, персоналізації та екологічності виробництва, закладаючи основу для довгострокового розвитку та зростання конкурентоспроможності.

### **3.3. Забезпечення якості та надійності виробів із використанням цифрових двійників**

Забезпечення якості та надійності виробів із використанням цифрових двійників є однією з найбільш прогресивних і ефективних технологій сучасного виробництва. Цифровий двійник дозволяє створити віртуальну копію фізичного виробу, яка моделює його поведінку в реальних умовах. Це забезпечує можливість виявлення потенційних дефектів, тестування функціональності та

оптимізації характеристик ще на етапі проектування, а також моніторинг і підтримку якості під час експлуатації.



Рисунок 3.11 – Використання моделей цифрових двійників на підприємствах побутової техніки

На етапі проектування цифровий двійник дозволяє моделювати всі можливі сценарії використання виробу. Наприклад, для побутової техніки, такої як пральна машина, цифровий двійник може імітувати вплив різних типів навантажень, зміну температурного режиму або вплив довготривалого використання. Це дозволяє визначити критичні компоненти, які можуть потребувати додаткового посилення, або оптимізувати матеріали, з яких виготовлені деталі, для забезпечення більшої надійності.

Додатково, цифрові двійники дозволяють проводити віртуальні випробування продукції. Завдяки цьому можна уникнути витрат на фізичне створення прототипів, що значно скорочує час на розробку нового продукту. Наприклад, можна провести тести на зносостійкість, ефективність роботи в екстремальних умовах або оцінити вплив вібрацій на компоненти виробу. Результати таких випробувань дають змогу вносити коригування ще до запуску серійного виробництва.



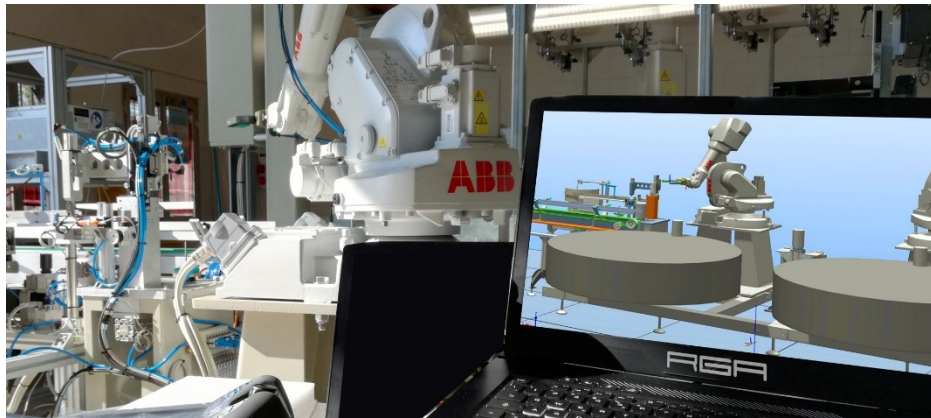


Рисунок 3.13 – Змодельований робот в програмі RobotStudio та його справжня фізична версія

Ще однією перевагою є можливість прогнозування терміну служби виробу. Аналіз даних із цифрового двійника дає змогу оцінити, як довго той чи інший компонент зможе працювати без збоїв. Наприклад, на основі даних про кількість робочих циклів і навантаження на двигун пральної машини система може повідомити про необхідність його заміни заздалегідь, що мінімізує ризик несподіваних поломок.

Крім того, цифрові двійники дозволяють підвищувати якість виробів шляхом їхнього постійного вдосконалення. Аналізуючи дані з експлуатації продукції, виробники можуть виявляти слабкі місця у конструкції та вносити зміни в нові моделі. Наприклад, якщо виявлено, що певна деталь має тенденцію до частих поломок, можна змінити її конструкцію чи матеріал.

Використання цифрових двійників для забезпечення якості та надійності виробів дозволяє не лише значно скоротити витрати на виробництво та обслуговування, але й забезпечити високу задоволеність споживачів. Завдяки постійному моніторингу, прогнозуванню та можливості вдосконалення, цифрові двійники стають незамінним інструментом для створення продукції, яка відповідає найвищим стандартам. Застосування цифрових двійників для забезпечення якості та надійності виробів відкриває додаткові перспективи у взаємодії між виробником і споживачем. Цифрові двійники можуть стати

платформою для створення більш індивідуалізованих і ефективних сервісних рішень, що посилює довіру до бренду і сприяє лояльності клієнтів.



Рисунок 3.14 – Керування роботами через симуляцію в програмі RobotStudio

Одним із напрямів використання цифрових двійників є інтеграція з мобільними додатками та онлайн-платформами. Завдяки цьому споживач може отримувати актуальну інформацію про стан свого пристрою, наприклад, про необхідність технічного обслуговування або про оптимальні режими роботи для економії енергії. Також такі системи дозволяють автоматично замовляти запасні частини або викликати майстра, що значно спрощує обслуговування техніки.

Інтеграція цифрових двійників із сервісними центрами дозволяє знизити витрати на післяпродажне обслуговування та підвищити його ефективність. Наприклад, у разі несправності пристрою цифровий двійник може передати точну інформацію про проблему до сервісного центру ще до візиту майстра. Це дозволяє підготувати необхідні інструменти та деталі заздалегідь, скорочуючи час ремонту і знижуючи витрати на логістику.



Рисунок 3.15 - Комплексна робота зі створення деталей на підприємстві

Крім того, цифрові двійники сприяють розвитку концепції прогнозного обслуговування (predictive maintenance). Завдяки аналізу даних із сенсорів та історії використання пристрою, система може точно визначити, коли конкретний компонент потребує заміни. Це дозволяє уникнути незапланованих поломок, мінімізувати час простою та продовжити термін служби виробу. Наприклад, у пральній машині цифровий двійник може відстежувати стан підшипників барабана та заздалегідь попереджати про їх зношування.

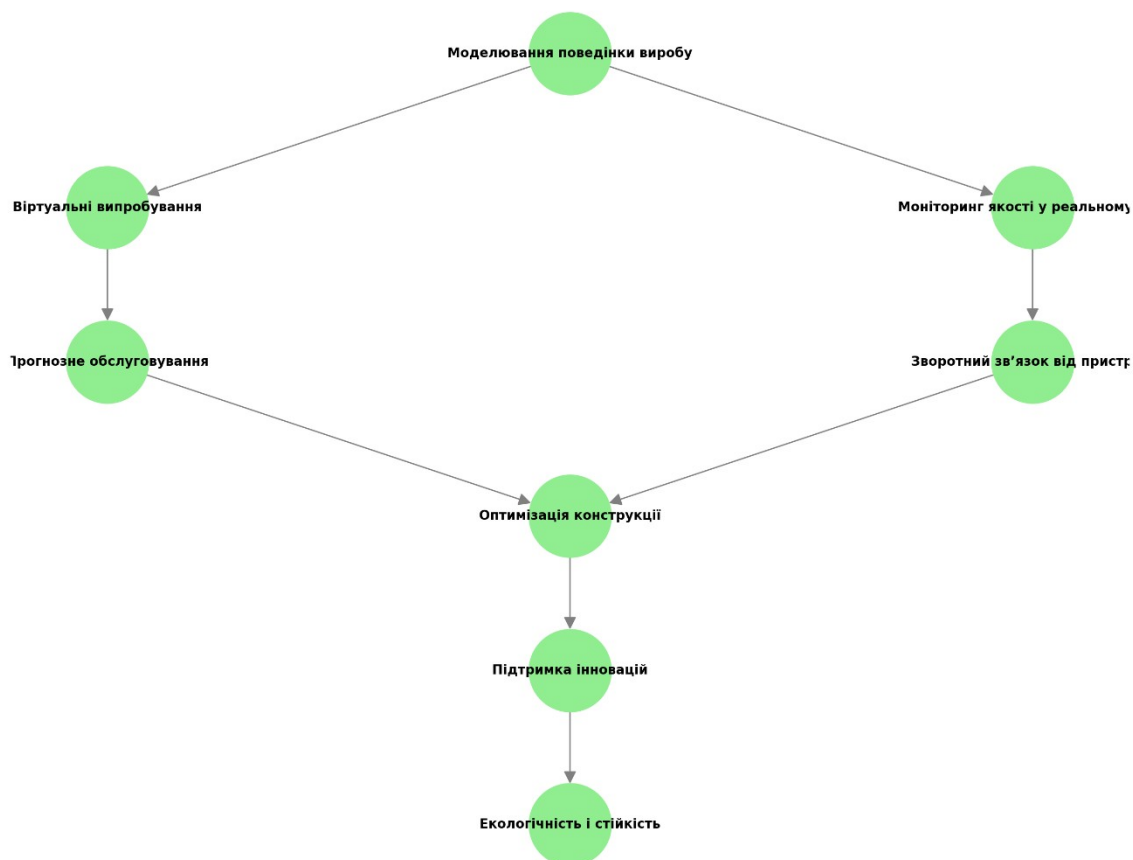


Рисунок 3.16 - Забезпечення якості та надійності виробів із використанням цифрових двійників

Ще одним перспективним напрямом є використання цифрових двійників для підтримки інновацій у виробництві. Завдяки зворотному зв'язку від споживачів і аналізу даних із пристроїв, виробники можуть швидко реагувати на зміни ринку, адаптуючи свої продукти до нових потреб. Наприклад, якщо споживачі вказують на певні недоліки у використанні техніки, ці дані можна врахувати при розробці нових моделей, забезпечуючи безперервний цикл удосконалення. Цифрові двійники також дозволяють створювати нові бізнес-моделі, орієнтовані на довгострокову взаємодію зі споживачем. Наприклад, виробники можуть пропонувати послуги підписки на регулярне оновлення програмного забезпечення, розширення функціоналу або сервісне обслуговування. Це забезпечує постійний дохід і створює додаткову цінність для клієнтів.

Важливо також відзначити, що цифрові двійники сприяють підвищенню екологічності виробництва. Завдяки точному прогнозуванню потреб у

матеріалах і компонентах, зменшується обсяг відходів, а ефективне використання ресурсів сприяє зниженню енергоспоживання. Крім того, аналіз даних дозволяє оптимізувати виробничі процеси, скорочуючи їхній вплив на навколишнє середовище. У перспективі цифрові двійники ставатимуть дедалі більш інтелектуальними завдяки інтеграції з технологіями штучного інтелекту. Це відкриває можливості для автоматизації прийняття рішень, коли система може самостійно знаходити оптимальні рішення для підвищення якості, забезпечення надійності та зниження витрат.

Цифрові двійники не лише гарантують високу якість і надійність виробів, але й стають основою для створення нового рівня взаємодії між виробником і споживачем. Вони забезпечують гнучкість у прийнятті рішень, сприяють інноваціям і формують стійкі конкурентні переваги, відповідаючи на сучасні виклики та запити ринку.

## Розділ 4. Економічне обґрунтування проекту

|  |  |  |  |  |  |    |
|--|--|--|--|--|--|----|
|  |  |  |  |  |  |    |
|  |  |  |  |  |  |    |
|  |  |  |  |  |  |    |
|  |  |  |  |  |  | 95 |

#### 4.1. Розрахунок собівартості продукції

Розрахунок собівартості продукції є ключовим етапом економічного аналізу підприємства, що дозволяє оцінити ефективність використання ресурсів та визначити економічну доцільність виробничого процесу. Собівартість продукції включає всі витрати, пов'язані з її виготовленням, і є основою для встановлення цінової політики, аналізу рентабельності та прийняття стратегічних рішень.

Першим етапом у розрахунку собівартості є визначення структури витрат, які поділяються на прямі та непрямі. Прямі витрати безпосередньо пов'язані з виготовленням конкретного виробу і включають витрати на матеріали, оплату праці виробничого персоналу та витрати на енергоресурси, що використовуються безпосередньо у виробництві. Наприклад, для побутової техніки до прямих витрат належать вартість металів, пластиків, електронних компонентів, а також оплата праці робітників, які займаються складанням виробів. Непрямі витрати охоплюють загальновиробничі, адміністративні та збутові витрати. Вони не можуть бути прямо віднесені до певного виробу і розподіляються між усією продукцією. Сюди входять витрати на амортизацію обладнання, оренду виробничих приміщень, утримання інфраструктури, оплату праці адміністративного персоналу та витрати на маркетинг і транспортування продукції.



Рисунок 4.1 – Ілюстрація калькуляції витрат при підрахунках

Наступним кроком є обчислення суми прямих витрат на одиницю продукції. Для цього розраховується кількість матеріалів, необхідних для

|  |  |  |  |  |  |    |
|--|--|--|--|--|--|----|
|  |  |  |  |  |  |    |
|  |  |  |  |  |  |    |
|  |  |  |  |  |  | 95 |

Далі обчислюється загальна собівартість одиниці продукції як сума прямих і непрямих витрат. Наприклад, якщо прямі витрати на кондиціонер становлять 5 000 грн, а непрямі витрати, розподілені на одиницю, – 2 000 грн, то загальна собівартість одного виробу становитиме 7 000 грн. Особливо важливим є врахування змінних і постійних витрат у собівартості. Змінні витрати змінюються залежно від обсягів виробництва, тоді як постійні залишаються незмінними. Наприклад, витрати на матеріали є змінними, оскільки залежать від кількості виробленої продукції, тоді як витрати на оренду приміщень є постійними. Визначення цих категорій допомагає підприємству прогнозувати зміни в собівартості за різних обсягів виробництва.



Фінальним етапом розрахунку є аналіз собівартості з метою визначення

можливих шляхів її оптимізації. Наприклад, можна знизити собівартість шляхом пошуку дешевших постачальників, оптимізації виробничих процесів

або впровадження енергоефективних технологій. Також важливим є аналіз структури витрат для виявлення часток, які найбільше впливають на собівартість, і зосередження зусиль на їхньому зниженні.

Таблиця 4.1. Розрахунок собівартості продукції

| Вид витрат              | Сума, грн (приклад) |
|-------------------------|---------------------|
| Прямі витрати           |                     |
| Матеріали               | 3000                |
| Оплата праці робітників | 1500                |
| Енергоресурси           | 500                 |
| Непрямі витрати         |                     |
| Амортизація обладнання  | 700                 |
| Оренда приміщень        | 800                 |
| Збутові витрати         | 500                 |
| Загальна собівартість   | 7000                |

Розрахунок собівартості продукції є комплексним процесом, який охоплює всі аспекти виробничої діяльності. Він дозволяє підприємству приймати обґрунтовані рішення щодо цінової політики, підвищення ефективності та забезпечення конкурентоспроможності на ринку.

#### 4.2. Оцінка економічної ефективності впровадження смарттехнологій

Оцінка економічної ефективності впровадження смарттехнологій є важливим етапом, що дозволяє обґрунтувати доцільність інвестицій у такі технології та визначити їхній вплив на фінансові показники підприємства. Смарттехнології, що включають автоматизацію, Інтернет речей (IoT), штучний інтелект, робототехніку та цифрові двійники, спрямовані на підвищення ефективності виробництва, зниження витрат та покращення якості продукції. Для оцінки їхньої економічної ефективності використовуються різні методи, зокрема аналіз витрат і вигод, розрахунок рентабельності та строку окупності інвестицій.

Основою для оцінки є порівняння поточного стану підприємства із прогнозованими змінами після впровадження смарттехнологій. Спочатку аналізується поточна структура витрат, яка включає витрати на матеріали,

енергію, оплату праці, амортизацію обладнання та загальновиробничі витрати. Потім моделюються зміни в цих показниках після впровадження смарттехнологій. Наприклад, впровадження автоматизованих систем управління виробництвом (MES) може знизити витрати на оплату праці завдяки скороченню кількості робітників, необхідних для виконання рутинних завдань. Додатково враховується потенційне зменшення витрат на ремонт і обслуговування обладнання завдяки використанню прогнозного обслуговування.

Смарттехнології дозволяють виявляти ознаки зношення компонентів заздалегідь, що дає змогу уникнути незапланованих простоїв і дорогих ремонтів. Наприклад, сенсори, встановлені на виробничих лініях, можуть сигналізувати про потребу в заміні деталей до того, як вони вийдуть з ладу. Ще одним важливим аспектом є оцінка економії енергії. Використання смарттехнологій, таких як інверторні двигуни або автоматизоване управління освітленням і вентиляцією, сприяє зниженню споживання енергії. У разі великих виробничих підприємств це може призвести до значної економії коштів і зниження екологічного впливу.

Паралельно оцінюється вплив на продуктивність. Смарттехнології підвищують швидкість і точність виробничих процесів, що дозволяє збільшити обсяги випуску продукції без додаткових витрат. Наприклад, використання роботів у процесі складання побутової техніки може скоротити час на виконання операцій, мінімізувати вплив людського фактора і знизити кількість дефектів. Це не лише підвищує конкурентоспроможність продукції, але й сприяє зміцненню позицій підприємства на ринку.

Важливим елементом оцінки є визначення додаткових доходів, які можуть бути отримані завдяки впровадженню смарттехнологій. Наприклад, покращення якості продукції може дозволити підприємству збільшити ціни або розширити ринки збуту. Додатково розглядається можливість впровадження нових бізнес-моделей, таких як надання послуг через цифрові платформи або продаж підписки на оновлення програмного забезпечення.

|  |  |  |  |  |  |    |
|--|--|--|--|--|--|----|
|  |  |  |  |  |  |    |
|  |  |  |  |  |  |    |
|  |  |  |  |  |  | 95 |

Після оцінки вигод розраховується загальна сума інвестицій, необхідних для впровадження смарттехнологій. Сюди входять витрати на закупівлю обладнання, ліцензування програмного забезпечення, навчання персоналу та інтеграцію нових систем у виробничий процес. Потім обчислюється строк окупності, що показує, за який час інвестиції повернуться за рахунок отриманих вигод.

Для завершення оцінки використовується коефіцієнт рентабельності інвестицій (ROI), який показує співвідношення отриманого прибутку до витрат. Наприклад, якщо інвестиції в смарттехнології склали 1 мільйон гривень, а економія та додаткові доходи становлять 1,5 мільйона гривень, то ROI складе 50%. Оцінка економічної ефективності впровадження смарттехнологій є комплексним процесом, який включає аналіз усіх аспектів діяльності підприємства. Вона дозволяє не лише визначити доцільність інвестицій, але й виявити слабкі місця в існуючих процесах, забезпечуючи основу для стратегічного планування та розвитку. Результати такої оцінки стають потужним аргументом для керівництва підприємства та інвесторів щодо необхідності впровадження сучасних технологій. Окрім розрахунків і фінансового аналізу, важливо враховувати стратегічні переваги, які забезпечує впровадження смарттехнологій. Такі переваги часто виходять за межі традиційних фінансових показників і включають якісні аспекти, що впливають на довгострокову стійкість і конкурентоспроможність підприємства.

Однією з ключових переваг є підвищення гнучкості виробничих процесів. Смарттехнології дозволяють швидко адаптувати виробництво до змін у попиті, що особливо важливо в умовах нестабільного ринку. Наприклад, якщо виникає попит на продукцію з додатковими функціями або змінюється обсяг замовлень, автоматизовані системи можуть оперативно змінити конфігурацію виробничих ліній, зберігаючи ефективність і якість.

Ще одним важливим аспектом є вплив смарттехнологій на взаємодію з постачальниками та партнерами. Використання цифрових платформ і автоматизованих систем управління логістикою забезпечує прозорість у

|  |  |  |  |  |  |    |
|--|--|--|--|--|--|----|
|  |  |  |  |  |  |    |
|  |  |  |  |  |  |    |
|  |  |  |  |  |  | 95 |

ланцюгах поставок, зменшує ризики затримок і оптимізує управління запасами. Наприклад, підприємство може автоматично отримувати інформацію про статус поставок у реальному часі, що дозволяє знижувати витрати на зберігання матеріалів і уникати простоїв виробництва.

Таблиця 4.2. Розрахунок строку окупності впровадження смарттехнологій

| Показник                                        | Значення, грн |
|-------------------------------------------------|---------------|
| Інвестиції у впровадження смарттехнологій       | 5,000,000     |
| Економія витрат на оплату праці                 | 1,200,000     |
| Економія енергоресурсів                         | 800,000       |
| Зменшення витрат на ремонт і обслуговування     | 400,000       |
| Зростання доходів від підвищення продуктивності | 1,000,000     |
| Загальні щорічні вигоди                         | 3,400,000     |
| Строк окупності                                 | 1.47 роки     |

Впровадження смарттехнологій також позитивно впливає на якість продукції. Завдяки автоматизації виробничих процесів зменшується вплив людського фактора, що знижує кількість дефектів і підвищує рівень відповідності стандартам якості. Це не лише забезпечує задоволення клієнтів, але й знижує витрати на гарантійне обслуговування та повернення продукції.

У стратегічній перспективі смарттехнології сприяють впровадженню інновацій у продукцію. Завдяки інтеграції цифрових двійників, систем штучного інтелекту та IoT, підприємства можуть створювати більш складні та інтелектуальні продукти, які відповідають вимогам сучасних споживачів. Наприклад, побутова техніка, оснащена сенсорами та підключенням до Інтернету, може адаптуватися до індивідуальних потреб користувачів, що значно підвищує її цінність на ринку.

Також варто зазначити позитивний вплив смарттехнологій на екологічні показники підприємства. Ефективніше використання ресурсів, зменшення

обсягу відходів та впровадження енергозберігаючих рішень сприяють зниженню екологічного навантаження. Це особливо важливо в умовах посилення екологічних стандартів і зростаючого інтересу споживачів до продукції, виготовленої з урахуванням принципів сталого розвитку.

Додатковою перевагою є підвищення привабливості підприємства для інвесторів. Використання сучасних технологій демонструє, що компанія не лише відповідає сучасним трендам, але й активно інвестує в свій розвиток, що створює передумови для зростання її капіталізації. Інвестори все частіше надають перевагу підприємствам, які впроваджують інноваційні підходи, адже це свідчить про їхню конкурентоспроможність і здатність адаптуватися до змін. Зрештою, економічна ефективність впровадження смарттехнологій не обмежується лише кількісними показниками. Вона охоплює широкий спектр переваг, які забезпечують підприємству стійкість, інноваційний розвиток і лідерські позиції на ринку. Грамотний підхід до аналізу ефективності та стратегічне планування дозволяють не лише забезпечити фінансову доцільність інвестицій, але й створити платформу для подальшого зростання й успіху в умовах сучасної конкурентної боротьби.

#### **4.3. Ризики та шляхи їх мінімізації**

Ризики впровадження смарттехнологій у виробничі процеси є неминучою складовою інноваційної діяльності. Вони охоплюють широкий спектр аспектів, включаючи технічні, фінансові, організаційні та зовнішні фактори. Проте своєчасне і детальне виявлення таких ризиків дозволяє розробити ефективні стратегії для їх мінімізації та забезпечити успішне впровадження технологій.

Одним із основних ризиків є технічні труднощі, які можуть виникнути через складність інтеграції нових систем з існуючим обладнанням та програмним забезпеченням. Це може призвести до затримок у впровадженні, збоїв у роботі виробничих ліній або навіть до простоїв. Для мінімізації таких ризиків важливо провести детальний технічний аудит перед впровадженням, залучити

досвідчених фахівців і забезпечити тестування систем у реальних умовах до початку повномасштабної експлуатації.



Рисунок 4.3 – Ідентифікація ризиків

Фінансові ризики також є значущими, оскільки впровадження смарттехнологій вимагає значних інвестицій. Якщо очікувані вигоди не будуть реалізовані, це може негативно вплинути на фінансовий стан підприємства. Для мінімізації цих ризиків необхідно проводити ретельний економічний аналіз, оцінювати строк окупності інвестицій і забезпечувати доступ до резервного фінансування для покриття непередбачених витрат. Крім того, важливо реалізовувати впровадження поетапно, щоб уникнути перевантаження бюджету.

Організаційні ризики пов'язані з опором з боку персоналу, який може виникнути через недостатнє розуміння нових технологій або побоювання щодо змін умов праці. Це може сповільнити процес впровадження та знизити ефективність використання смарттехнологій. Для мінімізації таких ризиків необхідно забезпечити навчання персоналу, демонструвати переваги нових систем і створювати мотиваційні програми, які сприяють прийняттю змін. Ще одним важливим аспектом є кібербезпека. Смарттехнології, які базуються на Інтернеті речей (IoT) та інших цифрових платформах, можуть стати мішенню для кібератак. Це може призвести до витоку конфіденційної інформації, втрати управління виробничими процесами або серйозних фінансових втрат. Для

мінімізації цього ризику слід впроваджувати сучасні системи кіберзахисту, забезпечувати регулярне оновлення програмного забезпечення та навчати персонал правилам безпеки.

Зовнішні ризики включають зміни у законодавстві, економічну нестабільність, коливання валютних курсів та інші фактори, які можуть вплинути на діяльність підприємства. Наприклад, посилення екологічних стандартів може вимагати додаткових витрат на модернізацію технологій. Для мінімізації цих ризиків важливо слідкувати за змінами у регуляторному середовищі, адаптувати бізнес-процеси до нових умов і передбачати додаткові ресурси для адаптації до змін.



Рисунок 4.4 - Приклади логістичних ризиків

Ще одним значним ризиком є можливість недосягнення очікуваних вигод через помилки у плануванні або неврахування всіх факторів під час оцінки ефективності. Це може призвести до невиправданих витрат або зниження конкурентоспроможності. Для уникнення цього важливо використовувати сучасні методи аналізу даних, проводити моделювання сценаріїв і залучати експертів для незалежної оцінки проекту.



Рисунок 4.5 – Планування та розрахунок різних транспортних нюансів задля успішної реалізації

Успішне впровадження смарттехнологій потребує системного підходу до управління ризиками. Поєднання ретельного планування, професійного супроводу, навчання персоналу та використання сучасних технологій дозволяє значно знизити вплив ризиків і забезпечити досягнення очікуваних результатів. Розробка планів дій на випадок виникнення проблем, а також постійний моніторинг ефективності впровадження є основою для успішної реалізації проектів у сфері смартовиробництва.

## Розділ 5. Прогнозування розвитку підприємства

## 5.1. Інноваційні перспективи впровадження цифрових двійників

Інноваційні перспективи впровадження цифрових двійників у виробничі процеси відкривають широкі можливості для підвищення ефективності, якості продукції та гнучкості підприємств. Цифрові двійники, що представляють собою віртуальні моделі фізичних об'єктів, систем або процесів, є інструментом, який дозволяє не лише оптимізувати поточну діяльність, але й формувати стратегії розвитку на основі прогнозування.



Рисунок 5.1 – ілюстрація успішного економічного розвитку

Однією з ключових перспектив є інтеграція цифрових двійників із системами Інтернету речей (IoT). Це дозволяє отримувати дані у реальному часі про стан обладнання, виконання процесів та використання ресурсів. Наприклад, у виробничому процесі можна відстежувати температуру, вібрацію, навантаження на деталі, що дозволяє оперативно реагувати на будь-які відхилення. Такий підхід знижує ризик збоїв і простоїв, а також забезпечує постійний контроль якості.

Цифрові двійники сприяють підвищенню точності прогнозування та планування. Використовуючи великі обсяги даних, які надходять із сенсорів, вони дозволяють моделювати різні сценарії роботи виробничих ліній або обладнання. Наприклад, можна оцінити, як зміна матеріалу вплине на

Ще однією перспективою є використання цифрових двійників для створення персоналізованої продукції. Завдяки моделюванню поведінки продукту в реальних умовах можна розробляти вироби, які максимально відповідають індивідуальним потребам клієнтів. Наприклад, у виробництві побутової техніки цифрові двійники можуть допомогти створити пральну машину, кондиціонер з оптимальними параметрами для конкретного типу тканин або умов використання.

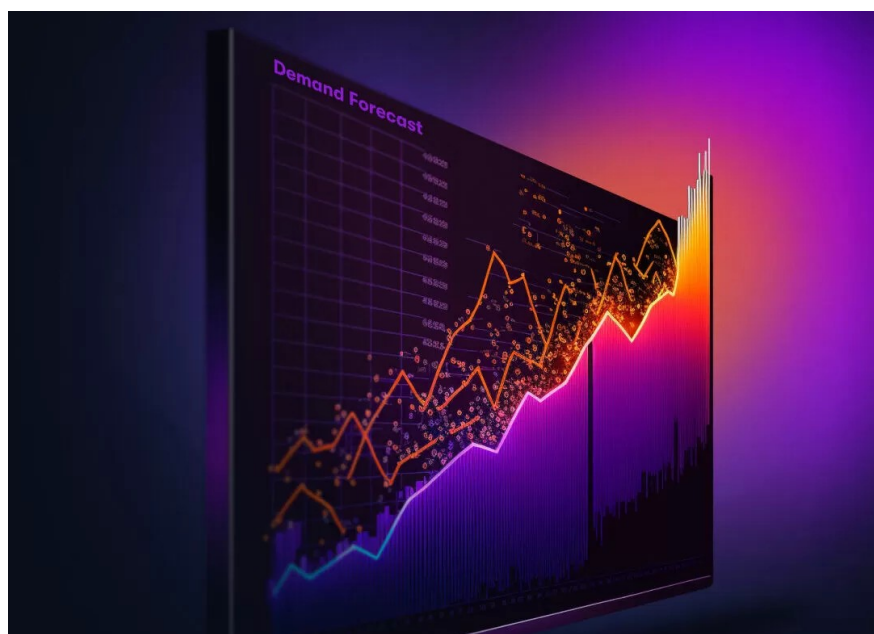


Рисунок 5.3 - Приклад підвищення попиту при впровадженні цифрових  
двійників у виробничі процеси

Цифрові двійники також сприяють розвитку концепції сталого виробництва. Вони дозволяють моделювати споживання енергії та матеріалів, що дає змогу оптимізувати використання ресурсів і зменшувати відходи. Наприклад, можна оцінити вплив змін у конструкції продукції на обсяг використання матеріалів і запропонувати більш екологічно чисті рішення. Це допомагає підприємствам відповідати сучасним екологічним стандартам і підвищувати свою репутацію серед клієнтів та інвесторів.

Перспективним напрямом є інтеграція цифрових двійників із платформами для віддаленого управління виробництвом. Це дозволяє підприємствам здійснювати контроль і управління процесами на різних локаціях з одного центру. Наприклад, можна одночасно відстежувати стан обладнання на заводах у різних містах та приймати рішення на основі аналізу даних, отриманих у реальному часі. Такий підхід значно спрощує управління великими підприємствами та міжнародними корпораціями.

Ще однією важливою перспективою є використання цифрових двійників для навчання персоналу. Завдяки віртуальним моделям можна створювати реалістичні симуляції виробничих процесів, які дозволяють працівникам відпрацьовувати різні сценарії без ризику для реального обладнання. Це сприяє підвищенню рівня кваліфікації персоналу та зниженню витрат на навчання.

У перспективі цифрові двійники стануть основою для повністю автономних виробничих систем. Завдяки поєднанню з ШІ, IoT та робототехнікою вони зможуть самостійно управляти всіма етапами виробництва, починаючи від планування, постачання сировини і закінчуючи відвантаженням продукції.

Впровадження цифрових двійників є стратегічним кроком для підприємств, які прагнуть залишатися конкурентоспроможними в умовах цифрової трансформації. Їхнє використання дозволяє оптимізувати всі аспекти виробничої діяльності, створювати інноваційні продукти та забезпечувати стабільне зростання. У майбутньому цифрові двійники стануть незамінним інструментом для досягнення стійкого розвитку та ефективного управління бізнесом.

## 5.2. Розвиток асортименту побутової техніки із використанням смарттехнологій

Розвиток асортименту побутової техніки із використанням смарттехнологій відкриває широкі можливості для інноваційного вдосконалення продукції, задоволення змінних потреб споживачів та підвищення конкурентоспроможності на ринку. Смарттехнології дають змогу створювати техніку, яка не лише виконує свої основні функції, але й забезпечує користувачам нові рівні комфорту, енергоефективності та інтеграції з сучасними цифровими платформами.



Рисунок 5.4 – Приклад ринку збуту побутової техніки із використанням  
смарттехнологій

Одним із ключових напрямів розвитку асортименту є інтеграція функцій віддаленого управління та моніторингу. Завдяки технологіям Інтернету речей (IoT) сучасні пристрої побутової техніки, такі як пральні машини, холодильники чи кондиціонери, можуть підключатися до мобільних додатків або голосових помічників. Це дозволяє користувачам не лише керувати технікою через смартфон або голосові команди, але й отримувати актуальну інформацію про стан пристрою або потребу у технічному обслуговуванні.

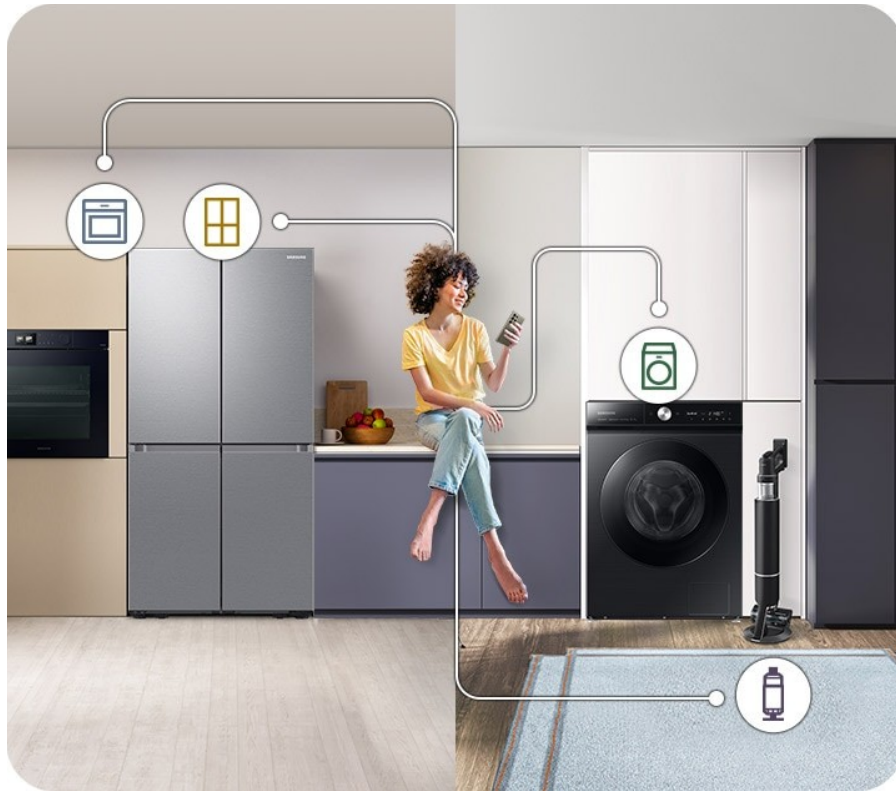


Рисунок 5.5 - Пристрої з використанням смарттехнологій, які нас оточують

Смарттехнології також сприяють створенню багатофункціональної техніки, яка може виконувати кілька задач одночасно. Наприклад, сучасні духові шафи можуть бути оснащені функцією автоматичного підбору температурного режиму, розпізнавання типу страви за допомогою сенсорів та навіть інтеграції з мобільними додатками для завантаження рецептів. Це значно розширює можливості використання техніки, спрощує процес приготування їжі та підвищує рівень задоволення клієнтів.

Важливим напрямом є підвищення енергоефективності побутової техніки. Смарттехнології дозволяють не лише знижувати споживання електроенергії, але й адаптувати роботу пристроїв до умов навколишнього середовища. Наприклад, кондиціонери з функцією смартуправління можуть самостійно регулювати рівень охолодження або обігріву залежно від температури в приміщенні, часу доби чи наявності людей. Це не лише знижує витрати користувачів на електроенергію, але й робить техніку більш екологічно відповідальною.

Ще одним перспективним напрямом є розробка техніки з функціями самонавчання, заснованими на технологіях штучного інтелекту. Такі пристрої

можуть адаптуватися до індивідуальних потреб користувача, запам'ятовувати його вподобання та оптимізувати роботу під конкретні задачі. Наприклад, розумні пральні машини можуть автоматично визначати рівень забруднення одягу, обирати відповідний режим прання та кількість води, що забезпечує не лише зручність, але й економію ресурсів. Завдяки смарттехнологіям побутова техніка стає частиною інтегрованих екосистем розумного будинку. Наприклад, техніка може бути пов'язана із системами безпеки, освітлення або клімат-контролю. У такій екосистемі холодильник може попереджати про закінчення терміну придатності продуктів, пральна машина — запускатися під час нічного тарифу на електроенергію, а духовка — розпочати розігрів за сигналом із мобільного додатка, коли користувач повертається додому. Це створює зручні та комплексні рішення для сучасного способу життя.



Рисунок 5.6 – Приклади мережевих магазинів продажу побутової техніки з використанням смарттехнологій

Водночас важливим аспектом розвитку асортименту є індивідуалізація продукції. Смарттехнології дозволяють виробникам пропонувати техніку, адаптовану під конкретні потреби клієнтів. Наприклад, можна створювати холодильники з модульною конструкцією, де клієнт сам обирає кількість камер або типи відділень залежно від своїх звичок. Це дозволяє підприємствам не

лише розширити асортимент, але й зміцнити лояльність клієнтів завдяки персоналізованому підходу.

Ще одним важливим аспектом є інтеграція функцій самодіагностики та сервісного обслуговування. Смарттехнології дозволяють техніці самостійно виявляти несправності, надсилати діагностичні дані до сервісного центру та навіть пропонувати користувачеві варіанти вирішення проблеми. Наприклад, пральна машина може повідомити про засмічення фільтра та надати інструкції для його очищення, що скорочує час простоїв та підвищує зручність використання. Розвиток асортименту побутової техніки із використанням смарттехнологій орієнтований на створення інноваційних, багатофункціональних та енергоефективних рішень, які покращують якість життя користувачів. Завдяки адаптивності, інтеграції з цифровими платформами та можливості індивідуалізації, сучасна побутова техніка відповідає вимогам часу і формує нові стандарти у галузі.

### **5.3. Взаємодія з клієнтами через цифрові платформи**

Взаємодія з клієнтами через цифрові платформи є важливим елементом сучасного бізнесу, що сприяє зміцненню лояльності, підвищенню задоволеності клієнтів та створенню довгострокових відносин. Цифрові платформи дозволяють компаніям забезпечувати безперервний зв'язок із споживачами, надавати їм підтримку, отримувати зворотний зв'язок та пропонувати індивідуалізовані рішення. Перш за все, цифрові платформи забезпечують зручний доступ до інформації про продукцію. Клієнти можуть отримати детальні характеристики, інструкції з використання, огляди та відеоматеріали, які допомагають їм зрозуміти переваги продукції та зробити правильний вибір. Наприклад, інтерактивні онлайн-каталоги дозволяють швидко порівнювати моделі побутової техніки за ключовими параметрами, такими як енергоефективність, функціональність чи розміри.



Рисунок 5.7 – Ілюстрація прикладу цифрових платформ в одному пристрої

Важливим інструментом взаємодії є мобільні додатки, які дозволяють користувачам керувати побутовою технікою, отримувати повідомлення про її стан або навіть замовляти послуги технічного обслуговування. Наприклад, через додаток можна віддалено змінити температуру в холодильнику, запустити пральну машину або отримати повідомлення про необхідність заміни фільтра в кондиціонері. Це не лише підвищує зручність користування технікою, але й демонструє клієнтам турботу компанії про їхній комфорт. Смарттехнології, інтегровані з цифровими платформами, дозволяють надавати персоналізовані рекомендації клієнтам. Наприклад, системи на основі штучного інтелекту можуть аналізувати поведінку користувачів та пропонувати оптимальні режими роботи техніки або додаткові аксесуари, які відповідають їхнім потребам. У холодильнику така система може рекомендувати рецепти на основі продуктів, що залишаються, або нагадувати про закінчення терміну придатності.



Рисунок 5.8 - Все управління через один пристрій, смартфон

Цифрові платформи також спрощують процес сервісного обслуговування. Завдяки інтеграції з технікою, системи можуть автоматично діагностувати несправності, надсилати дані до сервісного центру та організовувати візит майстра. Наприклад, якщо в пральній машині виявлено проблему з насосом, додаток повідомляє користувача та пропонує зручний час для ремонту. Це знижує час простою техніки та підвищує рівень задоволеності клієнтів.

Додатково, цифрові платформи створюють можливості для прямого спілкування між клієнтами та представниками компанії. Чати, інтерактивні FAQ та відеоконсультації дозволяють швидко отримувати відповіді на запитання та вирішувати проблеми. Це створює відчуття підтримки та сприяє формуванню позитивного іміджу бренду.



Рисунок 5.9 - Співпраця та інтеграція смарттехнологій з людством

Важливим аспектом є збір та аналіз зворотного зв'язку. Через цифрові платформи компанії можуть отримувати відгуки клієнтів, проводити опитування та аналізувати їхню поведінку. Це допомагає виявляти слабкі місця у продукції чи обслуговуванні, розробляти нові функції та вдосконалювати існуючі процеси. Наприклад, якщо клієнти часто скаржаться на складність у використанні певної функції, компанія може внести зміни у програмне забезпечення або створити навчальні матеріали. Цифрові платформи також сприяють формуванню спільнот навколо бренду. Через форуми, соціальні мережі та спеціалізовані додатки клієнти можуть обмінюватися досвідом, порадами та ідеями. Це не лише сприяє створенню позитивної атмосфери навколо бренду, але й забезпечує додаткові можливості для вивчення потреб споживачів.



Рисунок 5.10 - Взаємодія з клієнтами через цифрові платформи

Зрештою, взаємодія з клієнтами через цифрові платформи дозволяє створити комплексний підхід до обслуговування, який відповідає сучасним вимогам ринку. Вона забезпечує зручність, персоналізацію та швидкість, що сприяє формуванню довгострокових відносин із клієнтами та підвищенню їхньої лояльності. Завдяки використанню сучасних технологій компанії мають

змогу ефективно реагувати на потреби споживачів та залишатися конкурентоспроможними в умовах цифрової трансформації.

## Розділ 6. Заходи з охорони праці

Основні вимоги щодо створення та організації безпечної праці у промисловості визначені в Законі України «Про охорону праці» та Правилах охорони праці у промисловості, затверджених наказом Держнаглядохоронпраці України від 31.01.2005 р. № 0 (НПАОП 20.0-1.02-05).

Технологічні процеси виробництв повинні бути організовані з урахуванням вимог Правил пожежної безпеки. Усі роботи мають виконуватись на технологічному обладнанні згідно з його паспортними даними та відповідно до затверджених регламентів (інструкцій, технологічних карт тощо), які передбачають заходи для захисту працівників від шкідливих і небезпечних факторів.



Рисунок 6.1 – Приклади недотримання правил та заходів безпеки

Робочі місця, де можливе виділення токсичних або вибухобезпечних, та пожежонебезпечних речовин, повинні бути обладнані уловлювачами та укриттями з місцевими відсмоктувачами. Різальний інструмент верстатів має бути підготовлений до роботи та експлуатуватися згідно з вимогами технологічних режимів підготовки інструментів.

У разі виникнення аварійної ситуації повинна бути передбачена автоматична світлова або звукова сигналізація, за сигналом якої працівники виконують встановлені інструкціями дії.

Верстати повинні приводитися в дію та обслуговуватися лише тими особами, яким вони закріплені. Іншим особам забороняється пускати верстати в дію та працювати на них. Ремонт верстатів має виконуватись тільки спеціально призначеними для цього особами.



Перед початком роботи на верстаті необхідно перевірити справність та наявність усіх огорожень і пристроїв, а також надійність закріплення різального інструменту. Крім того, слід випробувати верстат на холостому ході. Вимкнення верстата є обов'язковим у таких випадках: при припиненні подання струму, під час зміни робочого інструменту, закріплення або встановлення деталі, що обробляється, її зняття з верстата, а також під час ремонту, чищення, змащення верстата або прибирання стружки.

Вироби, що обробляються на верстатах, повинні бути міцно та надійно закріплені. Забороняється працювати на несправних верстатах, а також на верстатах з несправним або ненадійно закріпленим огородженням.

Матеріали та деталі біля робочих місць повинні укладатися таким чином, щоб забезпечити максимальну стійкість. Робоче місце верстатника та приміщення повинні завжди підтримуватися в чистоті і не захащуватися виробами та матеріалами.

Верстатники під час виконання робіт повинні обов'язково користуватися засобами індивідуального захисту. Якщо на верстатах відсутні захисні щитки для захисту очей або вони несправні, працівники повинні використовувати захисні окуляри.

У разі залишення робочого місця, навіть на короткий час, верстатник зобов'язаний вимкнути верстат.

Маятникова пилка повинна мати плаваючі огороження, що повністю закривають її зуби.

Фугувальні верстати повинні бути оснащені огороженням ножового вала, яке автоматично відкриває ножову щілину відповідно до ширини оброблюваної деталі. Під час обробки матеріалів на фугувальному верстаті довжиною до 400 мм, шириною до 50 мм або товщиною до 30 мм, а також обов'язково слід використовувати штовхачі. При цьому обидві руки верстатника повинні бути на штовхачі. Забороняється зупиняти верстат шляхом натискання матеріалу на диск.



### Рисунок 6.3 - Дотримання всіх правил та заходів з охорони праці та безпеки – запорука безпечної роботи

Обробку матеріалу на верстаті можна розпочати тільки після того, як вал з різальним інструментом досягне максимальної швидкості обертання.

Якщо різальний інструмент верстата зупиняється самочинно, а оброблювана заготовка знаходиться під огородженням, потрібно вимкнути верстат і тільки після цього підняти огородження та усунути несправність.

## ВИСНОВКИ

У ході виконання дипломної роботи було досліджено теоретичні та практичні аспекти впровадження смарттехнологій у виробництво побутової техніки, їхній вплив на ефективність виробничих процесів, якість продукції, економічну доцільність та взаємодію з клієнтами. Було здійснено детальний аналіз впровадження концепції "цифрового двійника" (Digital Twin) в промисловості виготовлення мікрокліматичної побутової техніки. Отримані результати дозволяють зробити низку важливих висновків, які підтверджують актуальність теми та перспективність її подальшого розвитку.

Вивчено значення цієї концепції в умовах постійних технологічних інновацій, що дозволяють значно підвищити ефективність виробничих процесів. Цифровий двійник, як віртуальна репрезентація фізичних об'єктів і систем, забезпечує можливість моніторингу та моделювання їх функціонування в реальному часі, що сприяє кращому прогнозуванню та управлінню виробничими процесами.

По-перше, впровадження смарттехнологій є ключовим чинником трансформації виробничих процесів, що забезпечує підвищення продуктивності та зниження витрат. Автоматизація операцій, інтеграція Інтернету речей (IoT), використання цифрових двійників та штучного інтелекту дозволяють значно оптимізувати управління ресурсами, знизити кількість дефектів та забезпечити

безперервність виробничих процесів. Це створює основи для підвищення конкурентоспроможності підприємства.

По-друге, цифрові двійники виявилися ефективним інструментом для моделювання та оптимізації як виробничих, так і експлуатаційних процесів. Вони дозволяють оцінювати якість і надійність продукції ще до початку серійного виробництва, прогнозувати можливі збої та забезпечувати своєчасне обслуговування обладнання. Це не лише сприяє підвищенню ефективності виробництва, але й мінімізує ризики та витрати, пов'язані з несправностями.

По-третє, впровадження смарттехнологій позитивно впливає на розвиток асортименту побутової техніки, дозволяючи створювати інноваційні та персоналізовані продукти. Завдяки інтеграції функцій віддаленого управління, адаптивного навчання та енергоефективності, побутова техніка стає більш функціональною, зручною та екологічно відповідальною. Це підвищує задоволеність споживачів і сприяє розширенню ринків збуту.

По-четверте, економічний аналіз довів доцільність впровадження смарттехнологій, демонструючи швидкий строк окупності інвестицій завдяки зниженню витрат, підвищенню продуктивності та збільшенню доходів від реалізації продукції. Це підтверджує, що інноваційні рішення не лише покращують технологічний рівень підприємства, але й забезпечують його фінансову стійкість.

По-п'яте, взаємодія з клієнтами через цифрові платформи стає невід'ємною складовою сучасного бізнесу. Вона дозволяє створити персоналізований підхід до кожного споживача, забезпечувати високий рівень обслуговування та отримувати цінний зворотний зв'язок для вдосконалення продукції та послуг. Цифрові платформи створюють екосистему, яка об'єднує виробників і споживачів, сприяючи формуванню довгострокових відносин.

Особливу увагу було приділено адаптації підприємств до змін, прогнозуванню можливих ризиків та оптимізації використання ресурсів на основі даних, отриманих через цифрові моделі. Це дозволяє підвищити точність прийняття рішень, зменшити витрати та покращити управління складними

виробничими процесами, що є критично важливим для досягнення конкурентоспроможності на сучасному ринку.

В ході роботи також було розглянуто інструменти для моделювання виробничих процесів, зокрема програмне забезпечення Tecnomatix Plant Simulation, Robot Studio 2024. Ці інструменти дозволяють створювати високоточні симуляції для аналізу і оптимізації різних етапів виробничих процесів, що є важливою складовою для модернізації підприємства.

Описано процес створення симуляційної моделі автоматизованої лінії в програмі Tecnomatix Plant Simulation, де були визначені основні параметри та оптимізовані параметри поведінки віртуальних елементів.

Загалом, виконана кваліфікаційна робота підтверджує важливість впровадження смарттехнологій як стратегічного інструменту для підвищення ефективності виробництва, покращення якості продукції та забезпечення сталого розвитку підприємства. Результати дослідження мають практичну значущість і можуть бути використані для планування та реалізації подібних проектів у галузі побутової техніки. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розробку конкретних інноваційних рішень, адаптованих до потреб окремих підприємств, а також на оцінку їхнього впливу на довгострокову стійкість та екологічну відповідальність бізнесу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1.Бровко, П. М. (2020). Інноваційні технології у виробництві побутової техніки. Київ: Видавничий дім «Наука і техніка».
- 2.Грінченко, О. Л., & Коваль, С. В. (2021). Цифрові двійники у промисловості: теорія та практика. Львів: Політехнічний інститут.
- 3.Іваненко, М. О. (2019). Смарттехнології як драйвер модернізації виробничих систем. Економіка і промисловість, 3(7), 45–52.
- 4.Коваленко, І. Г. (2022). Використання Інтернету речей у виробничих процесах. Журнал технічних досліджень, 4(2), 67–73.
- 5.Петренко, Л. С. (2021). Вплив інновацій на розвиток асортименту побутової техніки. Науковий вісник економіки, 2(15), 123–130.
- 6.Сидоренко, В. П., & Ткаченко, І. І. (2020). Персоналізація продукції: нові можливості смартвиробництва. Технологічний журнал, 1(12), 89–96.
- 7.Тимошенко, О. П. (2019). Смарттехнології у виробництві: огляд сучасних тенденцій. Вісник сучасних технологій, 6(8), 35–42.
- 8.Шевченко, Д. В. (2022). Інтеграція штучного інтелекту в управління виробничими процесами. Техніка і прогрес, 5(10), 14–21.
- 9.Яковенко, М. П. (2023). Взаємодія з клієнтами через цифрові платформи: підходи та інструменти. Маркетинг і менеджмент, 7(18), 75–83.

|  |  |  |  |  |  |    |
|--|--|--|--|--|--|----|
|  |  |  |  |  |  |    |
|  |  |  |  |  |  |    |
|  |  |  |  |  |  | 95 |

11. Siemens AG. Digital Twin Solutions for Smart Manufacturing. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.siemens.com](http://www.siemens.com).
12. World Economic Forum. Future of Automotive Manufacturing. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.weforum.org](http://www.weforum.org).
13. Андрусенко, С. А. Впровадження енергоефективних технологій у промисловості. – Дніпро: Наукове видавництво, 2020. – 270 с.
14. Бойко, О. П. Інноваційні технології у промисловості: цифрові двійники та смартсистеми. – Львів: Видавничий дім "Наука", 2021. – 250 с.
15. Герасименко, О. В. Методи підвищення продуктивності промислових підприємств. – Київ: Техніка, 2020. – 280 с.
16. ДСТУ EN ISO 9001:2015. Системи управління якістю. Вимоги.
17. ДСТУ ISO 14001:2015. Системи екологічного управління. Вимоги та настанови щодо застосування.
18. Коваленко, Л. О. Математичне моделювання виробничих систем. – Київ: Видавництво НАН України, 2019. – 320 с.
19. Коваль, Ю. М. Моделювання виробничих процесів із використанням цифрових двійників. – Одеса: Астропринт, 2022. – 280 с.
20. Мельник, П. І. Інноваційні підходи до організації промислових підприємств. – Вінниця: Універсум, 2019. – 300 с.
21. Міжнародна організація праці (МОП). Охорона праці та безпека на підприємствах: рекомендації. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.ilo.org](http://www.ilo.org).
22. Про охорону праці: Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.rada.gov.ua](http://www.rada.gov.ua).
23. Романенко, Д. В. Розробка математичних моделей для автоматизованих систем. – Харків: Основа, 2021. – 240 с.
24. Сидоренко, І. Г. Роль екологічної модернізації у виробничих процесах. – Одеса: Видавництво ОНУ, 2020. – 220 с.
25. Шаповал, К. В. Ключові показники ефективності виробничих систем. – Київ: Видавничий дім "Наука і техніка", 2020. – 310 с.

|  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |