

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Інститут(факультет) Навчально-науковий інститут харчових технологій  
Кафедра експертизи харчових продуктів**

**«До захисту в ЕК»**

Директор інституту(декан факультету)

Оксана КОЧУБЕЙ-ЛИТВИНЕНКО  
(підпис) (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

«     » травень 2025 р.

**«До захисту допущено»**

В.о. завідувача кафедри

Оксана ВАШЕКА  
(підпис) (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

«     » травень 2025 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР**

зі спеціальностей 181 Харчові технології, 133 Галузеве машинобудування, 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка  
(код та назва спеціальності)

освітньо-наукової програми «LEAN-виробництво харчової продукції»  
на тему: Розроблення заходів операційного вдосконалення виробничих процесів виготовлення вермішелі швидкого приготування “Reeva зі смаком гострої курки” для оператора ринку ТОВ «Євро Фуд Сервіс»

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ЛН-2-13М

Якименко Сергій Ігорович  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник доц., к.т.н. Пащенко Богдан Сергійович  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Керівник доц., к.т.н. Чепелюк Олександр Миколайович  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Керівник доц., к.т.н. Пупена Олександр Миколайович  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Рецензент Якимчук М. В.  
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) незарядженої допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ - 2025 р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра експертизи харчових продуктів

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 181 «Харчові технології», 133 «Галузеве машинобудування»,

174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

(код і назва)

Освітньо-наукова програма «Lean-виробництво харчової продукції»

## **ЗАТВЕРДЖУЮ**

В.о. завідувача кафедри експертизи харчових продуктів \_\_\_\_\_ Оксана ВАШЕКА

«13» січня 2025 року

## **З А В Д А Н Н Я**

### **НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

Якименко Сергія Ігоровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення заходів операційного вдосконалення виробничих процесів виготовлення вермішелі швидкого приготування “Reeva зі смаком гострої курки” для оператора ринку ТОВ «Євро Фуд Сервіс»

керівники роботи доц., к.т.н. Пащенко Богдан Сергійович, доц., к.т.н. Чепелюк Олександр Миколайович, доц., к.т.н. Пупена Олександр Миколайович

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «13» січня 2025 року № 6-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 19 травня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи законодавчі та нормативні акти, документи, матеріали, зібрані під час проходження переддипломної практики, методичні рекомендації до виконання магістерської роботи

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Титульний аркуш. Завдання на роботу. Анотація. Зміст. Вступ. 1. Сучасний стан виробництва локшини швидкого приготування 2. Об'єкт, предмет та методи досліджень 3. Розроблення заходів операційного вдосконалення вермішелі швидкого приготування «Reeva зі смаком гострої курки» 4. Аналіз технологічних, експлуатаційних і виробничих параметрів технологічних комплексів та розроблення рекомендацій із підвищення ефективності ТОВ «Євро Фуд Сервіс» 5. Автоматизована система керування виробничою лінією вермішелі швидкого приготування. Загальні висновки, Список використаної літератури, Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу

Апаратно-технологічна схема лінії виробництва вермішелі швидкого приготування “Reeva зі смаком гострої курки” – 1 Аркуш А1. План виробничого приміщення виробництва вермішелі швидкого приготування – 1 Аркуш А1. Схема автоматизації лінії виробництва вермішелі швидкого приготування – 1 Аркуш А1. Комплекс технічних засобів виробництва вермішелі швидкого приготування – 1 Аркуш А3.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 13 січня 2025 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ по р.	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Виконання, % до етапу
1.	Вступ	13.01.25-21.01.25	
2.	Розділ 1. Сучасний стан виробництва локшини швидкого приготування	22.01.25-12.02.25	
3.	Розділ 2. Об'єкти, предмети та методи досліджень	13.02.25-24.02.25	
4.	Розділ 3. Розроблення заходів операційного вдосконалення вермішелі швидкого приготування «Reeva зі смаком гострої курки»	26.02.25-18.03.25	
5.	Розділ 4. Аналіз технологічних, експлуатаційних і виробничих параметрів технологічних комплексів та розроблення рекомендацій із підвищення ефективності ТОВ «Євро Фуд Сервіс»	19.03.25-10.04.25	
6.	Розділ 5. Автоматизована система керування виробничою лінією вермішелі швидкого приготування	11.04.25-31.04.25	
7.	Загальні висновки	03.05.25-09.05.25	
8.	Список використаної літератури. Додатки	10.05.25-16.05.25	
9.	Оформлення пояснювальної записки і презентації роботи та подання їх на кафедрі	19.05.2025	
10.	Попередній розгляд роботи на кафедрі	згідно графіку	
11.	Отримання зовнішньої рецензії і підготовка до захисту в ЕК	19.05.25-20.05.25	
12.	Проходження перевірки на унікальність кваліфікаційної роботи	21.05.25-22.05.25	
13.	Захист роботи в ЕК	23.05.2025	

**Здобувач**

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Сергій ЯКИМЕНКО**

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Богдан ПАЩЕНКО**

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Олександр ЧЕПЕЛЮК**

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Олександр ПУПЕНА**

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

Обсяг: 169 с., 19 таблиць, 73 рисунка, 61 літературне джерело, 15 додатків, 4 аркуші графічної частини

Метою роботи є оптимізація виробничих процесів для виготовлення вермішелі швидкого приготування «Reeva зі смаком гострої курки» на прикладі підприємстві ТОВ «Євро Фуд Сервіс».

У 2024 році через військові дії було виведено з ладу близько 50-60% генеруючих потужностей, українські домогосподарства проводили без світла в середньому 1 951 годину, а промисловий сектор — понад 1 700 годин.

Для харчової промисловості, це створює серйозні ризики:

*Зниження ефективності роботи обладнання, кількісні та економічні втрати, зниження кількості якосної продукції, логістичні затримки.*

Це спричиняє потенційні ризики на здатність компанії задовольняти попит, зокрема в країнах, де попит на локшину швидкого приготування зростає.

Наукова новизна полягає в міждисциплінарному поєднанні підходів Lean Six Sigma, цифрового моніторингу, енергоменеджменту та промислової автоматизації з метою підвищення стійкості та ефективності безперервної роботи виробничої системи в умовах високої зовнішньої турбулентності. Було виявлено, характер відключень, що знижує загальну ефективність роботи обладнання на 57,29% від цільового, запропоноване найефективніше рішення, яке дає змогу повернути безперервне виробництво до 99% стійкості у протидії зовнішніх збурень.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробленні системи підвищення безперервності технологічного процесу в умовах нестабільного електропостачання із використанням технологій промислового інтернету речей (IIoT) для ТОВ «Євро Фуд Сервіс», яка може бути впроваджена на зазначеному підприємстві харчової промисловості.

**Ключові слова:** локшина швидкого приготування, OEE, Lean Six Sigma, DMAIC, ощадливе виробництво, виробничі втрати, IIoT, стійкість виробництва.

## ABSTRACT

Volume: 169 pp, 19 tables, 73 figures, 61 references, 15 applications, 4 sheets of the graphic part.

The aim of this study is to optimize the production processes for manufacturing instant noodles "Reeva with spicy chicken flavor" based on the case of the enterprise LLC "Euro Food Service".

In 2024, due to military actions, approximately 50–60% of Ukraine's generating capacity was disabled. Ukrainian households spent an average of 1,951 hours without electricity, while the industrial sector experienced more than 1,700 hours of power outages.

For the food industry, this situation poses significant risks as:

*Reduced equipment efficiency, production rate and economical losses, increased production cost, reduced product quality, logistic delays.*

This cause potential danger to the company's ability to meet demand, especially in countries where the demand for instant noodles is growing.

The scientific novelty lies in the interdisciplinary integration of Lean Six Sigma, digital monitoring, energy management, and industrial automation approaches to enhance the resilience and efficiency of continuous manufacturing under conditions of severe external turbulence. The research identified a pattern of power outages that reduces overall equipment effectiveness by 57.29 % relative to the target level and proposed an optimal mitigation strategy capable of restoring production continuity to 99 % robustness against external disturbances.

The practical significance of the obtained results consists in the development of a system for increasing the continuity of technological processes under unstable power supply conditions using Industrial Internet of Things (IIoT) technologies. The proposed system is tailored for LLC "Euro Food Service" and can be implemented at the given food manufacturing facility.

**Keywords:** instant noodles, OEE, Lean Six Sigma, DMAIC, lean manufacturing, production losses, IIoT, production resilience.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>8</b>
<b>РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ВИРОБНИЦТВА ЛОКШИНИ ШВИДКОГО ПРИГОТУВАННЯ.....</b>	<b>13</b>
1.1. Тенденції розвитку та сучасна проблематика виробництва локшини швидкого приготування в Україні.....	13
1.2. Використання Lean-інструментів на харчових виробництвах.....	21
1.3. Аналіз діяльності ТОВ «Євро Фуд Сервіс».....	27
Висновки до розділу 1.....	34
<b>РОЗДІЛ 2. ОБ’ЄКТ, ПРЕДМЕТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....</b>	<b>36</b>
2.1. Об’єкт та предмет досліджень.....	36
2.2. Методи досліджень .....	36
<b>РОЗДІЛ 3. РОЗРОБЛЕННЯ ЗАХОДІВ ОПЕРАЦІЙНОГО ВДОСКОНАЛЕННЯ ВЕРМІШЕЛІ ШВИДКОГО ПРИГОТУВАННЯ «REEVA ЗІ СМАКОМ ГОСТРОЇ КУРКИ».....</b>	<b>40</b>
3.1. Аналіз показників виробничої діяльності при виготовлення вермішелі швидкого приготування «Reeva зі смаком гострої курки», карта поточного стану виробництва.....	40
3.2. Формування проблем та аналіз вимог зацікавлених сторін.....	48
3.3. Визначення межі проєкту (Project Scope) «Стійкість 4.0» (D).....	50
3.4. Заходи операційного вдосконалення.....	52
Висновки до розділу 3.....	53
<b>РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ, ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ І ВИРОБНИЧИХ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ ТА РОЗРОБЛЕННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ З ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТОВ«ЄВРО ФУД СЕРВІС».....</b>	<b>55</b>
4.1. Опис апаратурно-технологічної схеми виготовлення вермішелі швидкого приготування «Reeva зі смаком гострої курки».....	55
4.2. Основні етапи виробничого процесу та і взаємодія обладнання.....	57
4.3. Дослідження ефективності роботи обладнання (ОЕЕ).....	60

4.4. Контроль критичних та операційних параметрів виробництва згідно принципів HACCP.....	63
4.5. Збір даних у межах проєкту «Стійкість 4.0» (М).....	64
4.6. ANALYZE – статистичний аналіз даних у межах проєкту «Стійкість 4.0».....	72
4.7. IMPROVE Моделі ефективності роботи та втрат на основі отриманих даних.....	95
4.8. Розробка рішень у межах проєкту «Стійкість 4.0».....	96
Висновки до розділу 4.....	103
<b>РОЗДІЛ 5. АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ</b>	
<b>ВИРОБНИЧОЮ ЛІНІЄЮ ВЕРМІШЕЛІ ШВИДКОГО ПРИГОТУВАННЯ</b>	
<b>REEVA ЗІ СМАКОМ ГОСТРОЇ КУРКИ».....</b>	
5.1. Загальний опис системи автоматизації технологічних процесів.....	106
5.2. Аналіз лінії виробництва вермішелі швидкого приготування «Reeva зі смаком гострої курки», як об’єкт керування.....	106
5.3. Характеристика комплексу технічних засобів.....	111
5.4. CONTROL – розробка системи моніторингу та контролю у межах проєкту «Стійкість 4.0».....	113
Висновки до розділу 5.....	119
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	121
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	124
ДОДАТКИ.....	131

## ВСТУП

Сучасні реалії функціонування підприємств харчової промисловості в Україні характеризуються підвищеною складністю через постійно зростаючі ціни на енергоресурси, дефіцит енергоносіїв, а також ризики аварійних та планових відключень електроенергії, що зумовлені безперервними атаками російської федерації на критичну інфраструктуру країни.

Унаслідок систематичних ракетних та дронівих атак на енергетичну інфраструктуру України першої половини 2024 року було виведено з ладу близько половини генеруючих потужностей, що спричинило масові аварійні відключення для населення й промисловості. За даними DiXi Group, сумарний час планових стабілізаційних відключень для домогосподарств у 2024 році становив **1 951 годину**, або понад 81 добу без Електро Енергії (далі ЕЕ) та понад **1 700 годин** для промислового сектору [1].

Харчова промисловість входить у сектор продовольче забезпечення, віднесена до сектору критичної інфраструктури Законом України «Про критичну інфраструктуру» від 16.11.2021 № 1882-IX, який визначає правові й організаційні засади створення та функціонування національної системи захисту критичної інфраструктури й є складовою законодавства у сфері національної безпеки [2]. За Постановою Кабінету Міністрів України від 09.10.2020 № 1109 затверджено Порядок віднесення об'єктів до критичної інфраструктури та Методики їх категоризації, що встановлюють процедуру й критерії визначення рівня критичності об'єктів [3].

Через регулярні відключення електроенергії харчові лінії зупиняються, що призводить до псування сировини та готової продукції, зниження обсягів випуску й збільшення операційних витрат на аварійне живлення. Існуючі дослідження Lean Six Sigma висвітлюють загальні підходи оптимізації виробничих процесів, але майже не охоплюють

інтеграцію фреймворку DMAIC із ІюТ-телеметрією для управління ризиками енергопостачання в харчових підприємствах, особливо в умовах воєнного енергоризику.

Методологія Lean Six Sigma і DMAIC (Define–Measure–Analyze–Improve–Control) широко застосовується для підвищення якості й ефективності у машинобудуванні та хімічній промисловості. Водночас питання безперервності електропостачання, швидкості переключення на резервне живлення розглядалися здебільшого в технічних публікаціях без урахування клієнтоорієнтованих СТQ-показників (Critical To Quality, Критичні Для Якості) [4]. Недостатність практичних кейсів з використання DMAIC разом із ІюТ-моніторингом у харчовій промисловості відкриває нову нішу для досліджень.

У таких екстремальних умовах ключовим фактором стабільності, конкурентоспроможності та економічної ефективності виробництв може стати впровадження Lean Six Sigma — комплексу методів, що поєднує філософію ощадливого виробництва та статистичні інструменти зниження варіації для оптимізації операцій і мінімізації втрат [5, 6].

Таким чином, проведення досліджень на конкретному прикладі виробництва локшини швидкого приготування «Reeva зі смаком гострої курки» на підприємстві ТОВ «Євро Фуд Сервіс» дозволяє оцінити ефективність використання методології Lean Six Sigma, з використання DMAIC методології разом із ІюТ-моніторингом для стабільного функціонування підприємства в умовах енергетичної нестабільності та економічних викликів. Що входить до завдань визначених Законодавством [7].

**Об’єктом дослідження** є технологія виробництва вермішелі швидкого приготування «Reeva зі смаком гострої курки».

**Предметом дослідження** є заходи операційного вдосконалення виробничих процесів для виготовлення вермішелі швидкого приготування «Reeva зі смаком гострої курки», методи та інструменти фаз DMAIC у поєднанні з ІюТ-моніторингом для оптимізації ключових

показників процесу (доступності лінії (Availability), комплексної ефективності (OEE), ефективності резервного живлення і втрат продукції внаслідок недоступності мережевої ЕЕ), а також вплив на залучені машини та апарати ТОВ «Євро Фуд Сервіс».

**Метою роботи** є розроблення заходів операційного вдосконалення виробничих процесів виготовлення вермішелі швидкого приготування “Reeva зі смаком гострої курки” для оператора ринку ТОВ «Євро Фуд Сервіс».

**Завдання роботи:**

- проаналізувати сучасний стан виробництва локшини швидкого приготування, тенденції та виклики у галузі,
- проаналізувати діяльність ТОВ «Євро Фуд Сервіс»;
- визначити методи досліджень для реалізації подальшого операційного вдосконалення в рамках методології DMAIC
- провести «аналіз зацікавлених сторін» у рамках виробництва локшини швидкого приготування на ТОВ «Євро Фуд Сервіс»
- дослідити технологічні та експлуатаційні параметри лінії виробництва вермішелі швидкого приготування “Reeva зі смаком гострої курки” для реалізації подальшого операційного вдосконалення
- розробити проєкт «Стійкість 4.0» для забезпечення безперебійної роботи та підвищення виробничої ефективності лінії виготовлення вермішелі швидкого приготування
- розробити в межах проєкту «Стійкість 4.0» моделі втрат при виробництві вермішелі швидкого приготування
- провести збір даних та аналіз технологічних збоїв лінії виготовлення локшини
- визначити оптимальний алгоритм реагування персоналу у випадку виникнення позапланових відключень електроенергії при виробництві вермішелі швидкого приготування;

- дослідити автоматизовану систему управління технологічними процесами виробництва вермішелі швидкого приготування, запропонувати методи контролю шляхом розробки системи моніторингу та контролю у межах проєкту «Стійкість 4.0» для ТОВ «Євро Фуд Сервіс».

**Наукова новизна** полягає в методологічному дослідженні організації, технологічних процесів та автоматизації, на основі принципів LeanSixSigma в процесі виготовлення вермішелі швидкого приготування "Reeva зі смаком гострої курки" для ТОВ "Євро Фуд Сервіс". Було визначено основні причини зниження ефективності безперервної роботи лінії виробництва через аварійні відключення електроенергії. Розроблена математична модель для визначення та обґрантування найефективнішого рішення протидії втратам. Досліджено різні джерела енергопостачання, їх характер та вплив на втрати безперервного виробництва у кількісному, фінансовому вимірах та ефективності роботи обладнання. Було виявлено, що найвпливовіший на безперервність роботи сценарій знижує загальну ефективність роботи обладнання на 57,29%, знижує рівень доступності на 30%, знижує продуктивність на 35,57%, а якість продукції знижує на 4,7%.

За допомогою розробленої математичної моделі було зроблено імітаційні дослідження та на основі аналізу, запропоноване найефективніше рішення, яке дає змогу повернути безперервне виробництво до 99% стійкості у протидії зовнішніх збурень.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає у розробленні заходів із підвищення безперервності технологічного процесу в умовах нестабільного електропостачання із використанням технологій промислового інтернету речей (IIoT) для ТОВ «Євро Фуд Сервіс», що зменшує виробничі втрати та підвищує ефективності роботи обладнання задля забезпечення виробництва продукту. Дана рішення може бути впроваджено на зазначеному підприємстві харчової промисловості.

**Апробація результатів дослідження** Результати досліджень, представлені в кваліфікаційній роботі, були висвітлені та обговорені на VII Міжнародній науково-практичній конференції «European Dimensions Of Sustainable Development».

## **РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ВИРОБНИЦТВА ЛОКШИНИ ШВИДКОГО ПРИГОТУВАННЯ**

### **1.1. Тенденції розвитку та сучасна проблематика виробництва локшини швидкого приготування в Україні**

Виробництво локшини швидкого приготування в Україні є важливою складовою харчової промисловості, що відображає глобальні тенденції до зручних і швидких у приготуванні продуктів. У 2025 році цей сектор стикається з нетиповими викликами, спричиненими війною росії проти України, а також можливостями, пов'язаними з інноваціями в інгредієнтах і зростанням попиту на здоровіші продукти.

Україна залишається важливим гравцем у виробництві локшини швидкого приготування, незважаючи на виклики війни. Однією із важливих подій стало відкриття компанією Nestlé нового заводу у Волинській області у 2024 році, що створило 1500 робочих місць та розширило виробничі потужності [8]. Цей завод є частиною європейського регіонального хабу Nestlé для кулінарних продуктів, що свідчить про стратегічний інтерес до українського ринку [9]. Однак війна створює значні перешкоди, зокрема через порушення постачання пшениці, ключового інгредієнта локшини.

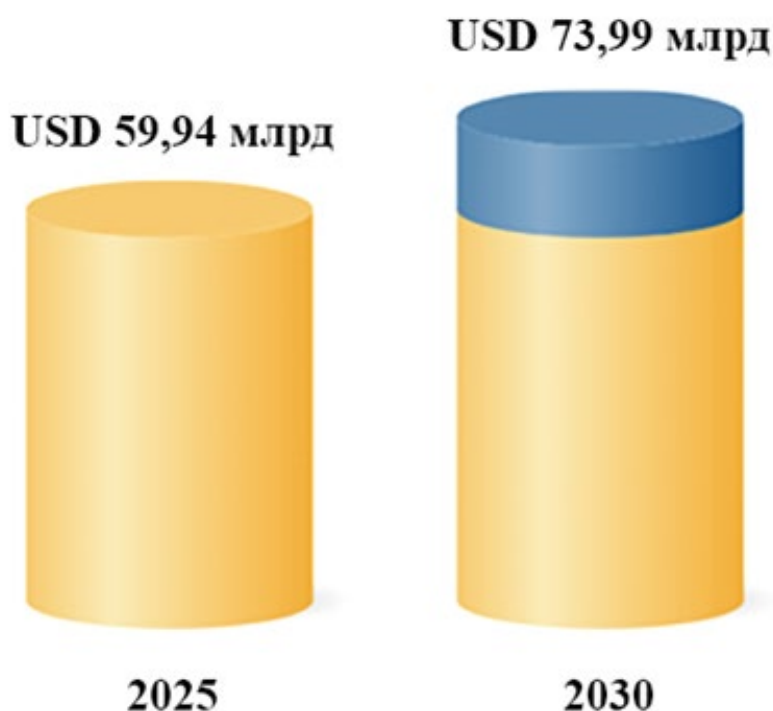
У четвертому кварталі 2023 року інфляція на сухі та локшини швидкого приготування в Україні становила -0,27%, що вказує на стабілізацію цін після періоду зростання, викликаного війною. Провідними роздрібними мережами були Metro, Eko Market та Takfur, причому Metro мала найширший асортимент, а Eko Market — найнижчу середню ціну за одиницю [11].

Крім того, місцеві виробники, такі як компанії, що постачають продукцію під брендами Metro Chef, Reeva, Glads та Mivina, активно присутні на ринку. У 2023 році ці компанії домінували в онлайн-роздрібній торгівлі, пропонуючи конкурентні ціни.

Попит на локшину швидкого приготування в Україні виявився стійким навіть у розпал війни. Незважаючи на масову міграцію та окупацію територій, українці продовжували купувати локшину як «стратегічний запас» – швидкий у

приготуванні, недорогий і довгостроково зберігається продукт, який активно доставляють куди необхідно і до постраждалих регіонів.

Хоча точних даних про розмір ринку локшини швидкого приготування в Україні на 2025 рік бракує, проте глобальні тенденції вказують на стабільне зростання. Світовий ринок локшини швидкого приготування оцінюється в \$59,939 млрд у 2025 році з прогнозованим CAGR 4,30% до 2030 року, коли він досягне \$73,988 млрд. (Рис. 1.1).

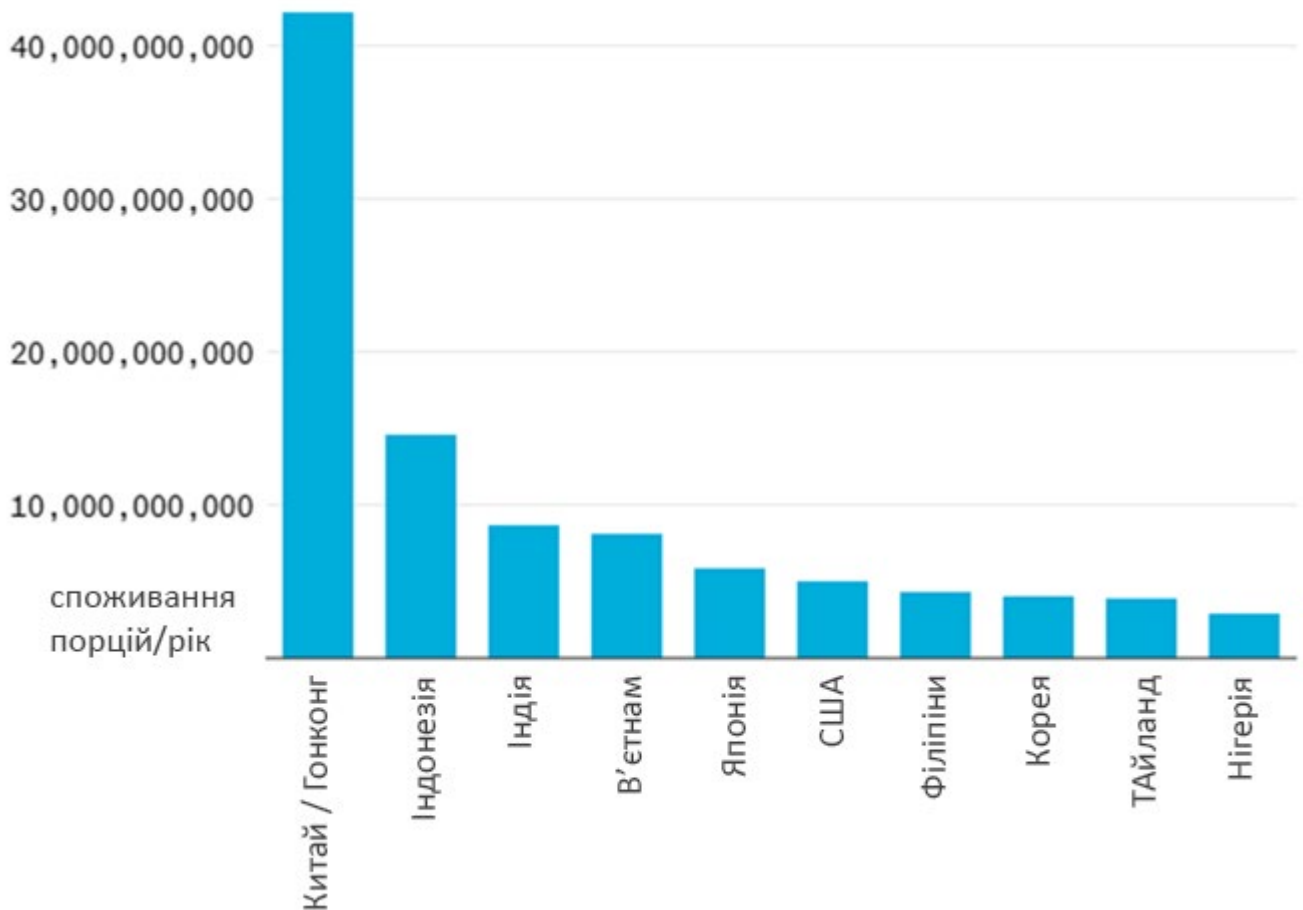


**Рисунок 1.1.** Тенденція розміру світового ринку Локшини швидкого приготування 2025 > 2030 у млрд USD [20]

В Україні зростання може бути дещо стриманим через економічні та логістичні виклики, але перспективи інвестицій міжнародних партнерів [10] створюють позитивний імпульс.

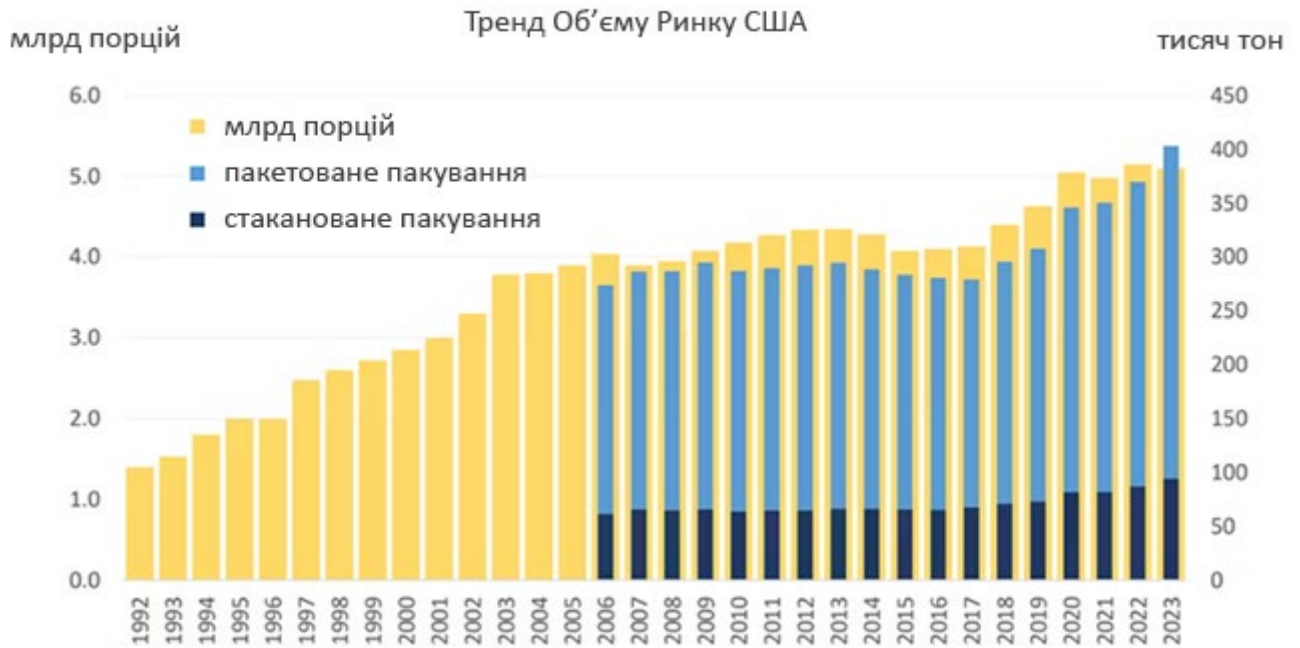
На графіку (Рис. 1.2) показано щорічну кількість порцій локшини швидкого приготування, спожитих у різних країнах. Лідером є Китай (включно з Гонконгом) — близько 42 млрд порцій на рік. Далі за обсягами йдуть Індонезія (приблизно 15 млрд), Індія (~9 млрд) і В'єтнам (~8 млрд). Японці споживають близько 6 млрд порцій, а США — понад 5 млрд, посідаючи шосте місце в

рейтингу. Філіппіни, Південна Корея, Таїланд показники коливаються біля 4 млрд порцій на рік, а Нігерія завершує десятку з близько 3 млрд. Додатково, за останні п'ять років американський ринок зріс на 36% і в 2023-му перевищив 2,7 млрд доларів доходу.



**Рисунок 1.2.** Глобальний попит на локшину швидкого приготування по країнах млрд порцій / рік [22]

У світовому масштабі ринок локшини швидкого приготування демонструє значне зростання: у США, наприклад, обсяги продажів за п'ять років виросли на 36%, а в 2023 році становили 2,7 млрд доларів, при цьому кожен четвертий американець вживає локшину щонайменше раз на рік (Рис. 1.3).



**Рисунок 1.3.** США: Локшина швидкого приготування, попит млрд порцій на рік, співвідношення Pouch-type (пакетоване пакування), Cup-type (Стакановане пакування) [23]

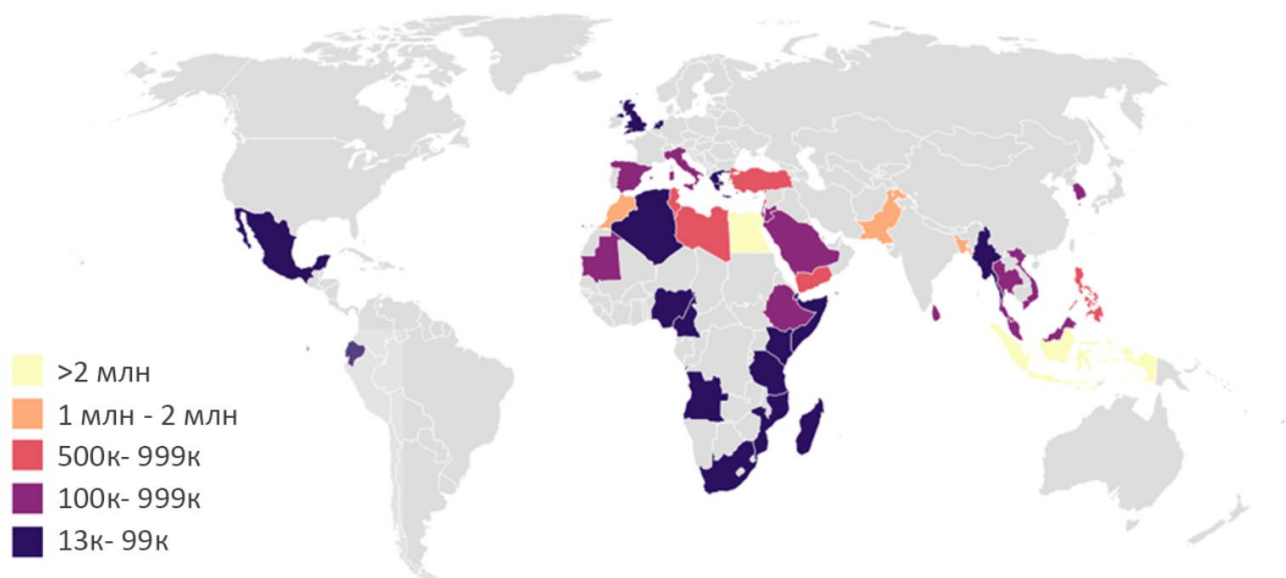
Характерно, що локшина у форматі пакетики залишається основним сегментом продажів (75% за обсягом) в США, а дорожчі «стаканчики» займають меншу частку ринку. Схожа тенденція може зберігатись і в Україні, так як ціна на стакановане пакування значно дорожче, через ціну самого пакування, що протиставляється одному із принципів локшини швидкого приготування – доступність.

Ринок вермішелі швидкого приготування в Україні може зростати за рахунок зростаючого попиту в світі, інвестицій, але потребує адаптації до викликів війни та змін у споживчих уподобаннях та потенційного розширення географії експорту і адаптацію до міжнародних стандартів і вимог, іноземних споживчих уподобань. Ці приклади підтверджують, що навіть у макроекономічно нестабільні часи попит на швидкі та бюджетні харчові продукти зберігається, і українські виробники мають можливість використати цей тренд для розширення як внутрішнього, так і зовнішнього ринку.

Україна є одним із найбільших світових експортерів пшениці, але війна між Росією та Україною значно порушила аграрний сектор. У 2022 році виробництво пшениці в Україні із підконтрольних територій було мінімальним за останні 10 років і оцінено у 19,4 млн т. [12]. Це скорочення впливає на собівартість виробництва локшини, оскільки пшениця є основним інгредієнтом. Проте майбутні показники на 2023 ( 22,3 млн т ), 2024 (22-22,3 млн т) та очікуваний врожай 2025 року може перевищити попередні, показує позитивну динаміку об'ємів врожаю на відміну від 2022 року. Очевидно, що бойові дії на території України є негативним фактором [Додаток Н], проте ці виклики не зможуть зупинити пошуки і рішення для невинного розвитку і підвищення ефективності агропромислового та харчової промисловості, які тісно пов'язані у розрізі виробництва локшини швидкого приготування.

### Країни залежні від Зерна із України

Топ імпортери пшеничного зерна із України у 2020/21 роках у тонах



Source: USDA • Created with Datawrapper

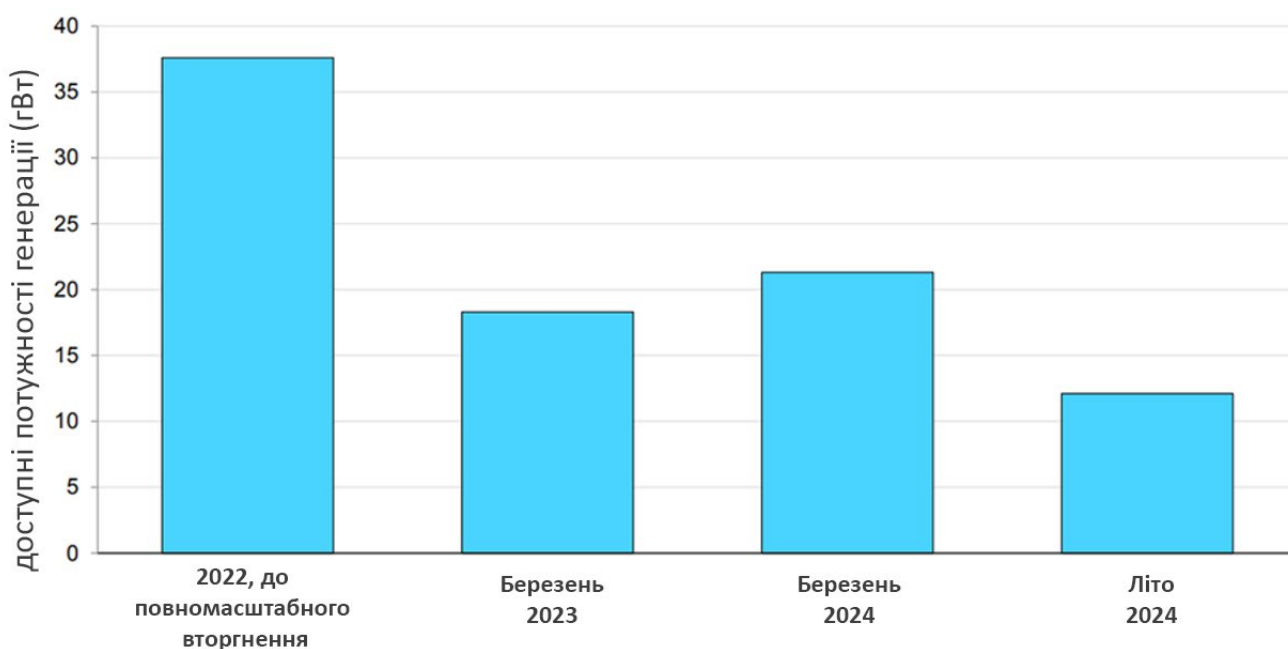
**Рисунок 1.4.** Найбільші імпортери Української пшениці 2020/21, млн тонн, WorldEconomicForum [13]

У той час як війна чинить руйнівний вплив на енергетичний, економічний і промисловий сектори України, вона одночасно створює нові експортні можливості для вітчизняних виробників готової харчової продукції. Наприклад,

скорочення поставок українського зерна на світові ринки призвело до дефіциту пшеничної сировини в багатьох країнах-імпортерах (Рис. 1.4), що, у свою чергу, спричиняє брак напівфабрикатів і готових продуктів, виготовлених на її основі. За цих умов Україна може змістити фокус із постачання базової сировини на експорт готових продуктів із доданою вартістю — локшини швидкого приготування, макаронних виробів, хлібобулочних та кондитерських виробів.

Реалізація такої стратегії дозволить не лише компенсувати втрати традиційних ринків сировини, а й зайняти нові ніші в регіонах, що відчують дефіцит зернових, підвищити доходи агропромислового комплексу та зміцнити репутацію України як постачальника високоякісної готової продукції.

Проте для реалізації цього необхідно забезпечити адаптацію й оптимізацію роботи існуючих підприємств до сучасних повоєнних викликів, зробивши їх максимально ефективними, гнучкими та стійкими.



**Рис. 1.5** Розрахункові потужності генерації електроенергії доступні Україні до вторгнення 2022 року, до літа 2024 року [23]

У 2024 році через військові дії було виведено з ладу близько 50-60% генеруючих потужностей, українські домогосподарства проводили без світла в середньому 1 951 годину, а промисловий сектор — понад 1 700 годин.[1,18] (Рис.

1.5). Для харчової промисловості, зокрема для ТОВ «Євро Фуд Сервіс», це створює серйозні ризики:

*Зупинки виробничих ліній:* Перерви в електропостачанні зупиняють технологічні процеси, такі як замішування тіста, обсмажування локшини чи пакування, що призводить до втрат сировини та готової продукції.

*Пошкодження обладнання:* Раптові відключення викликають перепади напруги, які можуть пошкодити високотехнологічне обладнання, наприклад, японські чи європейські лінії, що використовуються ТОВ «Євро Фуд Сервіс».

*Зростання собівартості:* Використання дизельних генераторів підвищує витрати на паливо, яке подорожчало через війну та логістичні проблеми.

*Порушення якості:* Коливання температур і тиску в процесі виробництва можуть вплинути на текстуру, смак і термін придатності локшини.

*Логістичні затримки:* Зупинки виробництва ускладнюють виконання експортних контрактів, що знижує конкурентоспроможність на міжнародних ринках.

Ці проблеми особливо актуальні для ТОВ «Євро Фуд Сервіс», яке має виробничу потужність 600 млн одиниць на рік і експортує продукцію до понад 40 країн [19]. Нестабільне електропостачання може обмежити здатність компанії задовольняти попит, зокрема в країнах Азії та Африки, де попит на локшину швидкого приготування зростає.

Часті відключення електроенергії, спричинені атаками на енергетичну інфраструктуру, створюють значні втрати для харчової промисловості, яка визнана критичною інфраструктурою відповідно до Закону України №1882-IX[2] та Постанови КМУ №1109 [3].

Харчова промисловість, зокрема виробництво локшини швидкого приготування, відіграє важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки України, особливо в умовах війни. Оптимізація виробництва дозволить зменшити втрати, знизити собівартість і підвищити конкурентоспроможність на глобальному ринку.

Виробнича лінія вермішелі швидкого приготування “Reeva” є стратегічно важливою для компанії, але її ефективність знижується через відключення

електроенергії. Дослідження спрямоване на аналіз і вирішення цієї проблеми шляхом впровадження інноваційних рішень.

Водночас зростання попиту на локшину як продукт довготривалого зберігання та активний розвиток онлайн-торгівлі створюють можливості для адаптації, хоча економічна нестабільність і інфляція залишають ризик стагнації обсягів виробництва, як це спостерігалось у 2024 році з падінням на 1.4% [25].

Попри складні умови війни, завдяки зростаючому попиту та глобальним ринковим трендам, перспективи розвитку виробництва локшини швидкого приготування в Україні у 2025 році виглядають обнадійливо. Споживачі дедалі частіше віддають перевагу продуктам, які поєднують зручність із поживною цінністю, що спонукає виробників до інновацій у рецептурах. Локшина на основі твердих сортів пшениці (дурум), відома своєю якістю та текстурою, а також безглютенові альтернативи, такі як рисова локшина, відповідають цьому попиту. Глобальний ринок рисової локшини, за прогнозами, зростатиме з темпом 11,7% щорічно до 2033 року, досягаючи 17,4 мільярда доларів США, що вказує на значний потенціал для українських виробників у сегменті здорового харчування [20]. В Україні ці тенденції знаходять відгук серед молодих міських споживачів і тих, хто дотримується дієтичних обмежень, створюючи можливості для розширення асортименту та залучення нових аудиторій. Адаптація до смакових уподобань нових ринків, таких як етнічні смаки (каррі, том ям), разом із відповідністю міжнародним стандартам безпеки, відкриває нові можливості для українських виробників, дозволяючи компенсувати втрати традиційних ринків сировини.

Цифровізація торгівлі та зростання популярності онлайн-платформ також сприяють перспективам галузі. Попит на локшину швидкого приготування через платформи доставки їжі та електронну комерцію зростає, особливо в містах, де споживачі цінують швидкість і доступність.

Однак реалізація цього потенціалу значною мірою залежить від здатності галузі подолати ключові виклики, зокрема нестабільне електропостачання, яке залишається критичною перешкодою для безперервного виробництва. Втрата 50-60% генеруючих потужностей у 2024 році через воєнні дії потенційно

призводить до значних простоїв, зростання собівартості та ризиків для якості продукції [1,17] (Рис. 1.5). Ці проблеми не лише обмежують виробничі можливості, але й загрожують конкурентоспроможності конкретних виробників на локальних ринках та загалом на міжнародних ринках, де стабільність поставок є ключовим фактором. Усвідомлення цих викликів підкреслює необхідність наукового підходу до оптимізації технологічних процесів, що може забезпечити розрахунків галузі в умовах воєнного часу.

Враховуючи критичний вплив нестабільного електропостачання на виробництво локшини швидкого приготування, а також необхідність підвищення конкурентоспроможності ТОВ «Євро Фуд Сервіс» на внутрішньому та міжнародному ринках, виникає потреба у науковому дослідженні, спрямованому на оптимізацію технологічних процесів у умовах воєнних енергоризиків. Майбутнє дослідження буде зосереджено на підвищенні доступності (Availability) та загальної ефективності обладнання (OEE) виробничої лінії «Reeva» шляхом застосування методології Lean Six Sigma (DMAIC) та технологій промислового Інтернету речей (IIoT).

## **1.2. Використання Lean-інструментів на харчових виробництвах**

Ощадливе виробництво (Lean Manufacturing) істотно впливає на операційну ефективність харчової промисловості. Скорочуючи рівень запасів і раціоналізуючи використання ресурсів, підприємства одночасно підвищують якість продукції та рентабельність. Запровадження Lean призводить до 70% зменшення часу переналадок обладнання, на 26,2% скорочує зайві переміщення працівників і забезпечує 12% поліпшення в розподілі та управлінні ланцюгом постачання. Таким чином мінімізуються втрати часу й матеріалів, що підвищує прибутковість галузі та оптимізує як використання ресурсів, так і продуктивність [29].

Ці покращення одночасно скорочують тривалість виробничих циклів і підвищують якість кінцевого продукту, зміцнюючи конкурентоспроможність підприємств. Дослідження фіксує підвищення ефективності, зниження витрат, запасів і відходів, тоді як акцентує на оптимізації виробництва та зростанні

задоволеності клієнтів і працівників. Lean-інструменти є ключовим каталізатором сталого розвитку та конкурентної переваги у харчовому секторі [29].

У 2025 році українські підприємства все більше інтегрують Lean-менеджмент у свої виробничі процеси, зважаючи на актуальність підвищення ефективності, зменшення втрат і забезпечення відповідності міжнародним стандартам.

Розглянемо підприємства, які успішно встали на шлях впровадження LEAN-менеджменту та мають показники покращення, варті уваги.

*«Миронівський хлібопродукт» (агропромисловий холдинг)*

Український агрохолдинг «Миронівський хлібопродукт» (МХП) вибудовує власну модель операційної досконалості на стику LEAN та Six Sigma, поєднуючи класичні інструменти усунення втрат із масштабною цифровою трансформацією. Компанія, що виробляє майже половину вітчизняного м'яса птиці й експортує продукцію на п'ять континентів, використовує підхід DMAIC для зниження собівартості, підвищення енергоефективності та мінімізації екологічного сліду.

Впровадження системи Just-In-Time дозволило оптимізувати постачання сировини та знизити надлишкові запаси на 20%. Завдяки LEAN Six Sigma компанія змогла зменшити дефекти продукції та покращити відповідність міжнародним стандартам. Ключовим каталізатором масштабування виступила окрема структура МНР Digital, створена 2019 р. для швидкого тестування й інкубації IT-рішень, зокрема систем візуального контролю та аналітики великих даних [39]. Forbes Ukraine включив холдинг до переліку «Чемпіонів діджиталізації», підкреслюючи багатомільйонні інвестиції в автоматизацію складів, прогнозу аналітику та мобільні застосунки для співробітників польового контуру [40]. Одним із таких застосунків став Digital AgroTech МНР: він збирає телеметрію сільгосптехніки й супутникові NDVI-індекси, щоб у режимі реального часу показувати «чорним» поясам відхилення врожайності та запускати Kaizen-ітерації ще до збирання культури.

За внутрішніми KPI, які холдинг частково розкриває у звітах про сталість, середній ОЕЕ забійно-переробних майданчиків перевищив 80% у 2024 р., тоді як п'ятьма роками раніше коливався біля 72%. У логістичному сегменті автоматичний морозильний склад дозволив скоротити витрати електроенергії на глибоке охолодження на 22% при зростанні пропускної здатності, що зафіксовано в презентаційних матеріалах viastore для МХП. Паралельно, мобільна платформа Digital AgroTech допомогла знизити дизельні витрати тракторного парку на 7% завдяки адаптивному маршруту на основі польових датчиків.

У виробничо-складському ланцюзі особливу увагу приділили автоматизованим холодильно-морозильним зонам. Запуск високостележного глибокого заморожування з роботизованими шатлами у співпраці з viastore зменшив витрати електроенергії та усунув «мурі» навантаження на персонал комплектування, що прямо лягло в показник Improve фази DMAIC-проектів.

Кілька «зелених» проектів LEAN Six Sigma стали підставою для залучення пільгового фінансування: зокрема, згаданий вище кредит ЄБРР на біогаз, обсягом 28,4 млн євро, прямо апелює до зниження енергоспоживання й відходів [41]. Інша історія — партнерство з німецькими технологічними компаніями у створенні Ladyzhyn Energy Hub, де біогенерація поєднана з теплопостачанням міста; проект підкреслює синергію LEAN-підходу до ресурсів і стратегії ESG [42].

#### *«Астарта» (аргохолдинг)*

За останнє десятиліття агрохолдинг «Астарта-Київ» поступово вибудував модель операційної досконалості, у центрі якої — комбінація методів LEAN та Six Sigma, інтегрованих у щорічні програми енергоефективності, цифрової трансформації й управління якістю. У публічних звітах компанія пов'язує ці підходи не лише з прагненням до нижчої собівартості, а й із стратегічною метою посилити експортну конкурентоспроможність та відповідність вимогам ISO 50001 і глобальних ланцюгів поставок. Відстеження економічного й екологічного ефекту стає можливим завдяки власній цифровій платформі

AgriChain та мережі сертифікованих «чорних» і «зелених» поясів, які ведуть проєкти за логікою DMAIC.

Після реструктуризації 2014–2016 рр. «Астарта» зосередилася на чотирьох кластерах — рослинництво, цукрове виробництво, молочне скотарство та переробку сої. Кожен кластер мав високу енергоємність і сезонні піки завантаження, що обмежувало капітальну рентабельність. У 2016 р. правління затвердило «Програму підвищення енергоефективності» з акцентом на стандартизованому зборі даних і навчанні керівників методам регресійного аналізу для пошуку кореляцій між витратою палива, паровими параметрами та виходом готової продукції — підхід, який у Six Sigma відповідає фазі Measure та Analyze [32].

Пілотною платформою став Новооржицький цукровий завод. Тут у 2017–2019 рр. запровадили енергоменеджментову систему за ISO 50001, а потім — серію DMAIC-проєктів, що стосувалися оптимізації випарних станцій і вакуум-апаратів. За даними кейс-дослідження Clean Energy Ministerial, модернізація апаратів завершилася зменшенням споживання газу на 11% та підвищенням виходу цукру з тонни буряків на 0,28% [32]. Одночасно компанія підписала п'ятирічну інвестиційну програму з оновлення парку тракторів і сівалок, щоб синхронізувати польові цикли із плануванням переробки — крок, який переводить LEAN-принцип потоку до рівня ланцюга цінності [32]. Критичною ланкою в масштабуванні покращень стала власна ІТ-платформа AgriChain. У звітах сталого розвитку за 2022–2024 рр. Її описують як «єдине цифрове середовище», де дані з поля, елеватора й цукроварні збираються в реальному часі, а алгоритми прогнозують відхилення та генерують задачі Kaizen-групам [34] Партнерство з японською Sagri, укладене 2023 р., дозволило інтегрувати супутникові NDVI-карти й алгоритми ШІ для моніторингу стресів урожаю, що підвищує точність фаз Analyze і Improve в Six Sigma-проєктах агровиробництва [34]. Оператори заводів користуються модулем AgriChain Scout для відстеження ОЕЕ; саме там відображаються динамічні контрольні межі, розраховані «зеленими поясами» за методикою контрольних карт Шухарта.

Офіційний річний звіт 2024 р. фіксує, що середній ОЕЕ п'яти цукрових заводів зріс до 78%, що на шість пунктів вище, ніж три роки тому; при цьому споживання природного газу на тонну перероблених буряків зменшилося на 9% [36]. Водночас LinkedIn-публікації інженерної служби описують систему мотивації, де автор процесного покращення отримує премію після валідації фінансового ефекту — 210 проєктів було закрито лише за 2023 р [37]. На рівні продукту «Астарта» повідомляє про найвищий за сім років обсяг виробництва — 380 тис. Т цукру; керівництво стверджує, що такого результату досягли завдяки гармонізації планів агровиробництва з пропускнуою здатністю переробних активів, чого без алгоритмів AgriChain і циклів DMAIC неможливо уявити.

Попри відсутність офіційного бренду «Astarta Production System», внутрішні документи департаменту операційної ефективності відсилають до класичної матриці «8 видів втрат» і градації поясів. У межах проєкту UNIDO-ISO 50001 більше двадцяти фахівців пройшли повний курс із регресії, статистичного керування процесом та дизайну експериментів — дисциплін, що лежать в основі Six Sigma [32]. Паралельно HR-служба ввела обов'язковий модуль «Основи LEAN» для майстрів змін, а для кандидатів на позицію Black Belt вимагає захисту одного багатооб'єктного DMAIC-проєкту загальною економією не менше €100 тис.

Фінансовий ефект підтверджується також банківськими інституціями: у 2024 р. IFC погодила кредит у 40 млн євро, посилаючись на «сталі практики ефективності», а ЄБРР ще раніше відзначив високу рентабельність заходів з енергозаощадження в енергоємному цукровиробництві [38]. На макрорівні це означає, що LEAN Six Sigma перестає бути «цеховою» філософією і стає частиною інвестиційного профілю компанії, здатної переконати міжнародних кредиторів у власній стійкості. Досвід «Астарті-Київ» демонструє, що цілісний підхід LEAN Six Sigma може бути ефективно застосований уже в аграрно-переробному комплексі, де сезонність, біологічні ризики та коливання енергоносіїв ускладнюють класичні моделі промислового вдосконалення. Ключ до успіху — розвинена інфраструктура збору даних (AgriChain), сильні

міжфункціональні команди «поясів» і прив'язка кожного проекту до вимірюваних енергетичних та фінансових показників. З точки зору наукового аналізу, «Астарт» цікава як приклад симбіозу LEAN-картування потоків, Six Sigma-статистики й цифрової платформи, що разом забезпечують синергетичний ефект: підвищення прозорості процесів, одночасне зниження операційних і вуглецевих витрат та зміцнення позицій компанії на глобальному ринку.

LEAN-менеджмент, ощадливе виробництва в харчовому виробництві в світі та в Україні поступово стає одним із головних підходів для оптимізації процесів, особливо у харчовій промисловості, яка стикається з підвищеними вимогами до якості та безпеки продукції. Разом із тим, впровадження LEAN часто порівнюється з міжнародними стандартами, такими як ISO 9001 та ISO 22000, що створює підґрунтя для аналізу їхньої взаємодії та розмежування.

Доцільно провести порівняльну характеристику між LEAN філософією та стандартами ISO, адже операційний персонал відповідальний за впровадження стандартів якості і стандартів безпеки харчової продукції, можуть хибно вважати, що впровадження стандартів, включають принципи або інструменти LEAN підходів виробництва, в той час, як ціль впровадження стандартів є необхідністю, можливостями розширення географії реалізації продукції, дозволи на реалізацію і таке інше, в той час як ощадливе виробництво (LEAN-виробництво) переслідує цілі пошуку проблемних місць на конкретному підприємстві у конкретний час для усунення втрат, зниження дефектів і тд. Тобто є вірогідність відповідності стандарту систему управління, наприклад, але також відсутність самого ефективно можливої технології виконання процесів, без аналізу вузьких місць і подальшої роботи по усуненню втрат, зведених до мінімально можливих, а лише достатніх для відповідності стандарту.

- Чіткі інструкції, які мають виконуватись у вигляді формальних процедур.
- Орієнтованість на відповідність стандартам і вимогам аудиту.
- Регламентація документування всіх виробничих процесів.
- Контроль за якістю на основі встановлених показників.

ISO 9001 акцентує увагу на управлінні якістю всіх процесів підприємства, тоді як ISO 22000 спрямований на забезпечення безпеки харчових продуктів, що є критичним аспектом для операторів ринку харчової промисловості.

LEAN-менеджмент, як філософія вдосконалення на відміну від ISO, LEAN-менеджмент є філософією управління, що виходить за рамки чітких інструкцій. LEAN спрямований на постійне вдосконалення через усунення втрат, оптимізацію процесів і підвищення продуктивності.

LEAN не замінює стандарти ISO, а доповнює їх, допомагаючи підприємствам не лише досягати відповідності нормативам, але й перевершувати їх через оптимізацію процесів. Впровадження ISO гарантує відповідність нормативам, тоді як LEAN підвищує ефективність шляхом усунення втрат і вузьких місць. Аналіз досвіду вітчизняних підприємств свідчить, що LEAN-менеджмент і стандарти ISO є взаємодоповнюваними інструментами для досягнення високої ефективності роботи.

LEAN-менеджмент дозволяє виходити за межі формальних вимог і створювати конкурентні переваги завдяки безперервному вдосконаленню. Для українських підприємств харчової промисловості інтеграція цих підходів є ключовим напрямком розвитку, що дозволяє підвищити конкурентоспроможність як на внутрішньому, так і на міжнародному ринках.

### **1.3. Аналіз діяльності ТОВ «Євро Фуд Сервіс»**

**Організаційна структура підприємства.** ТОВ «Євро Фуд Сервіс» є одним із провідних операторів ринку харчової продукції в Україні, спеціалізуючись на виробництві локшини швидкого приготування. Завдяки інноваційним підходам у виробництві, інтеграції сучасних стандартів управління та оптимізації виробничих процесів, підприємство утримує позиції лідера у своїй галузі. Інформація про оператора ринку надана у табл. 1.1.

Серед інших видів діяльності організації: оптова торгівля іншими продуктами харчування, у тому числі рибою, ракоподібними та молюсками, неспеціалізована оптова торгівля, роздрібна торгівля іншими продуктами

харчування в спеціалізованих магазинах, складське господарство, дослідження кон'юнктури ринку та виявлення громадської думки.

**Таблиця 1.1** Загальна характеристика ТОВ «ЄВРО ФУД СЕРВІС»

Повна назва	Товариство з обмеженою відповідальністю (ТОВ) «ЄВРО ФУД СЕРВІС»
Назва англійською мовою	LIMITED LIABILITY COMPANY «EURO FOOD SERVICE»
Адреса	09113, Україна, Білоцерківський р-н, Київська обл., місто Біла Церква, вулиця Воробйова Генерала, будинок, 1
Дата заснування	21.11.2007
Директор	Фам За Шон
Код ЄДРПОУ	35591588
Статутний капітал	1 488 288 184 грн
Основний вид діяльності	10.89 – Виробництво інших харчових продуктів, н.в.і.у.

Фінансові показники ТОВ «ЄВРО ФУД СЕРВІС» наведено у таблиці 1.2.

**Таблиця 1.2** Фінансові показники ТОВ «ЄВРО ФУД СЕРВІС»

Фінансові показники	2024	2023	2022	2021	2020
Дохід, грн	3 019 573 000	2 763 573 000	2 230 869 000	1 380 608 000	964 220 000
Чистий прибуток, грн	524 582 000	747 417 000	582 706 000	-34 917 000	-196 733 000
Активи, грн	2 168 650 000	2 168 650 000	1 363 121 000	883 608 000	746 583 000
Зобов'язання, грн	203 667 000	203 667 000	145 354 000	310 649 000	1 200 012 000
Кількість працівників	457	477	491	429	–

Річний обсяг виробництва: близько 600 мільйонів шт продукції.

Ринки збуту: Географія присутності компанії охоплює понад 40 країн, включаючи Україну, Німеччину, Великобританію, Польщу, Словаччину, Чехію, Болгарію, Румунію, Молдову, Угорщину, Іспанію, Нідерланди, Данію, Швецію, Фінляндію, Литву, Латвію, а також країни Азії, Африки та Близького Сходу.

Кількість працівників: понад 500 осіб.

Площа виробничо-логістичного комплексу: 66 330 м<sup>2</sup>.

- Цехи виробництва: ~30,000 м<sup>2</sup> (включає основну лінію виробництва, склади сировини, технічні приміщення).

- Складські приміщення: ~25,000 м<sup>2</sup>.

- Адміністративна зона: ~5,000 м<sup>2</sup>.

- Зона для персоналу та допоміжних служб: ~6,000 м<sup>2</sup>.

Місія компанії: забезпечити споживачів високоякісною, доступною та безпечною продукцією, дотримуючись міжнародних стандартів якості та безпеки харчових продуктів.

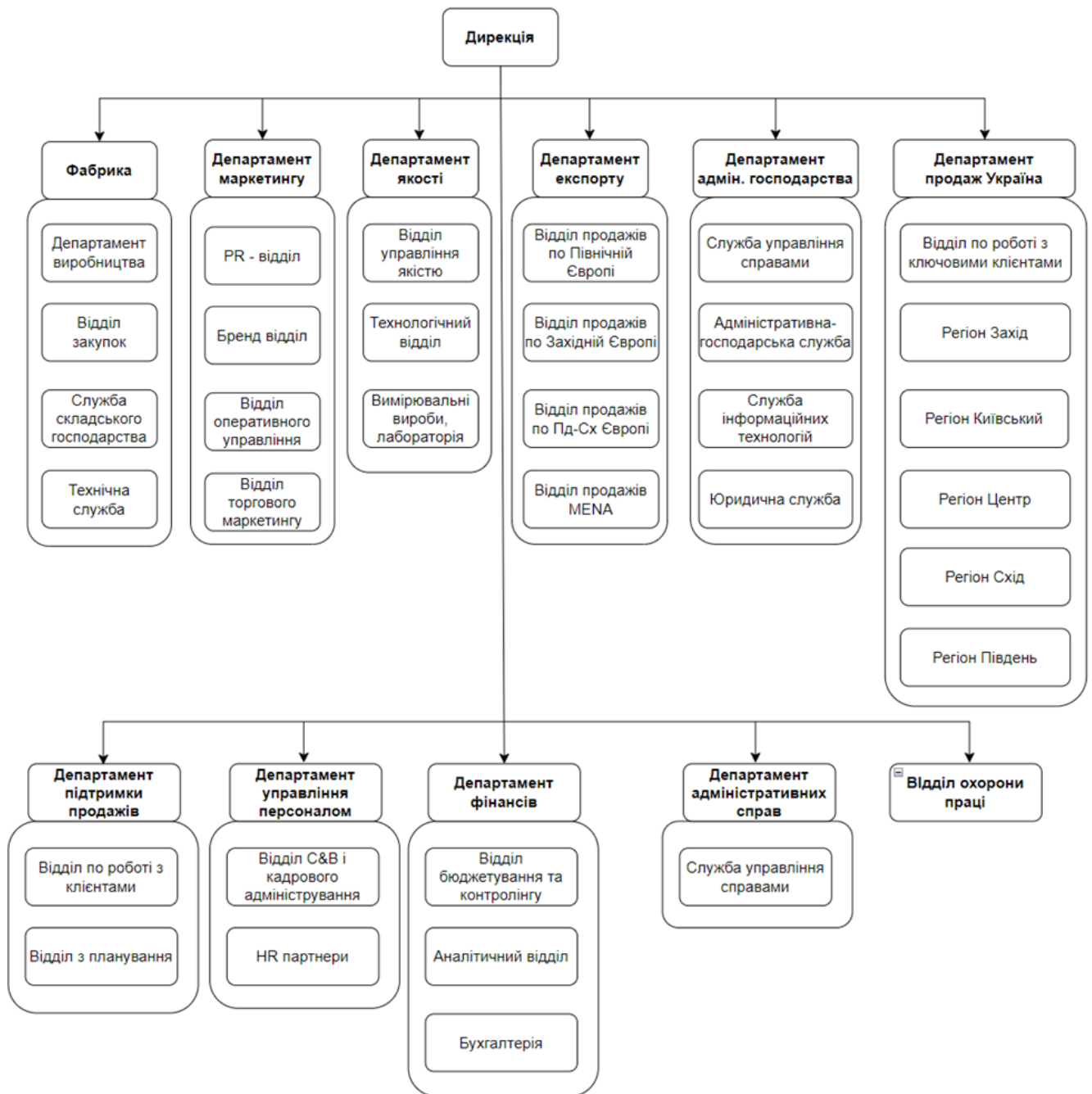
ТОВ «Євро Фуд Сервіс» є багатофункціональним підприємством із централізованою управлінською структурою. Головний офіс компанії та виробничі потужності розташовані в Україні, виробничі потужності в м. Біла Церква, Київської обл.

Організаційну структуру оператора ринку наведено на Рис. 1.8.

#### **Структура виробництва:**

*Департамент виробництва:* здійснює основні операції з виготовлення локшини швидкого приготування. Підрозділи департаменту:

- Відділ закупок: відповідає за постачання сировини та матеріалів.
- Служба складського господарства: забезпечує зберігання сировини та готової продукції.
- Технічна служба: обслуговує та модернізує виробниче обладнання.
- Фабрика: основний виробничий комплекс компанії, де здійснюється повний цикл виробництва — від змішування сировини до пакування готової продукції.



**Рисунок 1.8.** Організаційна структура ТОВ «Євро Фуд Сервіс»

Відповідальність за контроль якості несе *Департамент якості*, до складу якого входять:

- Відділ управління якістю: забезпечує відповідність стандартам FSSC 22000 і Halal.
- Технологічний відділ та лабораторії, які перевіряють безпечність та відповідність продукції.

*Департамент підтримки продажів* забезпечує роботу з клієнтами та планування обсягів продажів.

*Департамент управління персоналом* відповідає за навчання та ефективність працівників.

*Департамент фінансів* координує бюджетування та контроль витрат.

*Департамент експорту* – відділи продажів по країнах Європи та регіону MENA (Близький Схід і Північна Африка). Забезпечує інтеграцію міжнародних стандартів якості (FSSC 22000, Halal).

*Департамент продажів в Україні* відповідальний за співпрацю з ключовими клієнтами та регіональні продажі в Україні (Захід, Центр, Київський регіон, Південь, Схід).

*Інновації та технології*: використання PLC (програмованих логічних контролерів) для управління виробничими лініями, енкодерів, датчиків температури та тиску, ERP-система забезпечує оптимізацію процесів обліку, планування та контролю.

### **Впроваджені системи управління на ТОВ «Євро Фуд Сервіс».**

**Система управління якістю ISO 9001: 2015.** ТОВ «Євро Фуд Сервіс» впровадило міжнародний стандарт ISO 9001: 2015 для забезпечення стабільного рівня якості продукції. Основні принципи впровадження ISO 9001: 2015 включають:

- Стандартизацію всіх етапів виробництва — від постачання сировини до пакування готової продукції.
- Постійне вдосконалення процесів через моніторинг ключових показників ефективності (KPI).
- Регулярний внутрішній аудит для забезпечення відповідності міжнародним стандартам.

**Система безпечності харчових продуктів FSSC 22000** – це міжнародна система сертифікації, яка базується на стандартах ISO і спеціально адаптована для харчової промисловості. ТОВ «Євро Фуд Сервіс» впровадило FSSC 22000 для:

- Гарантії безпеки харчових продуктів на всіх етапах виробництва.
- Забезпечення повної простежуваності сировини та готової продукції.
- Забезпечення відповідності жорстким вимогам міжнародних покупців.

**Сертифікація Halal.** Для виходу на ринки країн Близького Сходу та інших регіонів із переважно мусульманським населенням, ТОВ «Євро Фуд Сервіс» впровадило сертифікацію Halal. Це забезпечує відповідність продукції релігійним і культурним вимогам та контроль сировини та виробничих процесів відповідно до принципів Halal.

Впровадження **ERP-системи** на ТОВ «Євро Фуд Сервіс» дозволило:

- Автоматизувати управління запасами сировини та готової продукції.
- Оптимізувати процеси планування виробництва.
- Забезпечити точність обліку та зниження втрат ресурсів.

Результати впровадження систем управління:

Підвищення продуктивності:

- Зростання обсягів виробництва на 12% через оптимізацію процесів.
- Зменшення простоїв обладнання на 20%.

Забезпечення безпеки харчових продуктів:

- Повна відповідність вимогам FSSC 22000.
- Сертифікація Halal дозволила розширити ринки збуту.

Зниження втрат:

- Скорочення кількості дефектної продукції на 8%.
- Зниження надлишкових запасів матеріалів і сировини на 15%.

ТОВ «Євро Фуд Сервіс» є одним із провідних операторів ринку, що успішно інтегрувало сучасні системи управління, такі як ISO 9001: 2015, FSSC 22000, Halal та використовує деякі інструменти LEAN-виробництва. Ці інструменти дозволили компанії досягти високого рівня якості продукції, зменшити втрати та підвищити продуктивність. Завдяки впровадженню цих стандартів і підходів підприємство стало більш конкурентоспроможним як на внутрішньому, так і на міжнародному ринках.

Однією з найважливіших умов ефективної діяльності виробничого підприємства є стабільне та якісне забезпечення виробничого процесу основними та допоміжними матеріалами. Особливо це актуально для підприємств харчової промисловості, де якість сировини має прямий вплив на безпечність та якість готової продукції.

#### **Аналіз сировинної бази та основних постачальників.**

В рамках цього дослідження було проведено аналіз структури сировинної бази та основних постачальників матеріалів підприємства ТОВ «Євро Фуд Сервіс», яке спеціалізується на виготовленні продуктів швидкого приготування під брендом Reeva. Для забезпечення якісного та стабільного виробництва компанія співпрацює з низкою постачальників, які умовно можна поділити на категорії за типом матеріалів, що постачаються.

**Таблиця 1.3.** Постачальники сировини та допоміжних матеріалів на ТОВ «Євро Фуд Сервіс»

Назва сировини та пакувальних матеріалів	Постачальник
пакувальні матеріали (плівки, картонні коробки)	<i>ТОВ «РОПАК»</i>
матеріали для рекламного оформлення та маркетингового просування	<i>ПП «СІТІАРТ РА»</i>
ПОС-матеріали	<i>ТОВ «Еней ТД»</i>
технічні матеріали та засоби для обслуговування і ремонту обладнання, витратні матеріали, інструменти	<i>ООО «ВІЮРТ-УКРАЇНА»</i>
системи миття та дезінфекції	<i>Акціонерне товариство «Макрохим»</i>
засоби для миття та дезінфекції	<i>ООО «А-МЕГА ТРЕЙД»</i>
соуси, спеції, приправи	<i>Exotic Food</i>
гострі соуси	<i>Хто Шеф</i>
борошно пшеничне	<i>Вінницький комбінат хлібопродуктів №2</i>
борошно пшеничне	<i>«Столичний млин»</i>
борошно пшеничне	<i>«Дніпромлин».</i>
борошно пшеничне	<i>«Рома»</i>
борошно пшеничне, вівсяна крупа, інші зернові та крупи	<i>«Зернарі»</i>

**Продовження Таблиці 1.3.**

борошно пшеничне, вівсяна крупа, інші зернові та крупи	«КиївМлин»
соняшникова олія	ТОВ «Кернел-Трейд»
соняшникова, ріпакова та соєва олія	ТОВ «Оліяр»
соняшникова та пальмова олія, маргарин	ТОВ «Дельта Вільмар Україна»
маргарин, майонези, кетчуп, соуси, гірчиця та соняшникова олія	ПрАТ «Запорізький оліяжиркомбінат»
лляна, гірчична, абрикосова, сливова, вишнева, виноградна, гарбузова олії	ТОВ «АВА»

Повний список продукції налічує близько 70 найменувань продукції під різними суббрендами. Основні з них:

- Локшина та вермішель швидкого приготування Reeva та Glads (60, 75, 80, 85 г у стакані та пакетах);
- Приправи універсальні Reeva та Idelia;
- Крем-супи швидкого приготування Reeva (15,5 та 17 г);
- Пюре картопляне швидкого приготування Reeva (40 та 60 г);
- Макаронні вироби (спіралі, вермішель, метелики та пера Reeva 400 г);
- Імпортовані товари (рисова локшина з різними смаками Discovery Glads).

**Висновки до розділу 1**

Проведений у першому розділі аналіз засвідчив, що виробництво локшини швидкого приготування в Україні перебуває в стані динамічного розвитку попри складні зовнішні обставини, зумовлені повномасштабною війною. Цей сегмент харчової промисловості демонструє високу адаптивність і стійкість до ризиків, що відкриває нові можливості як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках. Зростаючий попит на швидкі у приготуванні, недорогі та довготривало зберігальні продукти сприяє збереженню стратегічної ролі локшини в раціонах населення, зокрема в умовах гуманітарної кризи та перебоїв з енергопостачанням.

Аналіз світових тенденцій підтверджує позитивну динаміку розвитку ринку, де Україна має потенціал не лише як постачальник сировини, але й як експортер продуктів із високою доданою вартістю. Інноваційні підходи, орієнтація на здорове харчування та розширення асортименту, зокрема за рахунок безглютенних продуктів, є перспективними напрямками диверсифікації.

Водночас проблематика енергетичної нестабільності, інфляції, зростання логістичних витрат та порушення ланцюгів постачання сировини залишається критичною для стабільного функціонування підприємств. Особливу актуальність набуває забезпечення енергетичної автономності виробництва, оптимізація технологічних процесів та впровадження принципів ощадливого виробництва.

Запровадження LEAN-менеджменту та стандартів якості (ISO 9001: 2015, FSSC 22000, Halal), а також цифрових інструментів управління дозволяє підвищити ефективність підприємств, знизити втрати та забезпечити відповідність міжнародним вимогам. Практичні приклади успішного впровадження цих інструментів у вітчизняній та світовій харчовій промисловості демонструють значний потенціал інтеграції LEAN-інструментів у систему управління підприємствами.

Особлива увага в розділі приділена діяльності ТОВ «Євро Фуд Сервіс», яка є прикладом ефективної адаптації підприємства до сучасних викликів, зокрема шляхом впровадження комплексних систем управління якістю, автоматизації виробничих процесів та активної експансії на міжнародні ринки. Досвід цієї компанії є репрезентативним для галузі загалом і демонструє можливості нарощування конкурентних переваг шляхом цифровізації, сертифікації та впровадження сучасних управлінських підходів.

Таким чином, розділ сформував цілісне уявлення про сучасний стан, проблематику та перспективи розвитку виробництва локшини швидкого приготування в Україні, а також обґрунтував актуальність подальших досліджень, спрямованих на оптимізацію роботи підприємств у контексті енергетичних загроз, воєнних ризиків та глобальної конкуренції.

## РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1. Об'єкт та предмет досліджень

Об'єктом кваліфікаційної роботи виступає процес виробництва вермішелі швидкого приготування «Reeva зі смаком гострої курки». У сучасних умовах безперервної лінії виробництва вермішелі швидкого приготування основою є необхідність забезпечення стабільної та безперервної роботи лінії, навіть у кризові часи, зумовлені зовнішніми факторами, на які не можна вплинути та до роботи при яких необхідно адаптуватись, щоб вистояти.

Предметом кваліфікаційної роботи виступають заходи операційного вдосконалення виробничих процесів для виготовлення вермішелі швидкого приготування «Reeva зі смаком гострої курки», методи та інструменти фаз DMAIC у поєднанні з ІюТ-моніторингом для оптимізації ключових показників процесу (доступності лінії (Availability), комплексної ефективності (OEE), ефективності резервного живлення і втрат продукції внаслідок недоступності мережевої EE), а також вплив на залучені машини та апарати ТОВ «Євро Фуд Сервіс».

### 2.2. Методи досліджень

**Картування потоку створення цінності (Visual / Value Stream Mapping, VSM)** — це графічний метод, який відображає повний ланцюг руху матеріалів та інформації від моменту отримання сировини до відвантаження готової продукції споживачеві. На одній схемі фіксуються всі операції, їх тривалість, запаси між ними, маршрути документів і сигналів, що запускають процеси. Мета VSM — виявити та кількісно оцінити втрати (затримки, зайві запаси, подвійне транспортування, перевиробництво тощо), аби порівняти «Поточний стан» із бажаним «Майбутнім станом» і сформулювати план удосконалень. Метод належить до базових інструментів LEAN-підходу і застосовується як на виробничих, так і на сервісних процесах.

**Lean Six Sigma** об'єднує дві комплементарні філософії:

- **LEAN** зосереджений на потоці та усуненні всіх форм втрат, що не створюють цінності для клієнта, — затримки, надлишкові запаси, дефекти, зайві переміщення тощо.

- **Six Sigma** фокусується на зменшенні варіації та дефектності за допомогою статистичного контролю процесів і прийняття рішень на основі даних.

У тандемі вони реалізуються через цикл DMAIC (Define-Measure-Analyze-Improve-Control), стандартизований у ДСТУ ISO 13053-1:2016. Підхід дозволяє одночасно скорочувати цикл виконання, знижувати витрати й підвищувати стабільність якості до рівня  $\leq 3,4$  дефекта на мільйон можливостей (DPMO).

### **ІоТ-моніторинг (Industrial Internet of Things)**

ІоТ-моніторинг — це комплекс апаратно-програмних засобів, що інтегрують виробниче обладнання з мережею датчиків, контролерів та хмарних/локальних сервісів аналітики. Типова структура включає:

- польові сенсори (температура, струм, вібрація, витрата тощо) і «розумні» виконавчі механізми;
- промислові контролери та шлюзи (Modbus RTU/TCP, OPC UA, MQTT) для агрегації та передачі даних;
- аналітичні платформи й візуалізаційні панелі (SCADA, MES, хмарні dashboards) з функціями оповіщення, предиктивної діагностики та віддаленого керування.

Системи ІоТ забезпечують безперервний збір високочастотних даних, що дає змогу оперативно виявляти відхилення, оптимізувати техобслуговування (PdM) і створювати цифрові двійники процесів.

### **Оцінка загальної ефективності обладнання (Overall Equipment Effectiveness, OEE)**

OEE — інтегральний показник, який характеризує рівень використання виробничого ресурсу й обчислюється як добуток трьох компонентів:

$$\text{OEE} = \text{Доступність (Availability)} \times \text{Продуктивність (Performance)} \times \text{Якість (Quality)}$$

- **Доступність** відображає втрати через прості (планові й позапланові).
- **Продуктивність** враховує швидкісні втрати (робота нижче проектної тактової швидкості).
- **Якість** вимірює частку придатної продукції без браку.

Методика детально описана в ДСТУ ISO 22400-2 і використовується для аудиту виробничих ліній, пріоритизації заходів з удосконалення та відстеження ефективності впроваджених рішень у фазі Measure, Analyze DMAIC.

Фаза **Define** – формулювання проблеми, критичних до якості вимог та меж проекту, було розглянуто в підрозділі 1.1, а саме тенденції та актуальні проблеми галузі виробництва макаронних виробів. У підрозділі 3.1 побудовано карту поточного стану процесу виробництва вермішелі швидкого приготування «Reeva зі смаком гострої курки». Підрозділ 3.2 присвячений аналізу зацікавлених сторін та 3.3 визначенням межі проекту (Project Scope).

Фаза **Measure** – збір репрезентативних даних в яку увійшли підрозділи 4.3 де було досліджено поточних стан ефективності роботи обладнання лінії виробництва вермішелі швидкого приготування (OEE – аудит). У розділі 4.5 було розпочато збір даних методом архівування логів ПОТ-моніторингу за попередньо сформульованим вимогах у межах проекту.

Фаза **Analyze** – статистичний аналіз отриманих даних, визначено блоки наявності та відсутності електроенергії, проведений перехресний аналіз дійсних значень, визначені найважливіші ознаки для побудови майбутньої імітаційної моделі. Вибірки досліджені на варіативність, розподіл інструментами коробкової діаграми “із вусами”, гістограми, квантилі, кумулятивні та графіки емпіричної кумулятивної функції розподілу. Також джерела було класифіковано, на планові та позапланові (аварійні) відключення і відображено інструментами теплових матриць. Побудова візуального супроводу і дослідження були виконані за допомогою скриптів розроблених у середовищі розробки *Microsoft Visual Studio v1.98.0 (User Setup)* на мові програмування *Python*, а також допоміжних модулів бібліотек, таких як *Mathplotlib, Pandas, NumPy, Seaborn*. Цій фазі присвячений підрозділ 4.6.

Фаза **Improve** – було введено вимоги до імітаційної моделі в межах проєкту, підготовлено дані з 3 джерел, у середовищі розробки *Microsoft Visual Studio v1.98.0 (User Setup)* за допомогою мови програмування *Python* була розроблена імітаційна модель, в яку увійшли функції розрахунків на основі реального поточного стану показників потужності, ефективності виробництва із вагами (впливом) даних із джерел отриманих у попередніх фазах у межах проєкту. Таким чином у підрозділі 4.7 було створено інструмент для розроблення покращення в межах вимог стабільності роботи лінії і у середовищі виконання *Microsoft Visual Studio v1.98.0 (User Setup)*, *Python3 terminal* було проімітовано три варіанти рішень, на вже створеній математичній моделі, що дало змогу проаналізувати ефективність рішень і зробити ґрунтовні висновки на основі отриманих даних.

Фаза **Control** – передбачає розроблення заходів по контролю якості роботи прийнятого рішення у фазі *Analyze*, за допомогою середовища виконання *Microsoft Visual Studio v1.98.0 (User Setup)*, ftp/sftp клієнт *FileZilla v3.66.5*, клієнт підключення до бази даних sql *HeidiSql v12.10*, клієнт підключення до ПЛК *RainbowPlus v3.39.24*. Заходів покращень були розроблені із метою постійного вдосконалення, можливістю відпрацьовувати наступні ітерації, ця фаза представлена в підрозділі 5.3.

Таким чином наведені методи та інструменти дослідження та формулювання проблеми, постановки цілі, збору даних, їх різносторонній аналіз, розробка рішень покращення коефіцієнту стабільності та методу контролю результатів впровадження базуються на фундаментальних КПП виробничого підприємства безперервного циклу задля розробки заходів операційного вдосконалення безперервності роботи виробництва ТОВ «Євро Фуд Сервіс» у часи значної зовнішньої турбулентності і невизначеності.

### РОЗДІЛ 3. РОЗРОБЛЕННЯ ЗАХОДІВ ОПЕРАЦІЙНОГО ВДОСКОНАЛЕННЯ ВЕРМІШЕЛІ ШВИДКОГО ПРИГОТУВАННЯ «REEVA ЗІ СМАКОМ ГОСТРОЇ КУРКИ»

#### 3.1. Аналіз показників виробничої діяльності при виготовлення вермішелі швидкого приготування «Reeva зі смаком гострої курки»

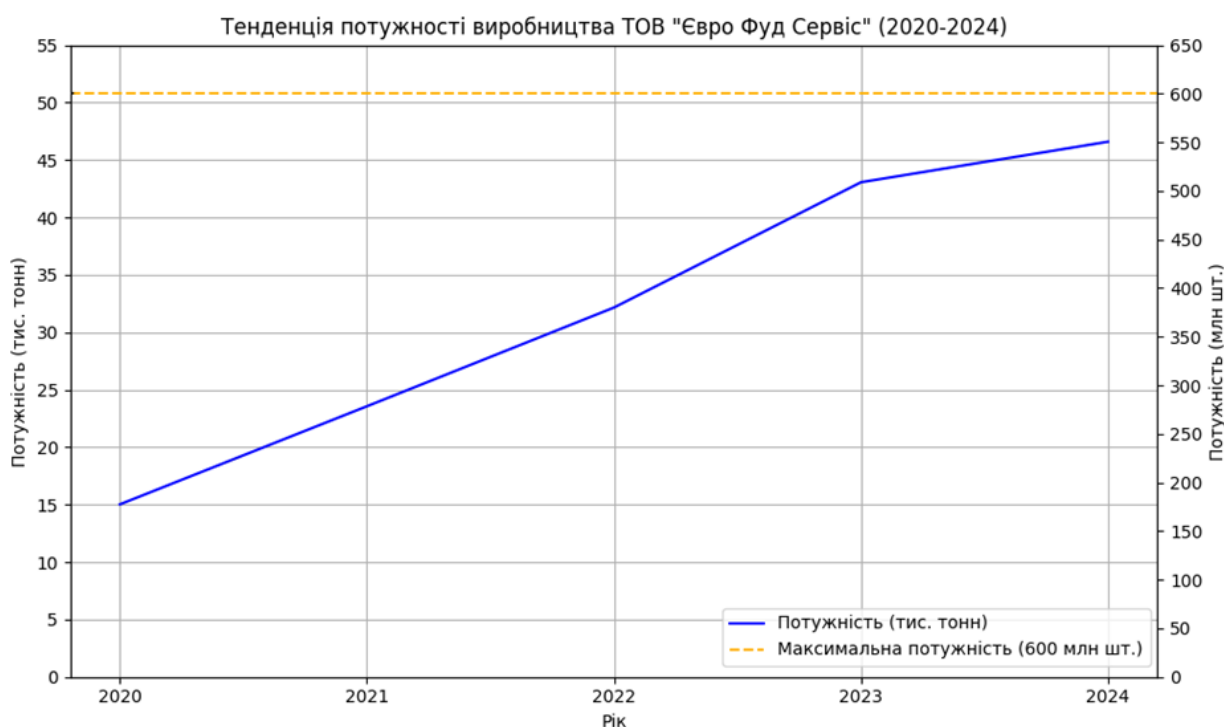
ТОВ «Євро Фуд Сервіс» є одним із ключових суб'єктів у сфері виробництва локшини швидкого приготування в Україні, забезпечуючи ринок продукцією під брендами Reeva, Idelia та Glads, а також експортуючи її до 40 країн. Аналіз показників виробничої діяльності підприємства за період 2020–2024 років дозволяє оцінити його економічну стійкість та адаптивність у складних умовах (Табл. 3.1), зумовлених воєнними діями, енергетичними кризами та макроекономічною нестабільністю.

За даними Табл. 3.1, обсяги виробництва ТОВ «Євро Фуд Сервіс» збільшилися з 15 026 тонн (176,8 млн порцій) у 2020 році до 46 589 тонн (548,1 млн порцій) у 2024-му — загалом на 210% за п'ять років. Найбільш інтенсивне зростання припало на 2021 рік (+56,8%) і 2022 рік (+36,5%), тоді як у 2023 році обсяги додали ще 33,9%. Спад у 2024 році на 8,2% порівняно з піком 2023-го пояснюється не відсутністю попиту, а тимчасовими зовнішніми факторами, зокрема нестабільним енергопостачанням і логістичними затримками.

**Таблиця 3.1.** Основні показники виробничої діяльності ТОВ «ЄВРО ФУД СЕРВІС»

Виробничі показники	2024	2023	2022	2021	2020
<b>Обсяг виробництва, тонн</b>	46 589	43 062	32 156	23 563	15 026
<b>Обсяг виробництва, млн шт.</b>	548,1	506,66	378,28	277,24	176,77
<b>Зростання обсягів з попереднім роком</b>	8,2%	33,9%	36,5%	56,8%	-
<b>Оціночна чисельність працівників</b>	457	477	491	429	-
<b>Коефіцієнт завантаження потужностей (від 2024р)</b>	91,3%	84,4%	63,1%	46,2%	29,5%

Ключовим драйвером такого динамічного зростання стало введення трьох нових виробничих ліній у 2021–2023 роках, що додало підприємству близько 8–12 000 тонн річної потужності на кожній стадії модернізації. Завдяки цим інвестиціям максимальна потужність підприємства зростає до 51 000 тонн на рік, а коефіцієнт її використання (завантаження) підвищується з 29,5% у 2020 році до 91,3% у 2024-му (Рис. 3.1). Наявний резерв потужності — близько 4 411 тонн (8,7%) — забезпечує оперативний буфер для покриття сезонних або кризових коливань без необхідності термінового розширення виробничої бази.

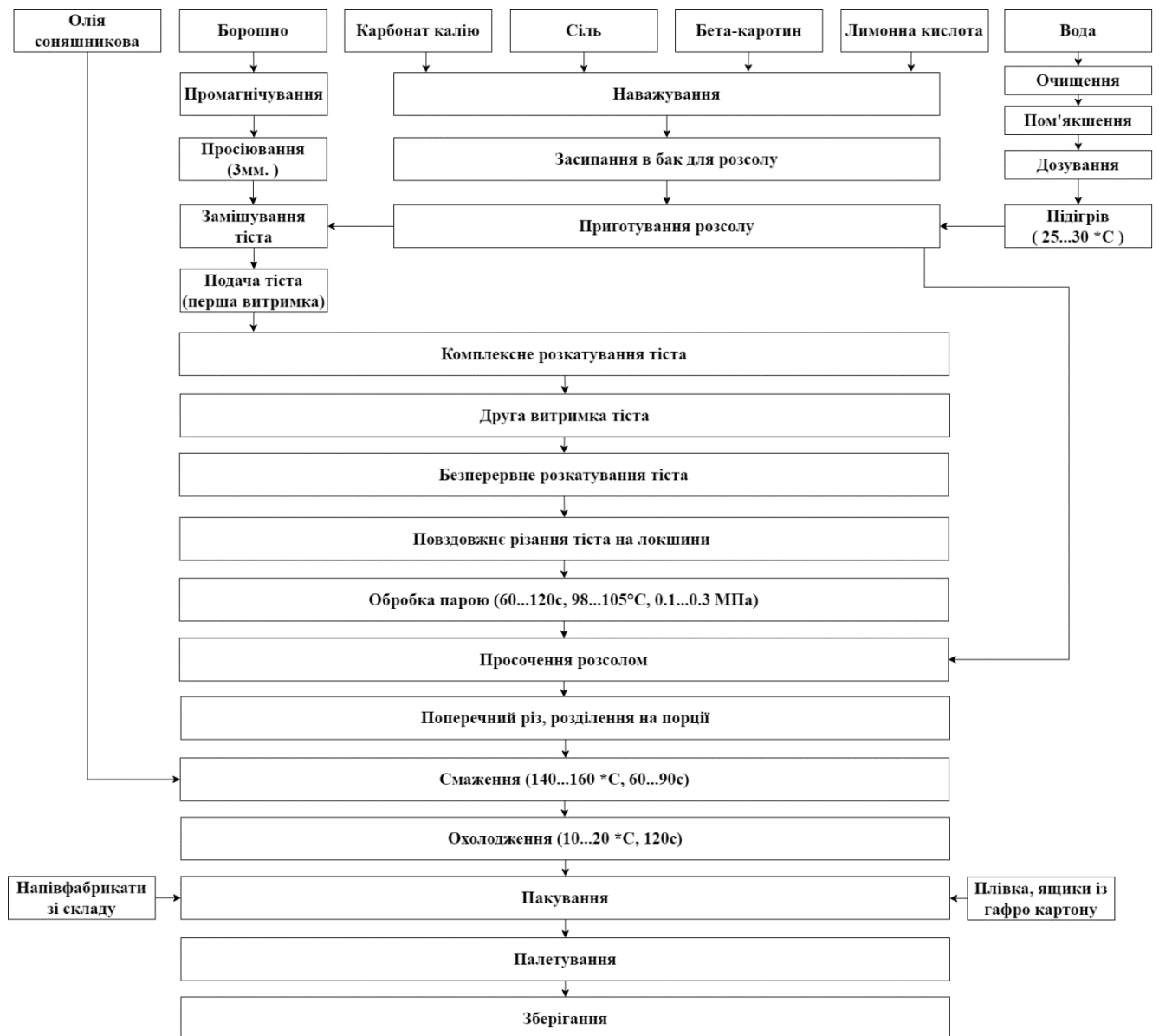


**Рисунок 3.1.** Тенденції обсягів виробництва ТОВ «ЄВРО ФУД СЕРВІС»

Накопичені результати свідчать про ефективність інвестиційної стратегії та можливості підприємства для подальшого зростання за умови стабілізації енергопостачання та логістики. Підвищений рівень завантаження ліній, наявність невеликого резерву потужності та вдала реалізація трьох нових виробничих ліній дають підстави говорити про високу адаптивність ТОВ «Євро Фуд Сервіс» і його готовність реагувати на нові виклики та нарощувати експортні поставки готової продукції.

Виробництво вермішелі швидкого приготування зі смаком гострої курки Reeva — це складний технологічний процес, який поєднує автоматизоване обладнання та суворий контроль якості.

Процес починається з подачі пшеничного борошна у виробничу лінію (Рис. 3.2). Борошно проходить через автоматизовану систему транспортування борошна, яка постачає його з великих бункерів до станції просіювання.



**Рисунок 3.2.** Принципово-технологічна схема виготовлення вермішелі швидкого приготування зі смаком гострої курки Reeva

Просіювальна машина видаляє домішки, забезпечуючи якість сировини. Далі автоматизована система дозування точно відміряє необхідну кількість борошна, додаючи його в індустріальний змішувач.

Для отримання правильної текстури додається підготовлений лужний розчин, що виготовляється у системі дозування та контролю розсолу. Цей розчин містить воду, сіль і необхідні мінерали, що сприяють формуванню ідеальної структури локшини. Автоматизована змішувальна машина забезпечує рівномірне перемішування інгредієнтів до отримання еластичного тіста.

Після змішування тісто автоматично транспортується конвеєром до камери першої витримки, де воно відпочиває, рівномірно поглинаючи вологу. Далі його подають до комплексної системи розкачування, що складається з кількох пар валкових машин. Вони поступово розкочують тісто до необхідної товщини, надаючи йому однорідну текстуру.

Розкачане тісто транспортується до автоматичних різальних машин, які нарізають його на рівні смужки потрібної довжини та ширини. У цей момент формується майбутня структура вермішелі. В залежності від рецептури та виду продукції, настроювані різальні блоки забезпечують правильну форму ниток локшини.

Після нарізання локшина направляється на конвеєр парового варіння, де проходить інтенсивну обробку парою. Паровий тунель працює при контрольованій температурі, що дозволяє локшині стабілізуватися та отримати пружну текстуру. Після цього вона подається на швидке охолодження.

Для видалення зайвої вологи локшину піддають процесу смаження у фритюрній системі безперервного циклу. У цьому етапі використовується автоматизована лінія фритюрниць, що працює при високих температурах. Гаряча олія миттєво випаровує вологу, роблячи вермішель хрусткою та легкою.

Після смаження продукт транспортується до охолоджувальної секції, де під потоком контрольованого повітря локшина стабілізується перед пакуванням. Після цього кожен блок локшини проходить через автоматичну систему контролю якості, де перевіряється форма, розмір та консистенція.

Попри високу автоматизацію виробництва, етап пакування все ще передбачає велику кількість неавтоматизованих операцій. На першому етапі автоматична пакувальна машина Bosch Packaging розміщує локшину в

індивідуальні поліетиленові пакети. Вбудована система зважування забезпечує відповідність маси кожної порції встановленим стандартам. На цьому ж етапі спеціальні дозатори додають пакетики зі спеціями та олією, які формуються на окремій лінії дозування. Автоматичні запаювальні модулі герметично закривають упаковку.

Маркувальна система наносить інформацію про дату виробництва, термін придатності та партійний номер, після чого продукція переходить до наступного етапу. Запаковані індивідуальні порції локшини передаються на ручну лінію укладання у коробки. 20 операторів формують картонні коробки, заповнюючи їх стандартною кількістю пачок (60 штук у коробці). Після цього коробки передаються на палетування, 4 робітники палетувальники, формують палети по 8 коробок 4\*2 у 7 шарів, із 56 коробок (3360шт), обгортаючи стрейч плівкою, для стабільності. Далі вилковий навантажувач, який керується оператором-водієм, відвозить готову палету на склад готової продукції, де розміщуються відповідно до принципу FIFO (First In, First Out).

На складі готової продукції використовується автоматизована система управління запасами, що допомагає швидко відстежувати продукцію за датою виготовлення та партійним номером.

**Таблиця 3.2.** Тривалість виконання окремих технологічних операцій процесу виробництва вермішелі швидкого приготування “Reeva зі смаком гострої курки”

Операція	Опис	Тривалість, с.
Просіювання та зважування борошна	Підготовка борошна до замішування, видалення домішок	90
Змішування борошна	Змішування борошна з розсолем до потрібної консистенції	160
Подача (перша витримка)	Витримка тіста для рівномірного поглинання вологи	60
Комплексне розкачування тіста	Розкачування тіста через валкові групи	22
Друга витримка	Додаткова витримка для еластичності	15
Безперервне розкачування тіста	Розкатування тіста до тонкого шару	20
Різання локшини	Автоматичне нарізання на смужки	10

## Продовження Таблиці 3.2.

Обробка парю	Термічна обробка локшини у паровому апараті	90
Нарізання та розділення	Формування порцій локшини	10
Смаження	Смаження для видалення залишкової вологи	75
Охолодження	Охолодження локшини перед пакуванням	90
Перевірка пачок та Відбракування	Металодетекція, Зважування, Перевірка герметичності та зовнішнього вигляду пачок проводиться вручну	20
Ручне пакування у коробки	Коробки формуються ручним способом, пачки завантажуються у коробки операторами.	99
Передача коробок на палетування	Заповнені коробки, перевіряються, маркуються передаються на палетування.	15
Ручне палетування	Коробки завантажуються на палети вручну операторами.	20
Транспортування на склад	Палети переносяться на склад за допомогою вилличних навантажувачів	25
Складування на складі	Палети розташовуються на складі за принципом FIFO	15

Для розуміння поточного стану потоку створення цінності для клієнта використаємо метод Visual Stream Mapping або **карту поточного стану створення цінності** (Додаток А).

Загальний час виробництва вермішелі швидкого приготування планово “Reeva зі смаком гострої курки” від початку подачі борошна та сухих сумішей для замішування тіста (за роботи), до закінчення переміщення першої палети на склад Tlead – 836с, фактично Tlead fact=971с.

Розрахуємо час такту та час циклу :

$$T_{takt} = \frac{\text{запланований робочий час}}{\text{попит клієнта}} = \frac{31\,104\,000 \text{ сек}}{125\,000\,000 \text{ шт}} = 0,2488 \text{ с}$$

$$T_{cycle} = \frac{\text{фактичний час}}{\text{попит клієнта}} = \frac{31\,104\,000 \text{ сек}}{107\,551\,800 \text{ шт}} = 0,2892 \text{ с}$$

За стабільних умов процес виробництва вермішелі швидкого приготування “Reeva зі смаком гострої курки” є стабільним, синхронізованим виробничим циклом, час циклу (Tcycle) і задовольняє (Ttakt), що добре наближено до попиту споживача і не викликає перевиробництва. Високий відсоток ціннісних процесів

(VA) у повному часі проходження продукту за початку виробництва до можливості відвантаження Tlead, вказує високі показники узгодженості між процесами.

Аналіз викликів поточної виробничої діяльності ТОВ «Євро Фуд Сервіс». На основі проведеного аналізу можна стверджувати, що за умов стабільного енергопостачання виробництво вермішелі швидкого приготування ТОВ «Євро Фуд Сервіс» функціонує злагоджено, ритмічно й ефективно. Підприємство забезпечує випуск 29,64 палет продукції на зміну (99 585 штук). Попри те що внутрішні процеси узгоджені, цикл виготовлення однієї палети становить 971 секунд, що на 14% менше ніж ідеальний час 836с. Рівень узгодженості між виробничими дільницями, пакуванням і складуванням забезпечує недостатню відповідність обсягам попиту, а виявлений резерв потужностей свідчить про необхідність підприємства масштабувати виробництво під зростаючий попит.

У нестабільному зовнішньому середовищі, особливо в умовах аварійних чи планових відключень електроенергії, ефективність виробництва значно знижується. Основною проблемою є не лише сам факт знеструмлення, а й його непередбачуваність та відсутність синхронізації із графіками стабілізаційних відключень. Навіть короткострокове вимкнення електроенергії несе ризики повної зупинки циклічності процесу виробництва.

Вплив і втрати спричинені відсутністю електроенергії для підприємства корелює із частотою відключень і тривалістю цих відключень і потребує подальшого для ТОВ «Євро Фуд Сервіс».

Для ТОВ «Євро Фуд Сервіс» важливим фактором є тривалість відключення. У разі якщо воно триває до 3 хвилин ( $t_{\text{critical}} > 180\text{с}$ ), і при цьому не спричиняє технічних збоїв, виробнича лінія здатна повернутись до стабільного режиму роботи, без повторного запуску всього циклу. Втрати часу в цьому випадку є мінімальними. Проте перерва понад 3 хвилини вже потребує огляду, діагностики й переналаштування ключових вузлів перед запуском. Це пов'язано із ризиком втрати однорідності тіста, коливання температури у фритюрному обладнанні, розбалансуванням ліній автоматики.

Крім того, при тривалому знеструмленні виникає необхідність очищення лінії та повного відбракування продукції, яка в момент зупинки перебувала на проміжних стадіях обробки, а це до 307,5кг тіста (232,5кг борошна, 70л води, 7кг сухих інгредієнтів(далі сух. інгр.)) і тільки 135,5кг початкового тіста (102,5кг борошна, 30л води, 3кг сухих інгредієнтів сух. інгр.), що пройшли попередні етапи обробки і перетворені на 2,7к шт продукції, тільки частина із яких встигла пройти етап пакувального автомату. Серед втрат, наприклад:

- продукція на етапі пропарювання охолодження втрачає контрольовані технологічні параметри (вологість, структура) й також підлягає утилізації (потенційні 670шт; 54кг тіста = 41кг борошна + 12л води + 1кг сух. інгр.);

- локшина у фритюрі, яка не завершила термічну обробку, не може бути використана й має бути вилучена з виробничого потоку (потенційні 864шт; 96кг тіста = 72,3кг борошна + 21,7л води + 2кг сух. інгр.);

- на етапі охолодження втрачає контрольовані технологічні параметри (вологість, структура) й також підлягає утилізації (потенційні 423шт; 45кг тіста = 33,9кг борошна + 10,1л води + 1кг сух. інгр.);

- відновити однорідність і рівномірність технологічного процесу після такої зупинки практично неможливо без повного очищення та перезапуску, що створює втрати не лише часу, а й сировини.

**Таблиця 3.3.** Алгоритм дій при холодному старті

Етап	Орієнтовний час, с	Примітка
Перевірка готовності обладнання	180	Стани машин, електрики, механіки
Прогрів електронагрівачів, фритюрниці тощо	1 200	До робочої температури
Промивка змішувача та гідросистем	300	Особливо після тривалої зупинки
Котрольний запуск (порожній)	120	Перевірка ходу без тіста
Повторне завантаження інгредієнтів згідно рецептури	300	При повторному запуску, холодний старт
РАЗОМ	2 100	

Особливе значення має розгінна фаза (Setup Time) виробництва після зупинки та запуску із холодного старту, вона триває в середньому 2 100 секунд (35 хвилин) (Табл 3.3). Це той час, який потрібен на відновлення роботи всієї лінії від моменту підготовчих заходів до виходу першої упакованої палети. Повторне проходження цього етапу після незапланованого зупинення суттєво знижує фактичну продуктивність зміни.

Варто також відзначити, що у кожному п'ятому випадку (20%) непередбаченого (аварійного) знеструмлення фіксуються додаткові поломки обладнання. Це ще більше порушує ритмічність виробництва, знижує ефективність використання змінного часу та створює ризик зриву строків постачання продукції до дистриб'ютора. В умовах високої конкуренції на ринку та коротких термінів зберігання продукту це є критичним ризиком.

Таким чином, попри високий рівень організації виробничого циклу в стабільному середовищі, енергетична вразливість, недосконалість резервного живлення, потреба в очищенні й повторному налаштуванні лінії, а також загроза поломок — залишаються основними викликами для підприємства.

Для комплексної оцінки впливу цих факторів на експлуатаційну ефективність, буде проведено поглиблений аналіз технологічних, експлуатаційних і виробничих параметрів технологічних комплексів у відповідному розділі.

### **3.2. Формування проблем та аналіз вимог зацікавлених сторін**

На основі аналізу технологічного процесу виробництва вермішелі швидкого приготування «Reeva зі смаком гострої курки», що знаходиться у розділі 4, можна зробити висновок, що в умовах стабільного енергопостачання підприємство ТОВ «Євро Фуд Сервіс» демонструє високий рівень ефективності, гнучкості та адаптивності. Однак у реальному контексті, спричиненому війною в Україні, ключовим дестабілізуючим фактором стає непередбачуваність і тривалість відключень електроенергії. Всі проведені розрахунки у попередніх підрозділах виконані на базі умов безперервного енергопостачання, що свідомо

є абстракцією від сучасних викликів і не враховує потенційних втрат, які можуть виникати внаслідок перерв у роботі лінії.

У зв'язку з цим керівництвом підприємства була сформульована дослідницька задача – моделювання впливу аварійних та планових відключень електроенергії на основні показники ефективності, зокрема на обсяг втраченої продукції, рівень доступності обладнання (Availability), загальну ефективність обладнання (OEE), фінансові втрати внаслідок браку та зупинок, а також загальний вплив на ключові показники продуктивності та виконання зобов'язань перед дистриб'юторами. Особливої актуальності набуває необхідність розробки імітаційних моделей, які дозволять змоделювати роботу виробництва в умовах відключень електроенергії.

Крім того, важливо враховувати вимоги зацікавлених сторін, серед яких ключовими є:

- Керівництво підприємства, яке зацікавлене у зниженні ризиків зриву постачання та збереженні контрактної дисципліни в експортних поставках;

- Технічний рівень — вивчення впливу тривалості та частоти відключень на ключові показники роботи обладнання та процесів;

- Технологічний рівень — моделювання імітаційних сценаріїв трьох найчастіших сценаріїв відключень та оцінка втрат сировини, часу та продукції;

- Організаційний рівень — формування протоколів дій, оцінка ефективності резервного запуску, потреба у SMED-рішеннях і резервних джерелах живлення;

- Економічний рівень — розрахунок втрат у натуральному (кількість бракованої/втраченої продукції) та вартісному (собівартість, недоотриманий дохід) вимірах.

Дослідження також виявило критичні вразливості, пов'язані з енергетичною нестабільністю, що є наслідком війни та системних атак на інфраструктуру. Найбільші ризики виникають при зупинці виробничого процесу через раптові або тривалі відключення електроенергії. У таких випадках спостерігається необхідність повного перезапуску лінії, повторного налаштування обладнання, очищення систем і утилізації непридатної продукції. Зокрема, «холодний старт» виробництва після простою триває в середньому

понад 30 хвилин, що суттєво впливає на фактичну продуктивність зміни та спричиняє додаткові втрати.

Таким чином, наступні розділи дослідження будуть зосереджені на формуванні моделі врахування впливу енергетичних збоїв, оцінці кількісних та економічних втрат, а також розробці пропозицій щодо впровадження технічних, організаційних та цифрових рішень для мінімізації впливу зовнішніх загроз. Особливу увагу буде приділено тому, як ці впливи змінюють загальну ефективність обладнання (ОЕЕ), параметри часу циклу, відсоток браку та ресурсне навантаження на персонал і логістичні операції.

### **3.3. Визначення межі проєкту (Project Scope) «Стійкість 4.0» (D)**

У рамках цього проєкту буде досліджено вплив аварійних та планових відключень електроенергії на виробничу ефективність лінії виготовлення вермішелі швидкого приготування «Reeva зі смаком гострої курки» на ТОВ «Євро Фуд Сервіс». Дослідження охоплює всі ключові етапи виробництва від змішування тіста до пакування та складування готової продукції – з фокусом на кількісні та економічні втрати, викликані зупинкою технологічного процесу через нестабільне енергопостачання мережі. В рамках етапу визначення проблем було визначено: започаткувати проєкт під кодовою назвою «Стійкість 4.0» і визначити його межі, згідно методології DMAIC.

В межах проєкту особливу увагу буде приділено моделюванню втрат продукції та ефективності виробничого обладнання (ОЕЕ) у трьох сценаріях тривалості відключення: короткостроковий (100 год/рік), середньої тривалості на рік (300 год/рік) та тривале (600 год/рік), а також оцінці ефективності трьох варіантів реагування (пасивне (без дій), швидке рішення, складне рішення (повний резерв і швидка реакція)).

Проєкт передбачає:

- розробку моделей втрат: кількісну та економічну;
- аналіз технологічних збоїв, що виникають при порушенні живлення, вплив на ефективність роботи обладнання;
- визначення найбільш оптимального алгоритму реагування (SOP);

- формування рекомендацій щодо контролю і превентивних заходів, мінімізації втрат та відновлення роботи лінії.

Назва Проєкту	Стійкість 4.0	Керівник Проєкту	Головний технолог / Інженер АСК ТП		Спонсори Проєкту	ТОВ «Сваро Фуд Сервіс»
Опис Проєкту	У межах цього проєкту буде розглянуто вплив аварійних та планових відключень електроенергії на виробничу ефективність лінії виготовлення вермішелі швидкого приготування «Reevo зі смаком гострої курки» на ТОВ «Сваро Фуд Сервіс». Аналіз охоплює всі етапи виробництва — від підготовки сировини до пакування і складування готової продукції, з фокусом на втрати продуктивності, кількості та економічні втрати, які виникають через перебої з енергопостачанням.					
Визначення Проблеми			Задачі Проєкту			
<p>Відсутність системної адаптації виробництва до аварійного відключення Електроенергії, що створює ризики зриву постачання та втрат продукції, втрати ефективності роботи обладнання (OEE).</p> <p>Усі наявні розрахунки виробничої діяльності та ефективності OEE, випуску зроблені без урахування впливу нестабільного електропостачання.</p> <p>Зупинки понад 3 хв призводять до відбраковки частини продукції, втрати в камері фритюру, втрати часу на чистку та запуск, і в 20% випадків – до поломок.</p> <p>Ці втрати не обліковані у фінансових звітах, проте мають суттєвий вплив на час циклу та втрати як кількісні так і економічні.</p>			<p><b>Розробити:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• моделі впливу різних сценаріїв тривалості та частоти відсутності Електроенергії (короткий 100г/рік, середній 300г/рік, тривалий 600г/рік);</li> <li>• кількісну та економічну оцінку втрат при кожному з них;</li> <li>• три сценарії реагування (пасивний, швидке рішення, складне рішення(повний резерв і швидка реакція)) та порівняння їх ефективності;</li> <li>• рекомендації щодо впровадження алгоритмів дій при кожному типі знеструмлення;</li> <li>• рекомендації, щодо контролю</li> </ul> <p><b>SMART-мета:</b> зменшити втрати продукції на <math>\geq 50\%</math>, при відключеннях, зберігши рівень якості, поточний коефіцієнт OEE та контракти з дистриб'юторами.</p>			
Поза межами Проєкту						
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Проєкт не включає юридичну або тендерну процедуру закупівлі обладнання</li> </ul>						
Команда Учасників	Ролі	Час (г)	Терміни Проєкту		Ризики та Обмеження	
Консультант Six Sigmas	аудиторський Lead-координатор або зовнішній фахівець		Дата	Ціль	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Обмеження у зборі даних: не всі дані щодо відключень енергії або втрат можуть бути задокументовані або доступні у цифровому вигляді</li> <li>• Нестабільність зовнішніх факторів: непередбачувані графіки знеструмлень унеможливають повну стандартизацію реагування</li> <li>• Відсутність MES/MOM-систем: автоматичне OEE-моніторинг відсутній, розрахунки виконуються вручну.</li> <li>• Обмежений час та ресурси на імітаційне моделювання: складність у побудові достовірної моделі без фактичних замірів споживання потужностей вузлами</li> <li>• Обмеження у впровадженні рішень: реалізація часткового або повного резервування залежить від бюджету підприємства та готовності керівництва до інвестицій</li> <li>• Фізичні обмеження обладнання: частина машин може не підтримувати гарячий запуск або повний цикл відновлення без втрати продукту</li> </ul>	
Технолог	виконавець		Квітень 2024	початок збору даних		
Економіст	виконавець		Квітень 2025	формування сценаріїв та введення в моделі		
Інженер-енергетик	виконавець		Травень 2025	імітаційне моделювання втрат та OEE при знеструмленні		
Начальник зміни	виконавець		Червень 2025	розрахунок економічного ефекту, пропозиції впровадження		
Data-Аналітик	формування моделей втрат і ефективності		Липень 2025	рекомендації, фінальний звіт		
Оператори лінії	беруть участь у розробці SOP та сценаріїв поведінки					

**Рисунок 3.3. Межі Проєкту (Project Scope) «Стійкість 4.0» (Додаток Б)**

У межах проєкту (Within Scope):

- Виробнича лінія «Reeva зі смаком гострої курки»;
- Усі технологічні етапи: змішування, формування, термообробка, смаження, охолодження, пакування;
- Оцінка кількісних та економічних втрат при різних сценаріях знеструмлення;
- Розробка сценаріїв реагування та оцінка їх окупності;
- Рекомендації щодо формалізації SOP та покращення стійкості процесів.

Поза межами проєкту (Out of Scope):

- Виробництво іншої продукції (Glads, Idelia та ін.);
- Закупівля та встановлення резервного енергетичного обладнання;
- Впровадження MES/MOM-систем;

- Реконструкція або технічна модернізація лінії;
- Аналіз складування, логістики чи суміжних виробничих дільниць;
- Юридичні та тендерні процедури.

Таким чином було сформульовано документ «Межі Проєкту «Стійкість 4.0»», детально із яким можна ознайомитись у Додатку Б.

### **3.4. Заходи операційного вдосконалення**

У межах реалізації дослідницького проєкту «Стійкість 4.0» були сформульовані цільові заходи операційного вдосконалення, спрямовані на підвищення ефективності та безперервності роботи виробничої лінії виготовлення вермішелі швидкого приготування в умовах нестабільного енергопостачання. Зазначені заходи відповідають структурі DMAIC-підходу і реалізуються як частина фази Improve.

Проєкт передбачає впровадження комплексу аналітичних та організаційних рішень, зокрема:

- Розробку моделей втрат, що охоплюють як кількісні (втрата продукції у штуках та кілограмах), так і економічні показники (втрати у грошовому еквіваленті) залежно від тривалості, частоти та типу знеструмлень;

- Аналіз технологічних збоїв, які виникають внаслідок порушень живлення, а також їх впливу на ключові параметри ефективності обладнання (доступність, продуктивність, якість, загальний OEE);

- Визначення оптимального алгоритму реагування (SOP – Standard Operating Procedure), що охоплює сценарії дій персоналу у випадку виникнення позапланових відключень електроенергії, в тому числі з урахуванням типу резервного джерела живлення;

- Формування рекомендацій щодо впровадження систем контролю та превентивних заходів, які спрямовані на мінімізацію втрат, скорочення часу простоїв та оперативне відновлення роботи лінії після відключення.

Сформульовані заходи операційного вдосконалення мають практичну спрямованість і можуть бути впроваджені як у межах ТОВ «Євро Фуд Сервіс», так і на аналогічних підприємствах харчової галузі.

Деталізовану структуру заходів, а також супровідні рекомендації наведено у Додатку Б.

### **Висновки до розділу 3**

У третьому розділі було здійснено поглиблений аналіз виробничих процесів виготовлення вермішелі швидкого приготування «Reeva зі смаком гострої курки» на підприємстві ТОВ «Євро Фуд Сервіс» із фокусом на поточну ефективність технологічного ланцюга та ризики, спричинені нестабільним енергопостачанням. Узагальнені результати демонструють високий рівень автоматизації, синхронізації та організаційної узгодженості процесів, що дозволяє забезпечувати ритмічне та масштабоване виробництво в умовах стабільної роботи електромережі.

Протягом 2020–2024 років підприємство продемонструвало значне зростання обсягів виробництва, що стало можливим завдяки інвестиціям у нові виробничі лінії та підвищенню рівня використання потужностей. Виробнича лінія локшини «Reeva» досягла показників, які дозволяють не лише задовольняти внутрішній попит, але й активно працювати на експорт. У стабільних умовах фактичний час циклу перебуває в межах допустимого такту виробництва, забезпечуючи збалансовану логістику, мінімальні втрати та високу частку ціннісних операцій у загальному часі виробництва.

Було започатковано дослідницький проєкт «Стійкість 4.0», в якому окреслено межі аналізу втрат, визначено ключові етапи технологічного процесу для оцінки в умовах відключень та окреслено сценарії адаптивного реагування на рівні організації, технологій та економіки. Особлива увага приділяється обґрунтуванню необхідності імітаційного моделювання впливу енергетичних відключень на ОЕЕ, визначення кількісних втрат та фінансову результативність.

Таким чином, третій розділ заклав підґрунтя для формування стратегії операційного вдосконалення, в якій пріоритетними є не лише оптимізація технологічного процесу в стабільному режимі, а й підвищення стійкості до зовнішніх енергетичних загроз, забезпечення безперервності виробництва та зниження ризику зриву зобов'язань перед партнерами. Це визначає подальший

вектор дослідження у напрямку інтеграції методології Lean Six Sigma, імітаційного моделювання та розробки протоколів швидкого реагування для забезпечення адаптивної ефективності виробництва в умовах воєнного часу.

## **РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ, ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ І ВИРОБНИЧИХ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ ТА РОЗРОБЛЕННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ З ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТОВ«ЄВРО ФУД СЕРВІС»**

### **4.1. Опис апаратурно-технологічної схеми виготовлення вермішелі швидкого приготування «Reeva зі смаком гострої курки»**

Технологічний комплекс є серцем виробничої діяльності ТОВ «Євро Фуд Сервіс», забезпечуючи високоякісне виготовлення макаронних виробів у відповідності до сучасних стандартів харчової промисловості (ДСТУ 7043:2020), стандартів якості ISO 9001:2015 та безпечності харчової продукції ISO 22000 / FSSC 22000, Halal. Цей комплекс устаткування розроблений для автоматизації ключових етапів виробництва – від підготовки сировини до пакування готової продукції, що дозволяє підприємству досягати стабільної продуктивності, оптимізувати витрати ресурсів і підтримувати конкурентоспроможність на ринку. Потоківі лінії спроектовані з урахуванням потреб безперервного технологічного циклу, де кожна одиниця обладнання виконує чітко визначену функцію, гармонійно інтегруючись у загальний процес.

На ТОВ «Євро Фуд Сервіс» особлива увага приділяється ефективності та надійності технологічного обладнання, що працює в умовах високого енергоспоживання – понад 300 кВт – і потребує точного забезпечення ресурсами, такими як вода, пара та стиснене повітря. Використання сучасних автоматизованих систем дозволяє не лише підвищувати якість продукції, але й мінімізувати людський фактор, знижуючи ризик помилок і забезпечуючи стабільність виробництва. У цьому розділі розглядаються основні типи обладнання, принципи роботи потоківі ліній, їхня взаємодія з інженерними системами підприємства, підходи до технічного обслуговування й модернізації. Підприємство прагне до інновацій, підвищення продуктивності та створення продукту, який відповідає очікуванням споживачів і вимогам екологічної відповідальності.

Характеристика обладнання, що використовується для виробництва локшини швидкого приготування наведена в Таблиці 4.1.

**Таблиця 4.1.** Характеристика основного обладнання

пор.№*1	№ *2	Найменування обладнання	Марка	К-сть	Габарити
1	17	Ваговий дозатор	Broadyea FM530-1	1	1500x650x570
2	18	Ємність дозатор	Broadyea FM530-2	1	330x250x405
3	19	Вузол попереднього змішування	Broadyea FM530-3	1	420x270x120
4	20	Витратомір розсолу	Broadyea FM530-4	1	400x390x160
5	21	Тістомісильна машина безперервної дії	Broadyea FM530-5	1	3000x1500x1200
6		Розвантажувальна заслінка	Broadyea FM530-6	1	600x540x560
7	22	Розсільний бак	Broadyea FM530-7	1	1700x900x530
8	23	Розподільча тарілка	Broadyea FM530-8	1	1500x1500x470
9	24	Тісторозкатувальний блок	Broadyea FM530-9	1	6000x2000x1600
10	25	Ніж поздовжньої різки	Broadyea FM530-10	1	100x2000x100
11	26	Камера пропарювання	Broadyea FM530-11	1	4700x2000x1640
12	29	Сітчастий транспортер	Broadyea FM530-12	1	2200x1700x1100
13	30	Дозуючий ніж	Broadyea FM530-13	1	1700x900x530
14	31	Зворушувач	Broadyea FM530-14	1	1300x2000x470
15	32	Осередковий транспортер фритюру	Broadyea FM530-15	1	2700x1100x2000
16	33	Фритюрна камера	Broadyea FM530-16	1	6000x2200x1100
17	34	Фільтр грубого очищення	Broadyea FM530-17	1	1670x1100x600
18	36	Камера охолодження	Broadyea FM530-18	1	4200x2000x1630

## Продовження Таблиці 4.1.

19	37	Сітка розподілу	Broadyea FM530-19	1	1700x900x530
20	38	Роботи- укладчики напівфабрикатів	Broadyea FM530-20	1	2200x670x435
21	39	Інспекційна камера	Broadyea FM530-21	1	1500x400x500
22	40	Пакувальний автомат	Broadyea FM530-22	1	19300x900x530
23	41	Камера металодетекції	Broadyea FM530-23	1	1400x730x500

№ \*1 – порядковий номер

№ \*2 – відповідно апаратно-технологічній схеми, плану виробничого приміщення та експлікації (Аркуші 1,2 та Додаток В)

Виробництво локшини швидкого приготування здійснюється на автоматизованій потоковій лінії, яка використовує обладнання азійської компанії Broadyea, модель лінії FM530, що забезпечує продуктивність до 35 тонн на добу. Лінія складається з різних технологічних секцій, які відповідають за виконання всіх основних процесів виробництва. Загальна потужність виробництва лінії на добу 280 000шт – 412 000шт, (1 – 1,6 тонн/год, 24 – 35 тонн/добу), ширина валків Тісторозкатувального блоку 530мм, споживання електроенергії лінії ~120 кВт/год, споживання пари ~2300кг/год, вага готової одиниці шт вермішелі 60 – 90гр.

#### 4.2. Основні етапи виробничого процесу та і взаємодія обладнання.

Виробництва вермішелі швидкого приготування “Reeva зі смаком гострої курки” безпосередньо у виробничому цеху починається із підготовки сировини, яка проходить вхідний контроль якості відповідно до нормативної документації.

Борошно пшеничне: Використовується пшеничне борошно, що зберігається в силосах безтарного зберігання борошна (БЗБ). Борошно автоматично транспортується системою подачі до просіювальної машини, де відокремлюються домішки та металеві частинки. Далі воно зважується на (17)

Ваговому дозаторі FM530-1 і подається в (18) Ємність дозатор FM530-2, звідки дозується в (21) Тістомісильну машину безперервної дії FM530-5.

Розсіл для тіста: Сухі компоненти розсолу (сіль, мінерали) зважуються на дільниці сухих сумішей за рецептурою, розфасовуються в бокси з етикетками (дані про розсіл, серія, дата). Суха суміш зберігається при температурі до 25°C і вологості до 75% не більше 5 діб. Для приготування рідкого розсолу суміш засипають через сито (5×5 мм) у (22) Розсільний бак FM530-7, де розчиняють у воді (16–35°C залежно від умов середовища і температури борошна) при включеній мішалці протягом щонайменше 40 хвилин. Готовий розсіл зберігається не більше 6 годин; у разі перевищення цього часу рішення про використання приймається технологами.

Олія соняшникова: Подача олії для смаження відбувається після перевірки якості та підтвердження технологом. Олія транспортується з дільниці зберігання до (33) Фритюрної камери FM530-16.

На етапі Приготування тіста борошно та рідкий розсіл змішуються для отримання однорідної еластичної маси — ключового фактору якості локшини. У (19) Вузлі попереднього змішування FM530-3 борошно з'єднується з розсолом, який подається через (20) Витратомір розсолу FM530-4 для точного дозування. Далі суміш надходить до (21) Тістомісильної машини безперервної дії FM530-5 (Додаток О, Рис. 1, 2), де інгредієнти рівномірно перемішуються до потрібної консистенції. Після змішування тісто через розвантажувальну заслінку подається на конвеєр до камери першої витримки, де відпочиває, поглинаючи вологу.

Розкатка тіста відбуваєть після транспортування у (24) Тісторозкатувальний блок FM530-9, який складається з дев'яти пар валків. Кожна наступна пара має менший зазор і більшу швидкість обертання, що забезпечує поступове розкочування тіста до заданої товщини й однорідності. Від якості розкатки залежить вага брикету, товщина ниток, кількість відходів і продуктивність лінії. Тісто розподіляється за допомогою (23) Розподільчої тарілки FM530-8 перед подачею на різання.

Поздовжнє нарізання тіста. Розкачане тісто надходить до (25) Ножа поздовжньої різки FM530-10, де пласт розрізається на сотні тонких ниток локшини. Два конвеєри з різною швидкістю формують фірмовий хвилеподібний малюнок («хвиля»). Напрявні розділяють полотно на 5 доріжок, а рухомі стулки з шайбоподібними тягарцями забезпечують рівномірність укладання. Оператор контролює процес, щоб уникнути стиснутих або витягнутих ниток.

Пропарювання тіста. Нарізана локшина транспортується (29) Сітчастим транспортером FM530-12 до (26) Камери пропарювання FM530-11 (Додаток О, Рис. 3, 4). У триярусній парокamerі продукт обробляється перегрітою парою під контрольованим тиском і температурою. Пара подається через трубопроводи з отворами (2–3 мм), а тиск регулюється оператором вручну за допомогою вентилів і манометрів. Час пропарювання залежить від швидкості лінії (обернено пропорційно числу ударів ножа). На виході повітряний ніж видаляє зайву вологу, а витяжки й піддони усувають пар і конденсат.

Полив смаковим розсолон Локшина надходить на дільницю поливу смаковим розсолон, який готується аналогічно до розсолу для тіста (температура води  $\geq 40^{\circ}\text{C}$ ). Процес підсилює смакові властивості, зміцнює структуру ниток і змиває надлишки крохмалю. Надмірне зволоження уникається завдяки водяному душу перед різанням.

Формування брикетів вермішелі швидкого приготування “Reeva зі смаком гострої курки”. Нитки локшини розтягуються сітчастим конвеєром і нарізаються (30) Дозуючим ножом FM530-13 за допомогою зворотно-поступальних рухів. Швидкість лінії визначається числом ударів ножа за хвилину. Нарізані порції через жолоби укладаються в дозатори й передаються до (32) Осередкового транспортера фритюру FM530-15.

Обсмажування брикетів в олії відбувається у (33) Фритюрної камери FM530-16, де смажаться в соняшниковій олії при високій температурі. Олія моментально випаровує вологу, надаючи вермішелі хрусткості. Долив олії здійснюється напівавтоматично, а якість контролюється через (34) Фільтр грубого очищення FM530-17.

Охолодження брикетів після обсмаження проходять через відсікач надлишку олії й обдуваються вентиляторами у (36) Камері охолодження FM530-18. Охолодження до потрібної температури забезпечується потоками повітря від вентиляторів, а гаряче повітря виводиться витяжками.

Укладка вкладень та упаковка. Охолоджені брикети транспортуються (37) Сіткою розподілу FM530-19 до зони упаковки. (38) Роботи-укладачі напівфабрикатів FM530-20 розміщують пакетики зі спеціями та олією, підготовлені на окремій лінії дозування. Упаковка формується на (40) Пакувальному автоматі FM530-22, де на плівку наноситься маркування (дата, термін придатності, партійний номер). Кожен брикет перевіряється (39) Інспекційною камерою FM530-21 на наявність вкладень і (41) Камерою металодетекції FM530-23 на відсутність сторонніх предметів.

Індивідуальні пачки вручну (6 операторів) укладаються в картонні коробки (60 штук на коробку). Далі 2 оператори формують палети (8 коробок у ряду, 7 шарів, 56 коробок = 3360 штук), обтягують їх стрейч-плівкою, і вилковий навантажувач відвозить палети на склад.

Зберігання готової продукції відбувається на складі продукція розміщується за принципом FIFO (First In, First Out) і відстежується автоматизованою системою управління запасами за датою та партійним номером.

### **4.3. Дослідження ефективності роботи обладнання (ОЕЕ)**

У рамках сучасних концепцій операційного менеджменту ключовим завданням виробничих підприємств є досягнення максимальної ефективності використання обладнання за умови забезпечення стабільної якості продукції. Одним із найпоширеніших і обґрунтованих підходів до кількісної оцінки ефективності виробничих систем є методика розрахунку загальної ефективності обладнання (ОЕЕ, Overall Equipment Effectiveness), що була запропонована японським інженером Сейічі Накаджімою в межах розвитку філософії Total Productive Maintenance (TPM). Метод дозволяє системно оцінити втрати, пов'язані з простоєм, зниженням швидкості та браком, на основі трьох фундаментальних компонентів: доступності, продуктивності та якості.

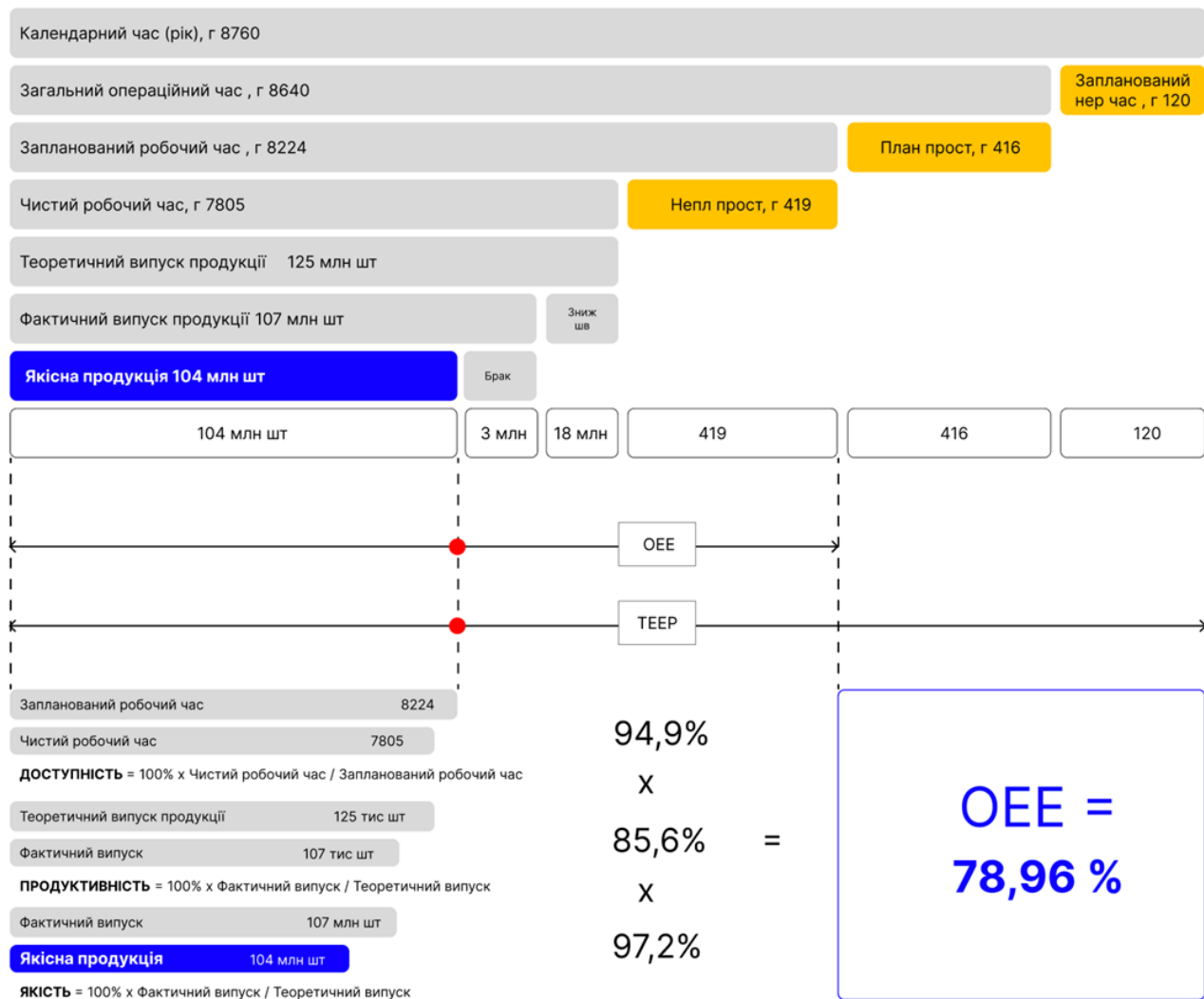
ТОВ «Євро Фуд Сервіс» здійснює безперервне виробництво локшини швидкого приготування у трьох змінному режимі, 24 години на добу протягом 360 днів на рік. Загальна тривалість календарного часу становить 8760 годин, з яких 8640 годин відведено на операційний цикл, а 120 годин (15 змін) припадають на заплановані простої, не пов'язані з технічними потребами (наприклад, святкові дні). Плановий виробничий час підприємства у 2024 році становив 8224 години, з яких 416 годин було виділено на регламентовані зупинки для мийки та сервісного обслуговування, що відбувається щотижня. Водночас додатково зафіксовано 419 годин непередбачених зупинок, спричинених порушеннями у зовнішньому енергозабезпеченні або збоями окремих вузлів обладнання. У підсумку фактичний чистий робочий час склав 7805 годин.

На тлі зазначеної тривалості виробничого періоду плановий обсяг продукції становив 125 мільйонів одиниць, однак фактичний випуск склав 107 мільйонів, із яких 104 мільйони відповідали критеріям якості. Втрати на стадії контролю якості становили орієнтовно 2,8%, що вважається прийнятним показником для високотонажного безперервного виробництва у харчовій галузі.

Фактична середня швидкість виготовлення однієї палети продукції (3360 шт.) становила 971 секунду, у той час як плановий норматив передбачав 836 секунд. Розрахований час такту становить 0,249 секунди на одиницю, тоді як фактичний середній час циклу – 0,289 секунди. Таким чином, швидкість виготовлення фактично відставала від планової на 0,04 секунди на кожну одиницю, що у межах виробничої зміни формує недовиробництво понад 16 тисяч одиниць продукції.

За результатами аналізу, розраховані показники складових ефективності становлять: доступність – 94,9%, продуктивність – 85,6%, якість – 97,2%. Зведене значення ОЕЕ дорівнює приблизно 78,96%. Отримане значення дозволяє класифікувати ефективність роботи обладнання як прийнятну, однак таку, що має відчутний резерв для покращення. Основні втрати були зумовлені уповільненням технологічного циклу на окремих ділянках лінії, а також наявністю непланових зупинок.

Зниження продуктивності фіксується передусім на етапі виробництва, який займає 971с секунди із 836с із запланованого, тобто понад 86% загального часу циклу. Додатковим джерелом втрат є буферизація між виробництвом і пакуванням (52 секунди), а також затримки в логістичних операціях. Ручне пакування та палетування, що наразі використовуються на підприємстві, підвищують ризики невідповідності між тактовим ритмом основної лінії та операціями на виході, результати розрахунків відображені на Додаток А.



**Рисунок 4.1.** Розрахунок загальної ефективності обладнання (OEE) на ТОВ «Євро Фуд Сервіс»

Підсумовуючи результати дослідження ефективності роботи обладнання, можна констатувати, що обладнання ТОВ «Євро Фуд Сервіс» працює на рівні близько 79% від його потенційної продуктивності. Подальше підвищення ефективності можливе за рахунок впровадження автоматизованих систем

моніторингу, оптимізації роботи допоміжних ділянок (зокрема пакування та логістики), а також удосконалення підходів до технічного обслуговування у межах ТРМ.

Дослідження впливу відсутності електроенергії і зупинок виробничої лінії та їх вплив на виробничу стабільність та якість продукції буде предметом майбутніх розділів.

#### **4.4. Контроль критичних та операційних параметрів виробництва згідно принципів НАССР**

Забезпечення стабільності якості та безпеки продукції є ключовим фактором для виробництва харчових продуктів, особливо у високотемповому середовищі з масовим обсягом випуску, як у випадку з вермішеллю швидкого приготування. У цьому підрозділі розглядаються критичні контрольні точки (ССР) (наведено у Додатку І) згідно з принципами системи НАССР, а також контрольні операційні точки (QCP / OPRP) (наведено у Додатку К), які проваджені на ТОВ «Євро Фуд Сервіс» при виробництві вермішелі швидкого приготування «Reeva зі смаком гострої курки», які впливають на стабільність технологічного процесу, зовнішній вигляд, масу та функціональні характеристики готової продукції.

Аналіз включає визначення етапів, на яких існує ризик для мікробіологічної або фізичної безпеки продукту, а також точок, які впливають на відповідність продукції технологічним стандартам та вимогам споживача. Усі ці точки інтегруються в систему внутрішнього контролю якості та формують основу для дій у випадку відхилень.

В умовах стабільного енергопостачання контроль параметрів здійснюється на постійній основі — вручну та автоматизовано.

Однак аварійні або нестабільні відключення електроенергії безпосередньо впливають на всі критичні точки, оскільки:

- порушують температурний режим у фритюрі та паровому обробленні;
- зупиняють лінію в момент, коли продукт перебуває у критичних зонах (термічна обробка, охолодження, формування);

- створюють умови, за яких контроль параметрів стає неможливим або втрачає актуальність, оскільки навіть коротка втрата електроживлення призводить до необхідності повного перезапуску й повторного контролю;
- порушують процес реєстрації або збереження даних із сенсорів та чек-листів.

Таким чином, безперервність живлення — ключова передумова надійного контролю НАССР і QCP, а тимчасова відсутність електроенергії — це не лише виробничий простій, а й потенційна втрата простежуваності, якості та безпеки продукції, що вимагає запобігання, реакції та жорсткої регламентації на кожному етапі.

#### **4.5. Збір даних у межах проєкту «Стійкість 4.0» (M)**

Одним із ключових етапів методології DMAIC у межах Lean Six Sigma є фаза Measure, яка передбачає визначення основних показників, необхідних для кількісного оцінювання проблеми, а також збір достовірних і репрезентативних даних. У контексті цього дослідження проєкту «Стійкість 4.0» фокус спрямований на вимірювання впливу аварійних та планових відключень електроенергії на виробничу стабільність і обсяги втрат.

Метою фази Measure (Збір Даних) є побудова надійної аналітичної бази, що дозволить надалі точно виявити закономірності, оцінити ризики та спрогнозувати ефекти в межах імітаційного моделювання.

Для цього необхідно:

- визначити, які саме параметри підлягають вимірюванню (тривалість і кількість відключень, зниження напруги, відсутність живлення тощо);
- сформулювати вимоги до джерел даних та їх структури;
- здійснити збір історичних даних, які є основою для аналізу та побудови моделей.

Збір даних відбуватиметься на основі річного періоду спостереження, із деталізацією до однієї хвилини (1-хвилинний інтервал) і дозволить виявити як ізольовані, так і повторювані патерни нестабільного енергопостачання.

Визначення ключових показників та інструменти збору даних

У межах дослідження, спрямованого на аналіз впливу нестабільного електропостачання на виробничі втрати ТОВ «Євро Фуд Сервіс», ключовими вимірюваними параметрами є:

- Кількість відключень електроенергії за рік (365 днів);
- Тривалість кожного знеструмлення в хвилинах;
- Кумулятивна тривалість знеструмлення за рік (365 днів);

Періодичність відключень (сезонність, денна/нічна циклічність);

Відсутність/наявність електроенергії у кожному моменті часу (дискретне значення 1/0 або аналогове значення напруги в мережі);

Оцінка втрат продукції ( $\Delta P$ ) як функція часу простою та типу зупиненого обладнання;

Первинна оцінка економічних втрат ( $E$ ), пов'язана з обсягами втраченої продукції.

Ці параметри дозволяють оцінити рівень вразливості виробничих процесів до переривань живлення та сформуванню кількісну базу для подальшого аналізу й оптимізації. Важливою особливістю даного підходу є прив'язка до хвилинної дискретності, що забезпечує високу точність аналізу навіть короткочасних знеструмлень.

Ключові формули визначення кількісних та економічних втрат:

Кількісні втрати продукції:

$$\Delta P = P_{\text{ном}} - P_{\text{факт}} \quad (4.1)$$

де:  $\Delta P$  – втрати продукції за період,  $P_{\text{ном}}$  – очікуваний (нормативний) обсяг випуску,  $P_{\text{факт}}$  – фактичний обсяг випуску.

Економічні втрати підприємства:

$$E = \Delta P \times C_{\text{од}} \quad (4.2)$$

де:  $E$  – сума втрат у грошовому еквіваленті,  $\Delta P$  – втрати продукції (шт/кг),  $C_{\text{од}}$  – собівартість одиниці продукції.

Інструменти збору:

Для отримання ключових показників передбачається використання наступних інструментів:

- ІюТ-датчики та енергомоніторинг — визначення наявності напруги або її відсутності у реальному часі;
- SCADA-логи — автоматичний журнал станів електропостачання;
- Контрольні карти SPC — для виявлення стабільності або відхилень у поведінці енергосистеми;
- Оперативні журнали знеструмлень — для фіксації додаткової контекстної інформації;
- Масиви даних у форматі CSV/JSON/XML — обробка архівних даних постфактум (необхідність наявності трох змінних: timestamp і значення напруги або логічного стану 0/1 наявності ЕЕ в мережі).

Таким чином, ми визначаємо ключові показники та інструменти для збору даних, основу для подальшого аналізу (фаза ANALYZE) через встановлення кількісної картини впливу нестабільного енергоживлення на виробництво. Опишемо вимоги до джерел цих даних, формат і їх достовірність.

**Вимоги до джерела даних.** Забезпечення достовірності результатів аналізу у проектах, що реалізуються за методологією DMAIC Lean Six Sigma, у фазі Measure (Збір даних), критично залежить від якості та структури вихідних даних. У рамках дослідження, спрямованого на кількісну та економічну оцінку впливу знеструмлень на виробничу ефективність ТОВ «Євро Фуд Сервіс», передумовою точного аналізу є збір репрезентативних даних у високій часовій роздільності. Рекомендованими форматами результату збору архівних даних є SQL, XML, CSV, JSON-масиви даних, які містить щохвилинні записи протягом одного календарного року. Ці дані повинні містити мінімум два поля:

- timestamp — мітка часу із хвилинною точністю (всі записи в розрізі однієї бази, мають бути уніфікованими);
- EE\_status — дискретне значення (1 або 0), що вказує на наявність або відсутність електроенергії (всі записи в розрізі однієї бази, мають бути уніфікованими);

Альтернативно можуть бути включені аналогові значення напруги (voltage\_value), що дозволяє в подальшому застосовувати порогову фільтрацію

для визначення часткових падінь напруги нижче критичних технологічних значень (наприклад, <180 В для 220 В ліній).

Не можуть слугувати значення, що можуть не давати чіткої картини стану мережі, як спожита електроенергія кВт, так як при наявності електроенергії в мережі і відсутності споживання у споживача, значення не буде змінюватись, що не дасть можливості розуміти чи наявна електроенергія у споживача.

До джерела даних висуваються наступні технічні та методологічні вимоги:

- Безперервність спостереження: не повинно бути пропущених інтервалів часу;
- Синхронізація з системним часом: необхідна для виявлення точної тривалості знеструмлення;
- Чітка структура та формат даних, придатний до обробки;
- Можливість валідації даних через паралельні джерела (SCADA, лічильники).

Найбільш ефективними джерелами даних можуть бути:

- ІюТ-датчики: підключені до шин живлення або окремих вузлів;
- SCADA-архіви: журнали стану енергосистеми з логами по кожному входу;
- Журнали: автоматичні події в логах про втрату мережі;
- Ручні записи чергових електриків: доповнювальні, але менш надійні джерела.

Приклад структури запису (CSV):

timestamp,EE\_status,voltage\_value

2024-06-12 14:23,1,229.6

2024-06-12 14:24,1,229.8

2024-06-12 14:25,0,0.0

Приклад структури запису (JSON):

timestamp,EE\_status,voltage\_value

[{«id»: «1»,

«timestamp»: «2024-04-16 14:13:01»,

«data1»: «1»},

{«id»: «2»,

«timestamp»: «2024-04-16 14:14:01»,  
«data1»: «0»},  
{«id»: «3»,  
«timestamp»: «2024-04-16 14:15:01»,  
«data1»: «1»} ]

id	timestamp	data1	data2	data3	data4	data5	data6	data7	data8	data9	data10	data11	data12	data13	data14	data15	data16	data17	data18	data19	data20	data21	data22	data23	data24	data25	data26	data27	data28	data29	data30	data31	data32	data33			
4	2024-07-16 14:09:09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00	0.0	234	229	228	404	393	400	6	27	12	9	-0	10	0.99	50.2	1506	000029	9	77	69	32767	4.3
5	2024-07-16 14:09:24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00	0.0	234	226	227	402	390	400	6	30	12	10	0	11	1.00	50.0	1501	000029	9	77	69	32767	4.5
6	2024-07-16 14:21:01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00	0.0	233	231	229	404	398	399	6	16	12	7	-0	7	0.99	50.1	1505	000030	2	77	68	32767	4.5
7	2024-07-16 14:22:02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00	0.0	233	231	229	404	398	399	6	16	12	6	-0	7	0.99	50.2	1506	000030	2	77	68	32767	4.5
8	2024-07-16 14:23:01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00	0.0	232	231	229	404	398	399	6	16	12	7	-0	7	0.99	50.1	1505	000030	2	77	68	32767	4.3
9	2024-07-16 14:24:01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00	0.0	233	231	229	404	398	399	6	16	12	7	-0	7	0.99	50.2	1506	000030	2	77	68	32767	4.4
10	2024-07-16 14:25:02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00	0.0	233	231	229	404	398	399	6	16	12	7	-0	8	0.99	50.2	1506	000030	2	77	68	32767	4.5
11	2024-07-16 14:26:01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00	0.0	233	231	229	404	398	399	6	16	12	7	-0	7	0.99	50.1	1505	000030	2	77	69	32767	4.3
12	2024-07-16 14:27:01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00	0.0	233	232	229	404	398	399	6	16	12	6	-0	7	0.99	50.2	1507	000030	2	76	68	32767	4.3
13	2024-07-16 14:28:01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00	0.0	233	231	229	404	398	399	6	16	12	7	-0	7	0.99	50.2	1506	000030	3	76	69	32767	4.3
14	2024-07-16 14:29:02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00	0.0	233	231	229	404	398	399	6	16	12	7	-0	7	0.99	50.2	1506	000030	3	76	69	32767	4.5
15	2024-07-16 14:30:01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00	0.0	233	230	231	403	398	402	6	17	7	5	-0	6	0.98	50.2	1506	000030	3	76	68	32767	4.3
16	2024-07-16 14:31:02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00	0.0	233	231	231	404	399	402	6	16	7	5	-0	6	0.98	50.1	1506	000030	3	76	68	32767	4.3
17	2024-07-16 14:32:01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00	0.0	233	231	231	404	399	402	6	17	7	5	-0	6	0.98	50.1	1506	000030	3	77	68	32767	4.4
18	2024-07-16 14:33:01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00	0.0	233	231	231	404	399	402	6	17	7	6	-0	7	0.98	50.2	1506	000030	3	77	68	32767	4.3
19	2024-07-16 14:34:01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00	0.0	233	231	231	404	399	402	6	16	7	5	-0	6	0.98	50.2	1506	000030	4	77	68	32767	4.4
20	2024-07-16 14:35:02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00	0.0	233	231	231	404	399	402	6	16	7	5	-0	6	0.98	50.2	1507	000030	4	77	68	32767	4.3
21	2024-07-16 14:36:01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00	0.0	233	231	231	404	399	402	6	17	7	5	-0	6	0.98	50.1	1505	000030	4	76	68	32767	4.5
22	2024-07-16 14:37:01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00	0.0	233	231	231	404	399	402	6	16	7	5	-0	6	0.98	50.2	1507	000030	4	77	68	32767	4.5

Рисунок 4.2. Приклад джерела даних із SQL (скріншот джерела відображення даних)



Рисунок 4.3. Приклад джерела даних із InfluxDB (скріншот панелі відображення даних)

Для забезпечення придатності даних до аналітики рекомендується:

- Використовувати скрипти для перевірки пропущених значень;
- Застосовувати алгоритми нормалізації часу;
- Обробляти невалідні значення (наприклад,  $voltage\_value < 50$  або  $> 450$  В)

із подальшим перетворенням їх у дискретні значення, наявна / відсутня;

- Проводити тестову агрегацію (наприклад, з 1-хв до 10-хв вікон) для побудови сезонних графіків.

На основі зібраних даних, обов'язково має бути можливо визначити:

- початок відключення (відключення ЕЕ в мережі);
- кінець відключення (поява ЕЕ в мережі);
- кількість відключень електроенергії;
- тривалість кожного відключення.

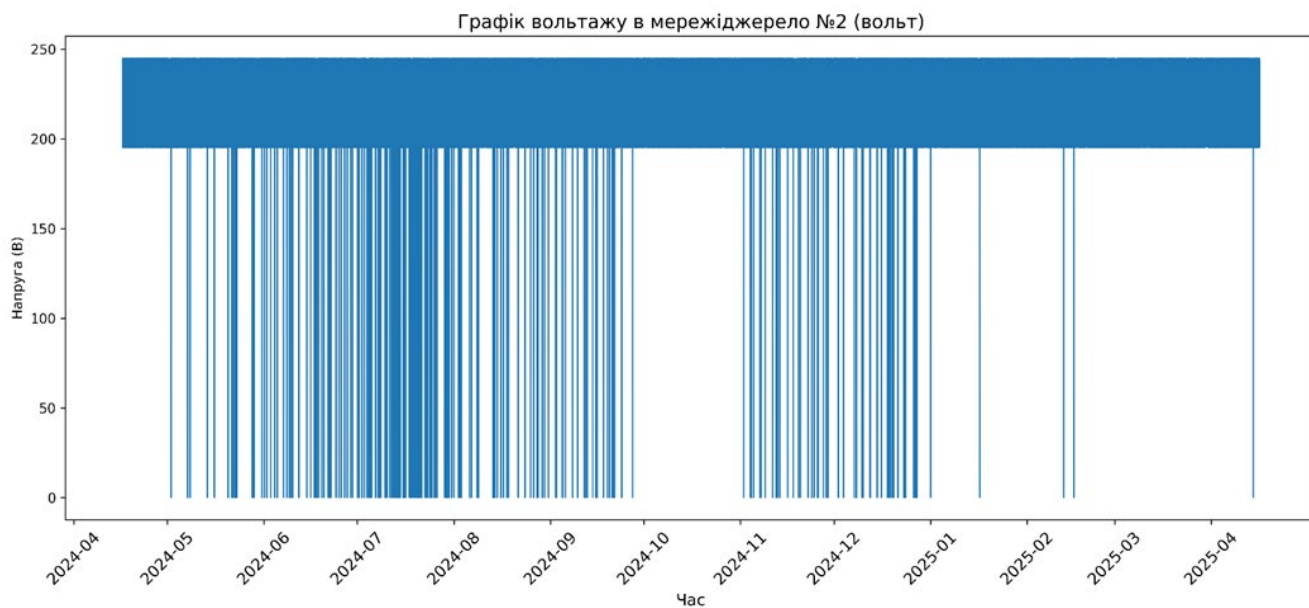
Таким чином, відповідність джерела даних викладеним вимогам дозволить сформуванню повноцінну аналітичну основу для подальших етапів DMAIC-проекту та підвищити надійність кількісної оцінки впливу енергетичної нестабільності на виробничі показники.

**«Сирі дані» - результати збору даних за необхідний період.**

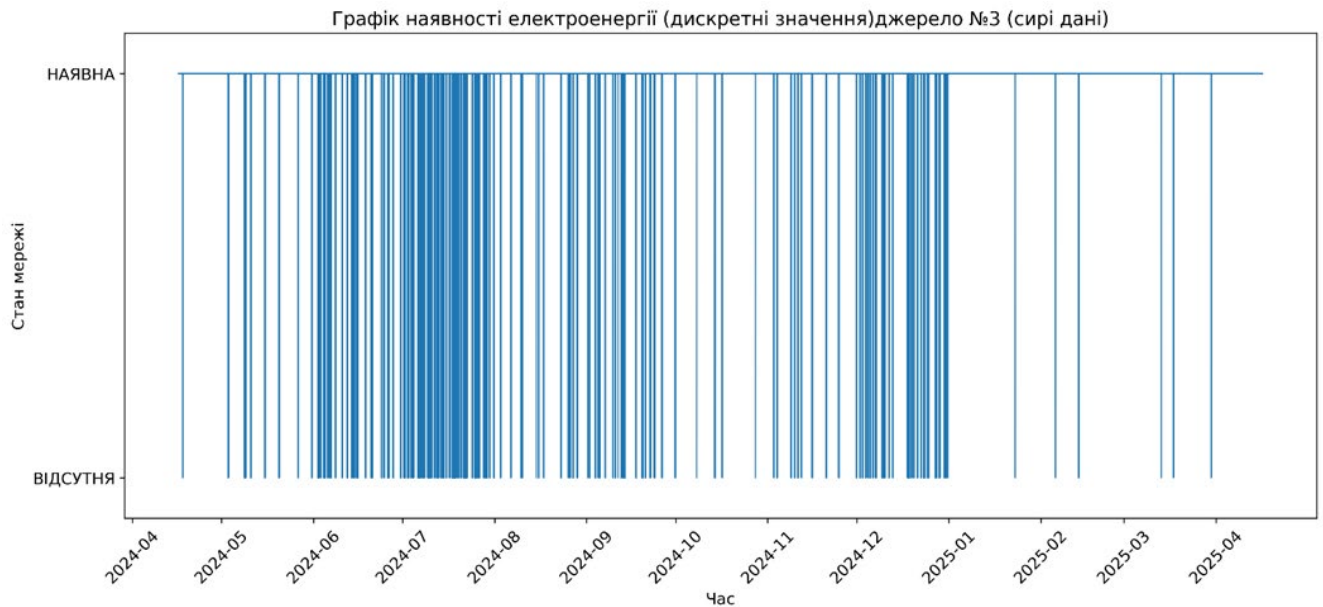
Далі буде представлено первинні збори даних, отриманих у результаті щохвилинного моніторингу стану електроенергії протягом одного календарного року. Дані зібрано з трьох незалежних джерел і агреговано у вигляді річних графіків, що дозволяє візуалізувати розподіл відключень у часі, виявити періоди з високою частотою знеструмлень та зробити попередню оцінку потенційних зон ризику для виробництва.



**Рисунок 4.4.** Сирі дані отримані із джерела №1



**Рисунок 4.5.** Сирі дані отримані із джерела №2 (причина товстої лінії, це щільність даних, що відповідає вимогам логування щохвилини, а діапазон коливань 230В-198В, спричинений коливаннями на лінії мережі)



**Рисунок 4.6** Сірі дані отримані із джерела №3

**Таблиця 4.1.** Зведена таблиця даних із 3-х джерел 1,2,3 відповідно зліва направо

<b>Період показників 2024-04-16 — 2025-04-16</b>			
<b>Усього відключень</b>	<b>82</b>	<b>303</b>	<b>175</b>
< 3 хв	8	72	18
≥ 3 хв	74	231	157
<b>Загальна тривалість</b>	<b>7 429 хв</b> <b>(124 год)</b>	<b>22 246 хв</b> <b>(371 год)</b>	<b>36 796 хв</b> <b>(613 год)</b>
Середня тривалість	90 хв	73,42 хв	204 хв
Медіана тривалості	95 хв	67 хв	218 хв
Стандартне відхилення	49 хв	56 хв	86 хв
Макс. Тривалість	249 хв	213 хв	310 хв
Мін. Тривалість	0 хв	0 хв	0 хв

Подані «сірі дані» (raw data) є базою для подальшого статистичного аналізу у наступному розділі. У (Analyze – Аналіз даних) буде виконано очищення масиву: виявлення та обробка порожніх значень, аномалій, потенційних викидів, а також аналіз розподілу та варіації показників. Застосовуючи інструменти

варіаційного та сезонного аналізу, буде визначено характер та інтенсивність впливу знеструмлень на стабільність виробничого середовища. Цей етап є необхідним для побудови достовірних імітаційних моделей втрат та подальших пропозицій покращень.

#### **4.6. ANALYZE – статистичний аналіз даних у межах проєкту «Стійкість 4.0»**

Етап Analyze (Аналіз даних) у рамках методології DMAIC спрямований на виявлення закономірностей, варіацій та відхилень у даних, зібраних на попередніх етапах дослідження. У контексті аналізу впливу відключень електроенергії на виробничі процеси ТОВ «Євро Фуд Сервіс» цей розділ зосереджується на статистичному аналізі даних, отриманих із трьох незалежних джерел протягом річного періоду щохвилинного моніторингу. Основною метою є оцінка структури даних про відключення, виявлення аномалій, перевірка якості даних, а також формування гіпотез щодо викидів та їх впливу на подальше моделювання. Аналіз даних дозволить визначити ключові фактори, що впливають на стабільність виробництва, та підготувати основу для розробки імітаційних моделей, які враховуватимуть реальний вплив відключень електроенергії.

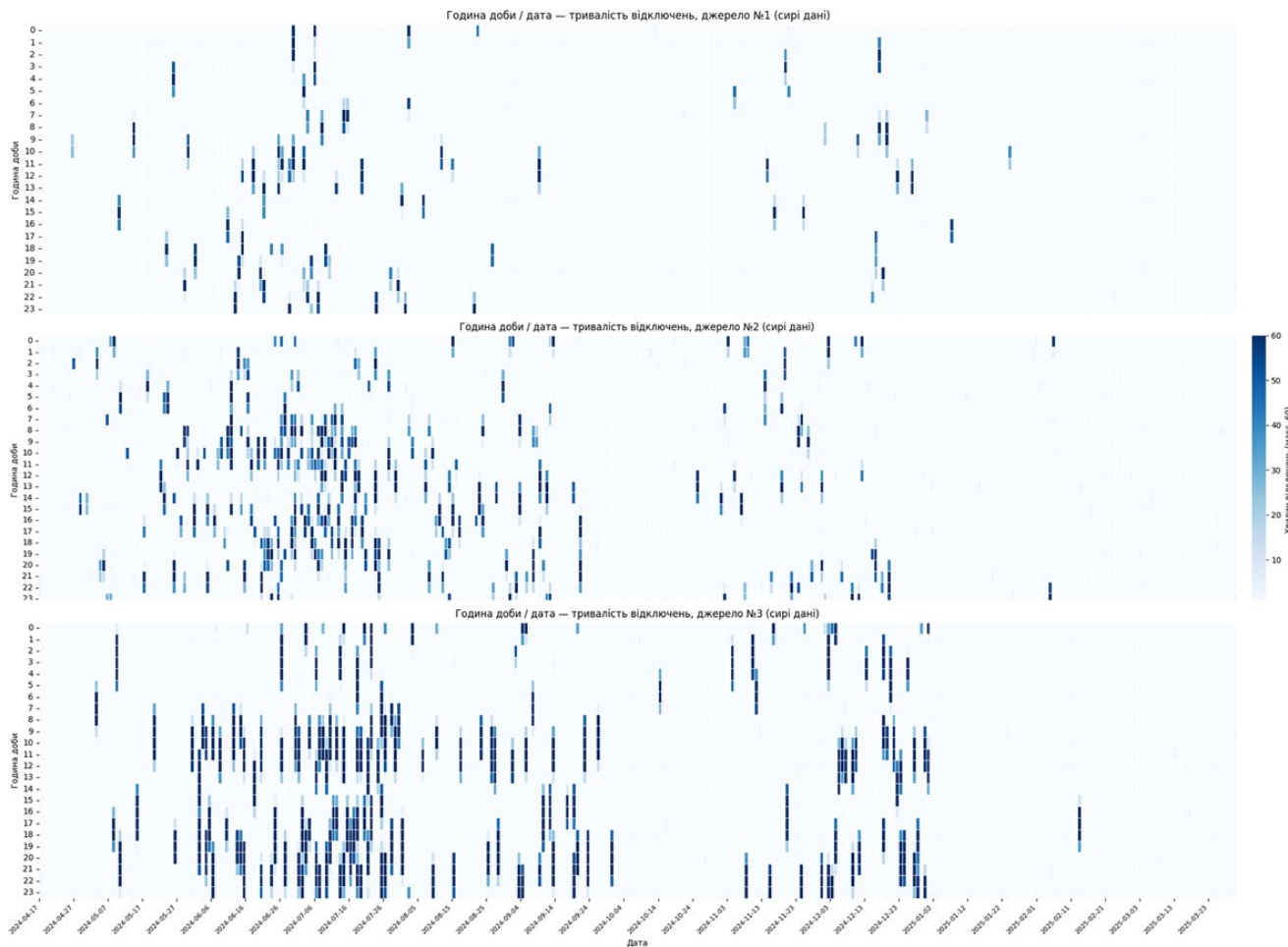
Первинний аналіз даних із трьох джерел дозволяє оцінити їхню якість, структуру та придатність для подальшого статистичного дослідження. Кожен набір даних аналізується окремо з акцентом на виявлення пропущених значень, розподіл даних, аномалії та закономірності, що можуть вплинути на оцінку відключень електроенергії. Необхідно сформулювати вимоги до аналізу даних та підсумуємо їх у Табл. 4.2.

**Таблиця 4.2.** Вимоги до аналізу графіків

<b>Крок</b>	<b>Опис дій</b>	<b>Вихідний графік / таблиця</b>	<b>Навіщо потрібен</b>
<b>1. Імпорт та підготовка даних</b>	зчитування .json зі стовпцями start, end, duration_min	-	Єдина, чиста структура для подальших агрегацій
	перетворення start у datetime		

## Продовження Таблиці 4.2.

	створення полів month, hour, date		
<b>2. Базова описова статистика</b>	count, mean, std, min, max, 6 квантилів (1%, 5%, 25%, 50%, 75%, 95%, 99%)	Бар-графік «statistics + quantiles»	Досліджуємо «середню» відмову й «хвісти»
<b>3. Гістограма щільність, квантилі</b>	гістограма тривалостей із оцінкою щільності; вертикальні штрих-лінії на рівні кожного квантиля	Оцінка щільності	Візуальний розподіл та чіткі пороги (Q1, медіана, Q3...)
<b>4. Кумулятивна функція розподілу</b>	Побудова емпіричної CDF з тими ж квантилями	Емпірична кумулятивна функція розподілу	Легко зчитати «яка частка відключень $\leq$ X хв»
<b>5. Коробкова діаграма</b>	Класичний boxplot з вусами $1,5 \cdot IQR$ + позначення викидів	Коробковий графік	Миттєва перевірка на асиметрію та екстремалі
<b>6. Кумулятивний час</b>	Сортуємо за датою, рахуємо накопичені години відключень, розмір та колір крапки $\propto$ тривалості кожного інциденту	Кумулятивний графік часу відключень	Показує швидкість «наростання збитків» у часі
<b>7. Сезонність (місяць)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>гістограма кількості відключень по місяцях (ліва вісь)</li> <li>лінія середньої тривалості (права вісь)</li> </ul>	Графік сезонності	Чи є «пік» у певні сезони / спека / зима
<b>8. Матриця «година <math>\times</math> місяць»</b>	Сітка 24 год $\times$ календарна доба; колір – кількість конкретного відключення	кількість відключень середня тривалість	Виявити, в які години й у які місяці найважче
<b>9. Матриця «година <math>\times</math> дата»</b>	Сітка 24 год $\times$ календарна доба; колір – тривалість конкретного відключення	Матриця день – година доби	Локалізує «спалахи» подій у конкретні дні
<b>10. Порівняльна матриця для всіх джерел</b>	Об'єднання пункту 9 у три підплоти (№1, №2, №3)	Матриця порівняння джерел по днях, годинам доби	Швидке співставлення патернів між джерелами



**Рисунок 4.7.** Матриця отриманих даних, вісь X дата, вісь Y час доби, кольорова градація – тривалість відключень, по джерелу №1, джерелу №2, джерелу №3

Проаналізуємо дані на наявність пропущених значень у будь-яких комірках:

**Таблиця 4.3.** Аналіз втрачених даних

Кількість пустих значень у кожному стовпчику			
	Джерело №1	Джерело №2	Джерело №1
id	0	0	0
timestamp	0	0	0
data13	0	0	0

Пропущених значень комірок, NaN, null, не знайдено у жодному об’єкті, всіх джерел, то можемо продовжити вивчати масиви об’єктів.

Наявність великої кількості короткострокових зупинок, що тривають <3 хвилин, суттєво впливає на загальну статистику та інтерпретацію ризиків. За

попереднім візуальним і кількісним аналізом, до 20% усіх зафіксованих подій належать до цієї категорії.

Локальні журнали, які велись на підприємстві, засвідчують, що події тривалістю менше 3 хвилин можуть не відповідати дійсності і не супроводжуватись зупинкою технологічного процесу, втратами сировини чи браком готової продукції. Вони були пов'язані або з мікрозбоями автоматики, або з нестабільністю у самій системі моніторингу.

Усі зупинки тривалістю <3 хв. перевірити на дійсність відключення ти не відповідаючі, слід класифікувати як викиди, що не мають впливу на виробничі показники, й підлягають виключенню з подальшого аналізу.

Для подальшої роботи необхідно:

- Виконати фільтрацію історичних даних, виключивши всі події з тривалістю менше 3 хвилин, якщо вони не дійсні;
- За потреби – оновити моделі сценаріїв знеструмлення з урахуванням очищеної бази.

Цей підхід дозволить підвищити точність аналізу, уникнути помилкових висновків та зосередитись лише на критичних випадках, що дійсно потребують втручання або зміни інфраструктури.

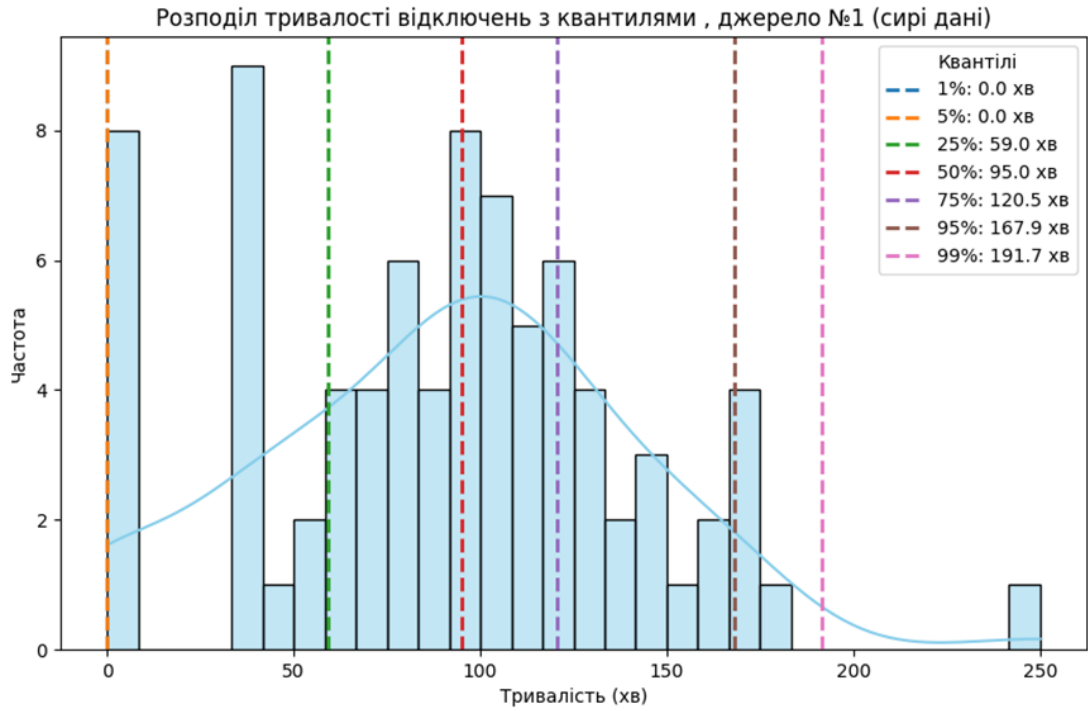


Рисунок 4.7. Гістограма тривалості відключень для джерела №1

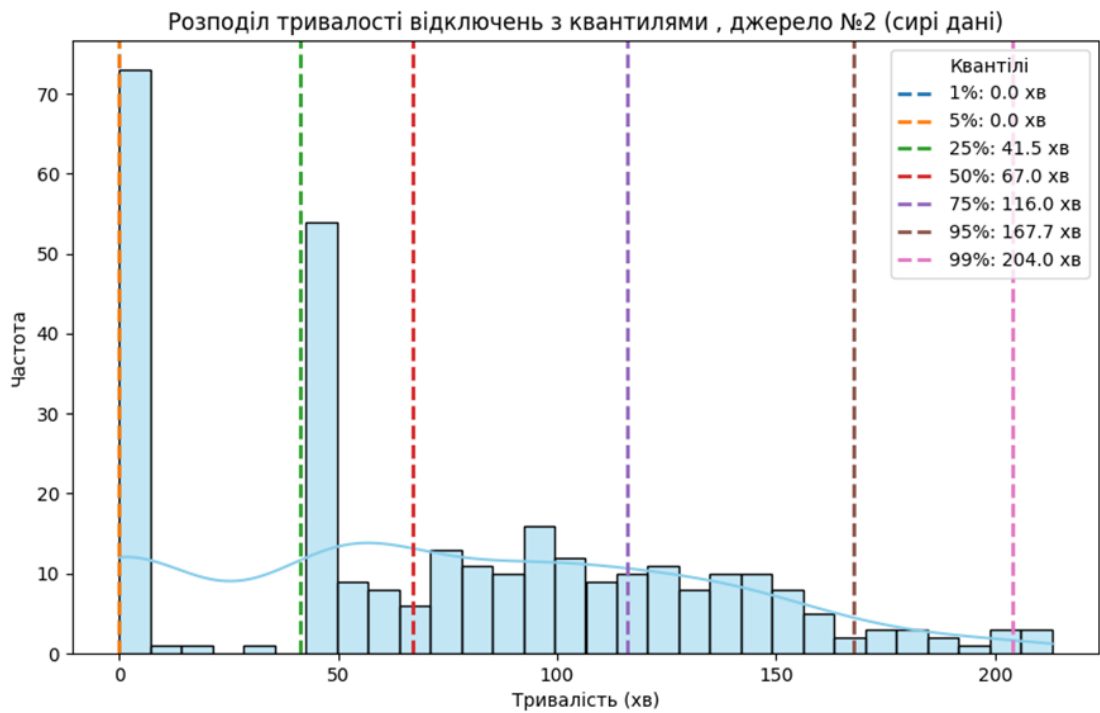
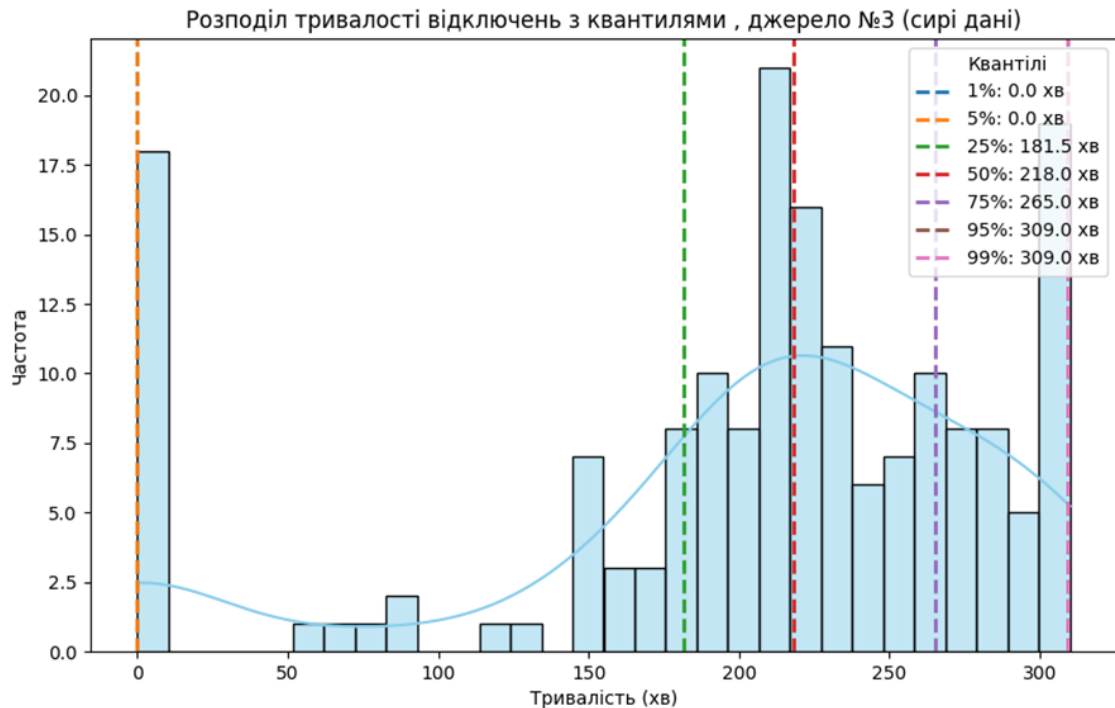


Рисунок 4.8. Гістограма тривалості відключень для джерела №1



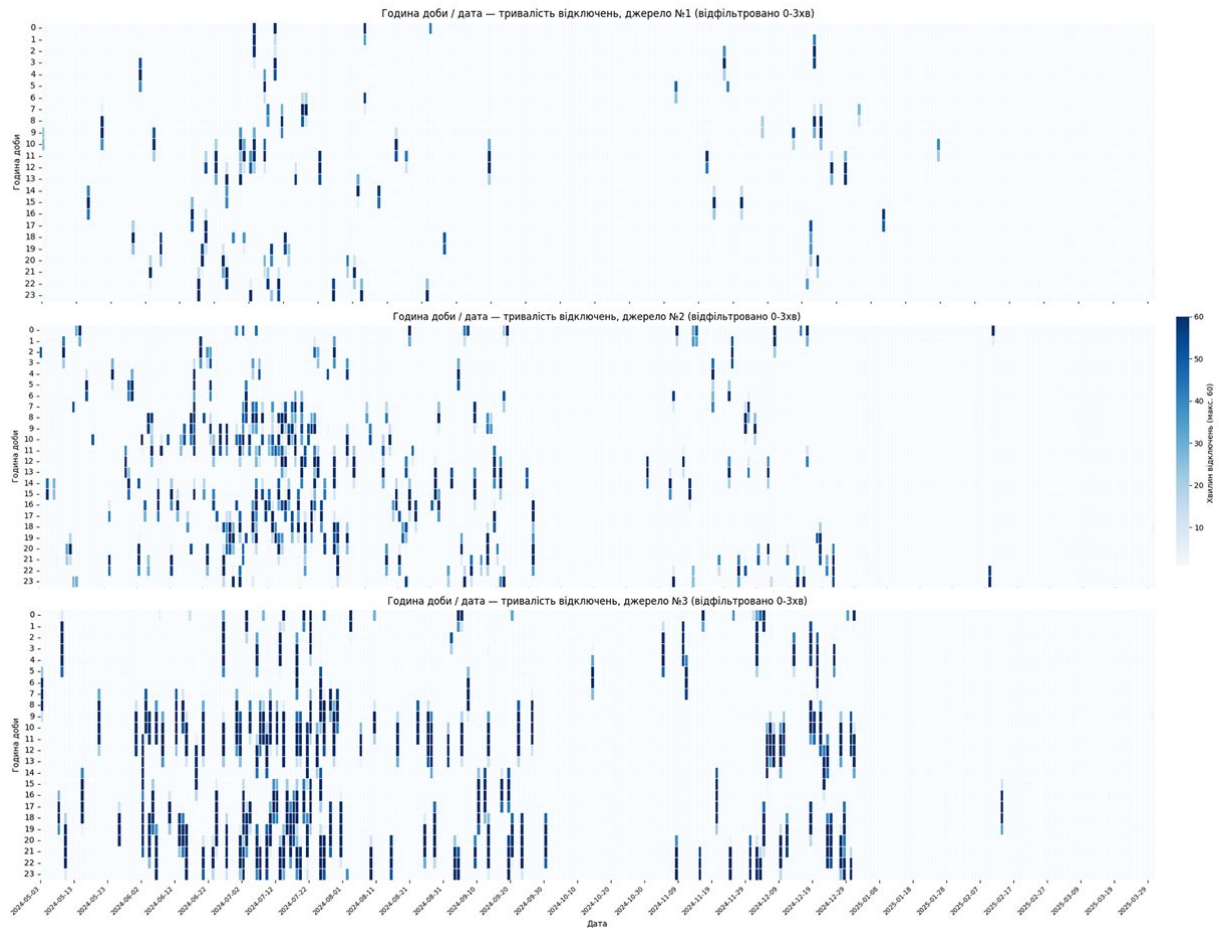
**Рисунок 4.9.** Гістограма тривалості відключень для джерела №1

Першочерговий аналіз гістограм (Рис. 4.7, 4.8, 4.9) підтверджує наявність викидів певної кількості відключень (1-25%), що мають бути перевірені (визначені тривалістю  $< 3$ хв) через можливі були пов'язані з збіями автоматики, або з нестабільністю у самій системі моніторингу. Це буде виконане перехресною перевіркою із іншим джерелом фіксації на відповідному об'єкті.

Після проведення первинного статистичного аналізу даних про відключення електроенергії було виявлено значну кількість подій із мінімальною тривалістю, що суттєво впливають на форму розподілу, середні значення та загальні висновки. Ці події не відповідають фактичним аварійним відключенням, що підтверджується локальними журналами, а отже, не мають критичного впливу на виробничий процес.

Надалі було здійснено очищення та оптимізація вибірки: видалення короткотривалих ( $< 3$  хв) подій як статистичних викидів, перевірка на наявність дублювань, обробка пропущених або непослідовних значень. Це дозволяє сформувати релевантну базу для наступного етапу — імітаційного моделювання впливу реальних знеструмлень на виробничі втрати та ефективність.

Метою оптимізації є створення чистого, структурованого та інтерпретованого набору даних, придатного для прийняття техніко-економічних рішень, розрахунку ОЕЕ та побудови імітаційних сценаріїв на подальшому етапі Improve (покращення).



**Рисунок 4.10.** Матриця відключень по дням протягом року (вісь X) та годинам доби (вісь Y), із градацією тривалості (від 0 до 60 хв), по джерелу №1,2,3 зверху вниз відповідно.

У результаті перехресного аналізу із отриманими сирими даними по відключенням до дійсних значень занесених до локального журналу або іншого локального резервного джерела, було визначено блоки відключень, що не відповідають дійсності відключення на той час, 75% по джерелу №1, 95% по джерелу №2, 22% по джерелу №3, переважна більшість є короткостроковими <3хв, що можуть бути пов'язані із обривом на лінії мережі запису даних, помилкою програмною або апаратною, в середньому 64% тривалістю менше 3 хв, статистику нових масивів об'єктів заносимо до Таблиці 4.4.

Таблиця 4.4. Порівняння джерел після верифікації дійсності значень

Період показників 2024-04-16 — 2025-04-16			
<b>Усього відключень</b>	<b>76</b>	<b>235</b>	<b>161</b>
< 3 хв	2	4	4
≥ 3 хв	74	231	157
<b>Загальна тривалість</b>	<b>7 429 хв</b> <b>(124 г)</b>	<b>22 246 хв</b> <b>(371 г)</b>	<b>36 796 хв</b> <b>(613 г)</b>
Середня тривалість	98 хв	95 хв	222 хв
Медіана тривалості	98 хв	91 хв	224 хв
Стандартне відхилення	44 хв	46 хв	64 хв
Макс. Тривалість	250 хв	213 хв	310 хв
Мін. Тривалість	0 хв	0 хв	0 хв

Проаналізуємо отримані вибірки даних із джерела №1, джерела №2, джерела №3 після фільтрації нерелевантних даних на розподіл тривалості відключень. Для дослідження розподілу побудуємо гістограми тривалості / частоти відключень із квантилями для повнішої картини характеру даних.

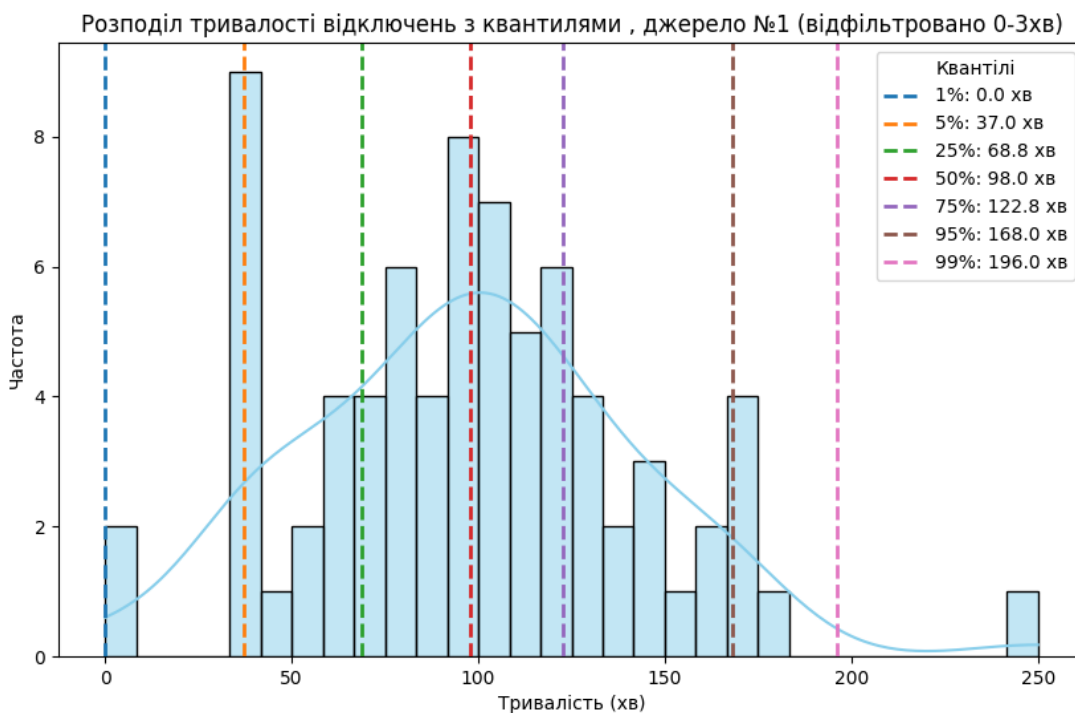
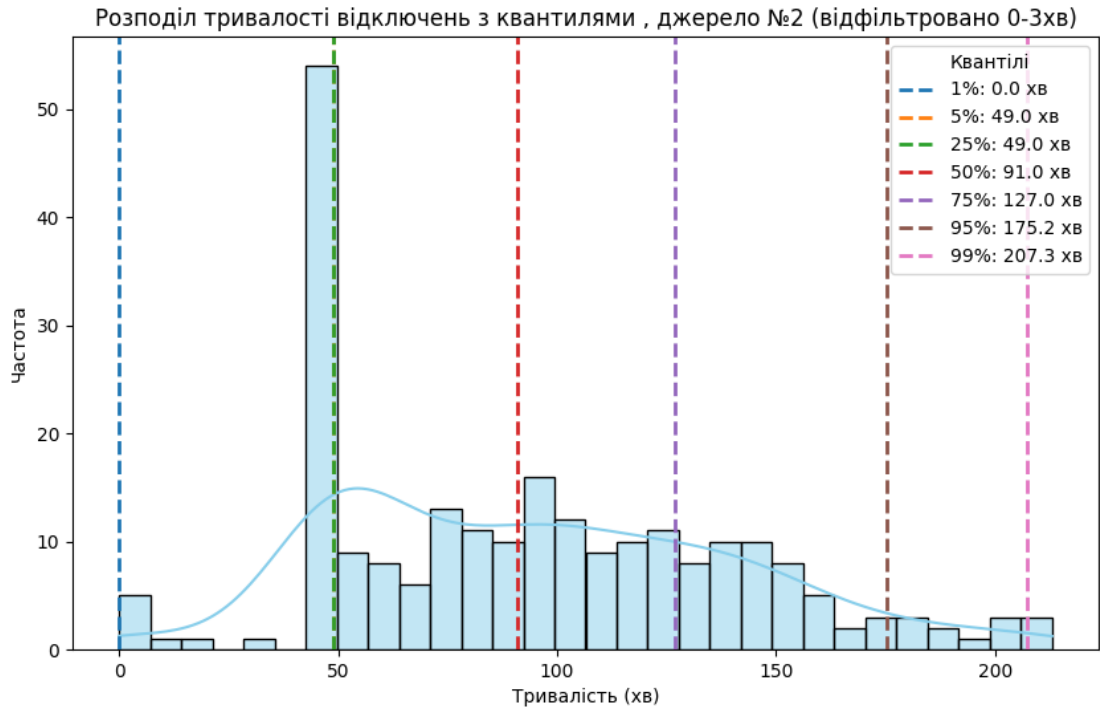
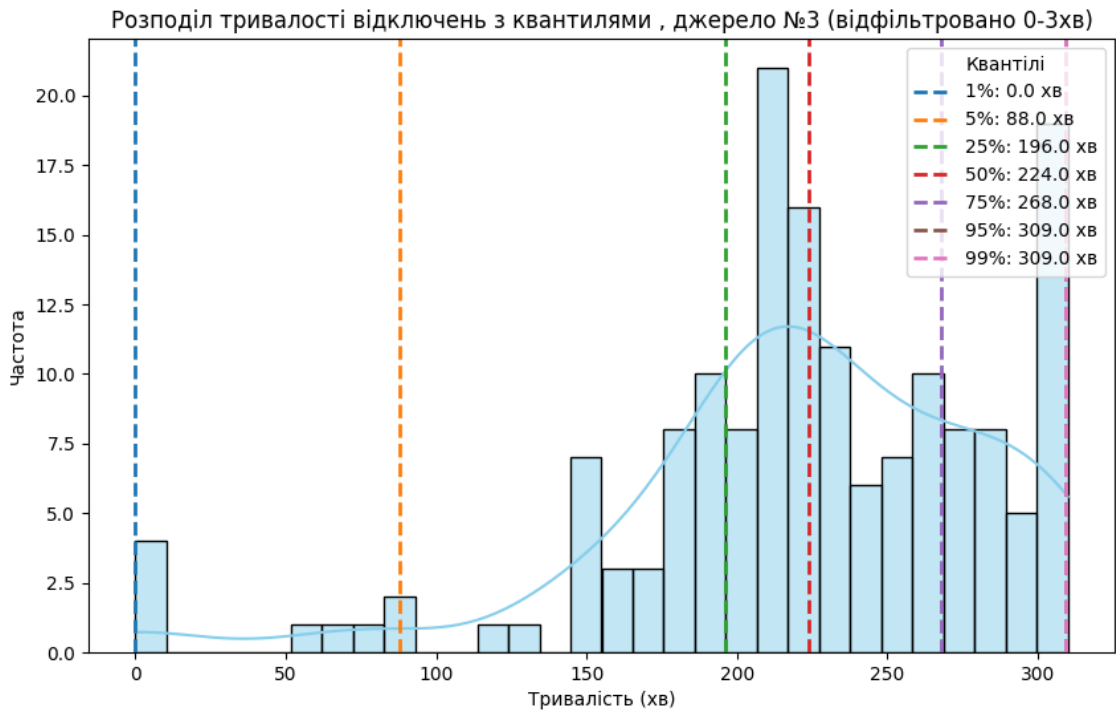


Рисунок 4.10. Гістограма розподілу тривалості відключень із квантилями по джерелу №1



**Рисунок 4.11.** Гістограма розподілу тривалості відключень із квантилями по джерелу №2



**Рисунок 4.12.** Гістограма розподілу тривалості відключень із квантилями по джерелу №3

Розподіл тривалості відключень із джерела № 1 (Рис. 4.10) характеризується значною концентрацією значень у діапазоні приблизно від 60 до 140 хвилин. Медіана тривалості лежить на рівні близько 98 хв, а міжквантильний інтервал 25–75% охоплює проміжок від 68 до 125 хв. Лише не більше ніж у 5% випадків відключення перевищують 168 хв, а 1% спостережень припадає на майже миттєві, нульові відключення. Така форма розподілу вказує на те, що для даного джерела типовими є середньої тривалості перерви в електропостачанні порядку двох годин, з поодинокими більш тривалими інцидентами.

У випадку джерела № 2 (Рис. 4.11) у розподілі чітко виділяється «плато» на рівні близько 50 хв, яке відповідає 5–25% квантилям. Це означає, що майже чверть усіх відключень тривають саме близько 50 хвилин. Середнє значення (медіана) тут нижче, ніж у джерела № 1, — близько 90 хв, проте правий хвіст розподілу простягається аж до 170–210 хв (95–99% квантилі). Таким чином, хоча короткі відключення переважають, у близько 1–5% випадків спостерігаються значно довші періоди перебоїв в електропостачанні.

Натомість розподіл тривалості відключень із джерела № 3 (Рис. 4.12) демонструє суттєво вищі значення: медіана сягає приблизно 225 хв, а міжквантильний інтервал охоплює проміжок від 190 до 270 хв. Практично жодного відключення не зафіксовано менше 90 хв (5% квантиль), а верхні межі розподілу на рівні 95–99% квантилів (310 хв) свідчать про стабільно довготривалі перебої. Така картина вказує на те, що у цій зоні міської мережі відключення електропостачання мають насамперед затяжний характер.

Порівняльний аналіз трьох розподілів свідчить про значну неоднорідність відключень: від переважно помірних перерв (джерело № 1) через помітну «типовість» коротких відключень порядку години (джерело № 2) до довготривалих інцидентів з медіаною понад три години (джерело № 3). Побудуємо кумулятивний графік розподілу тривалості відключень, щоб зрозуміти характер тривалостей.

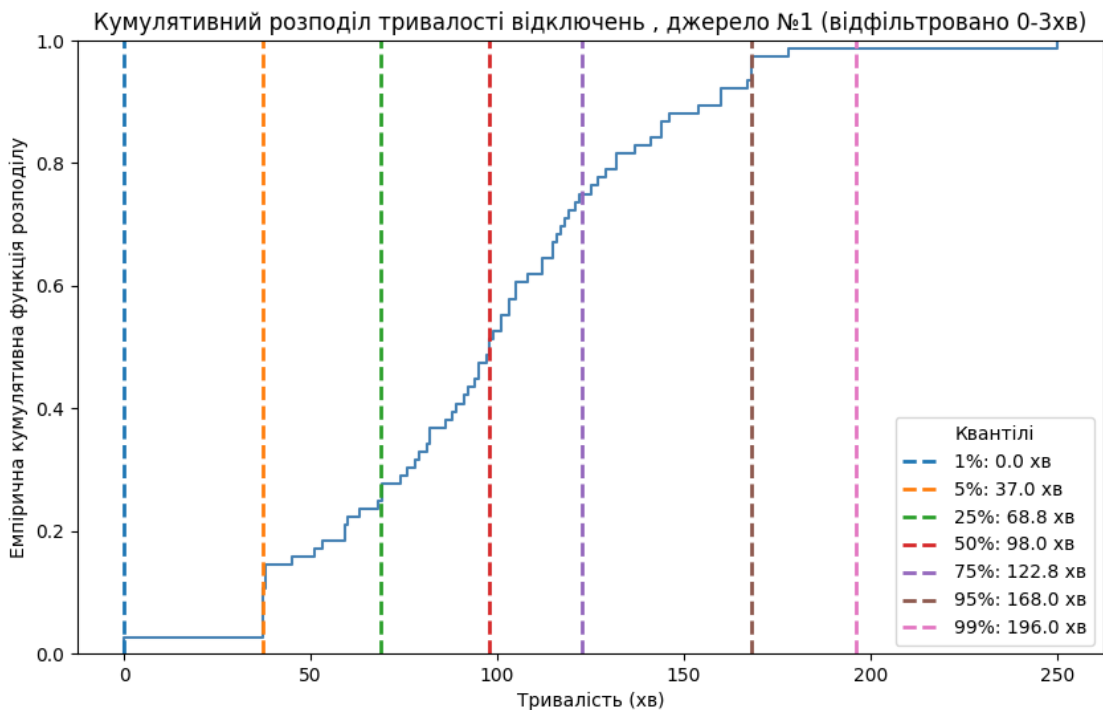


Рисунок 4.13. Кумулятивний розподіл тривалості із квантілями по джерелу №1

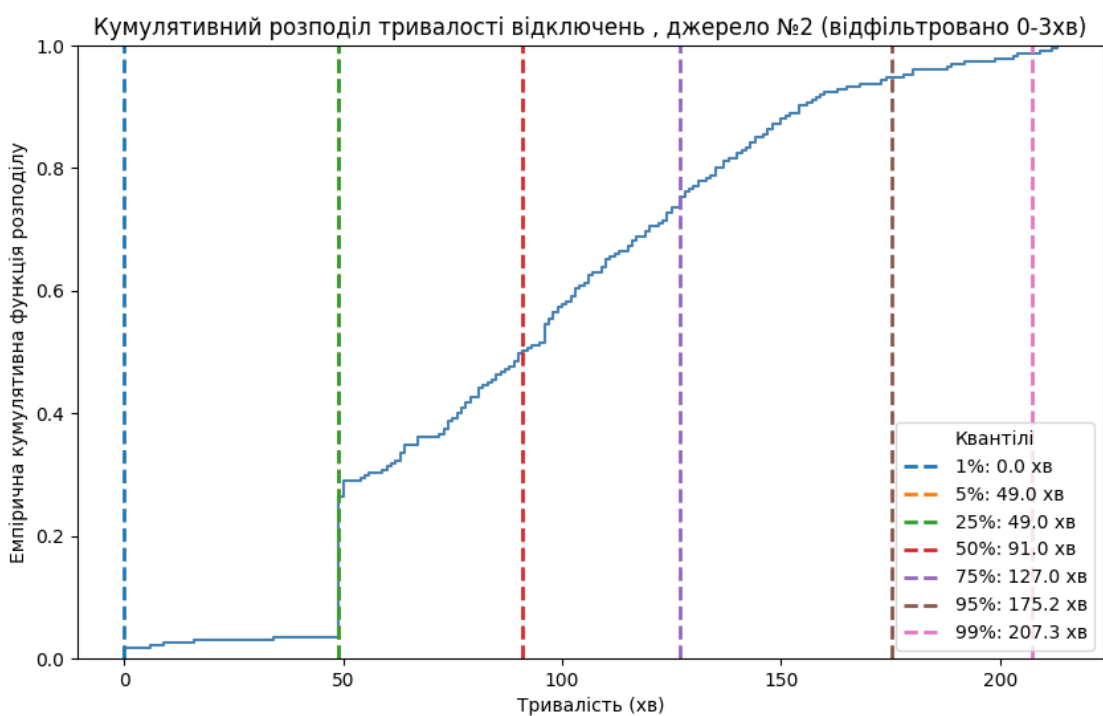
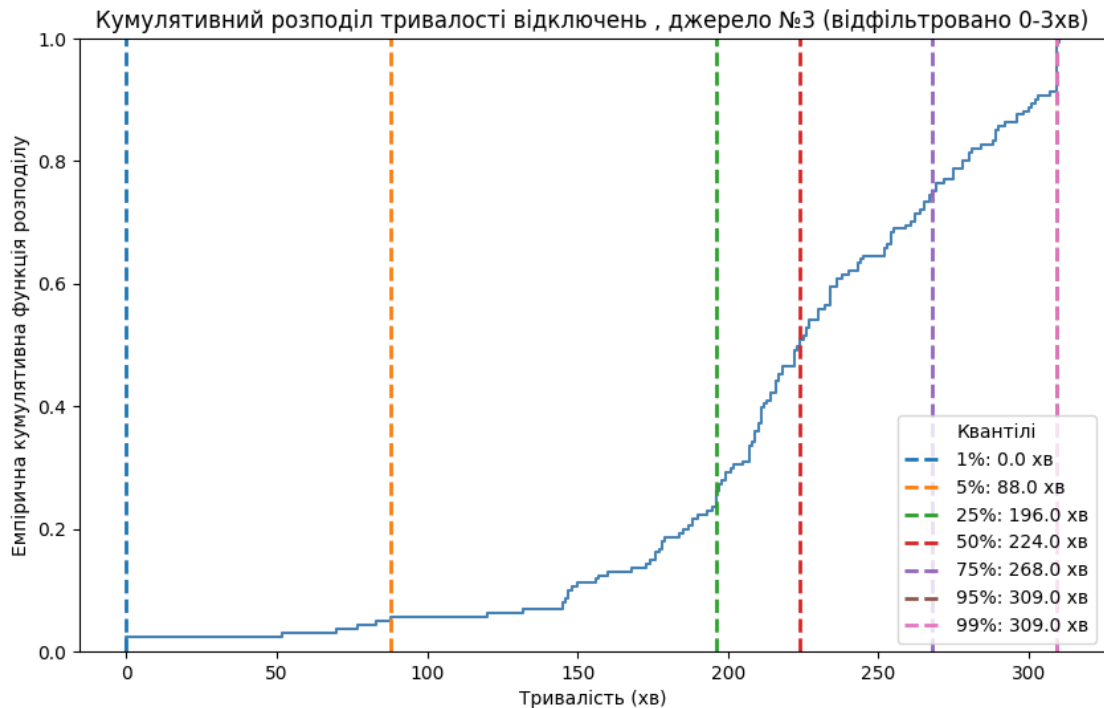


Рисунок 4.14. Кумулятивний розподіл тривалості із квантілями по джерелу №2



**Рисунок 4.15.** Кумулятивний розподіл тривалості із квантілями по джерелу №3

На кумулятивних кривих для трьох джерел (Рис. 4.13, 4.14, 4.15) чітко простежується різний темп накопичення «частки» відключень за тривалістю. Для джерела № 1 (перша крива) половина всіх відключень укладається в  $\approx 98$  хв, а 95% випадків — до  $\approx 168$  хв. джерело № 2, хоч і має таку саму 1% квантиль (0 хв), набирає 25% спостережень вже на  $\approx 49$  хв і досягає 95% на  $\approx 175$  хв, що свідчить про більшу «компактність» невеликих перебоїв. Натомість джерело № 3 демонструє відстрочку «центральної» групи до  $\approx 224$  хв (медіана) та важкий хвіст: 75% випадків лежить вище за  $\approx 268$  хв, а 95–99% квантілі майже співпадають на рівні  $\approx 309$  хв.

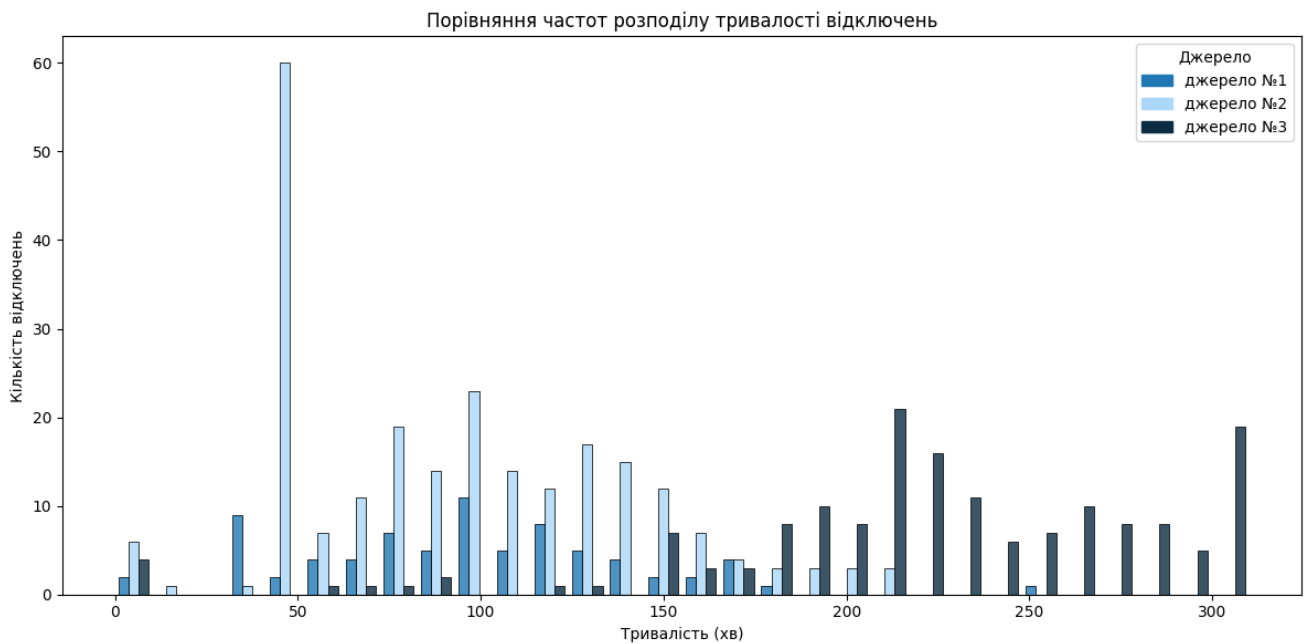
У всіх трьох мережах розподіли вправо-скошені, але різняться за центральними та хвостовими тенденціями.

Джерело № 1 — найбільш «стабільне» (медіана  $\sim 100$  хв, 95% до 168 хв).

Джерело № 2 — поєднує велику кількість коротких ( $\sim 49$  хв) і значну частку середніх ( $\sim 90$  хв) відключень із поодинокими довгими збоями.

Джерело № 3 — має суттєво довші типовий та хвостовий діапазони (медіана  $\sim 224$  хв, 95% до 309 хв), що вказує на системно затяжні перебої. Щоб дослідити

подібності та відмінності характеру джерел №1, 2, 3 побудуємо гістограму тривалості та частоти відключень для усіх джерел та коробковий графік із усіма джерелами, що ще краще зрозуміти викиди, розкид, медіану.

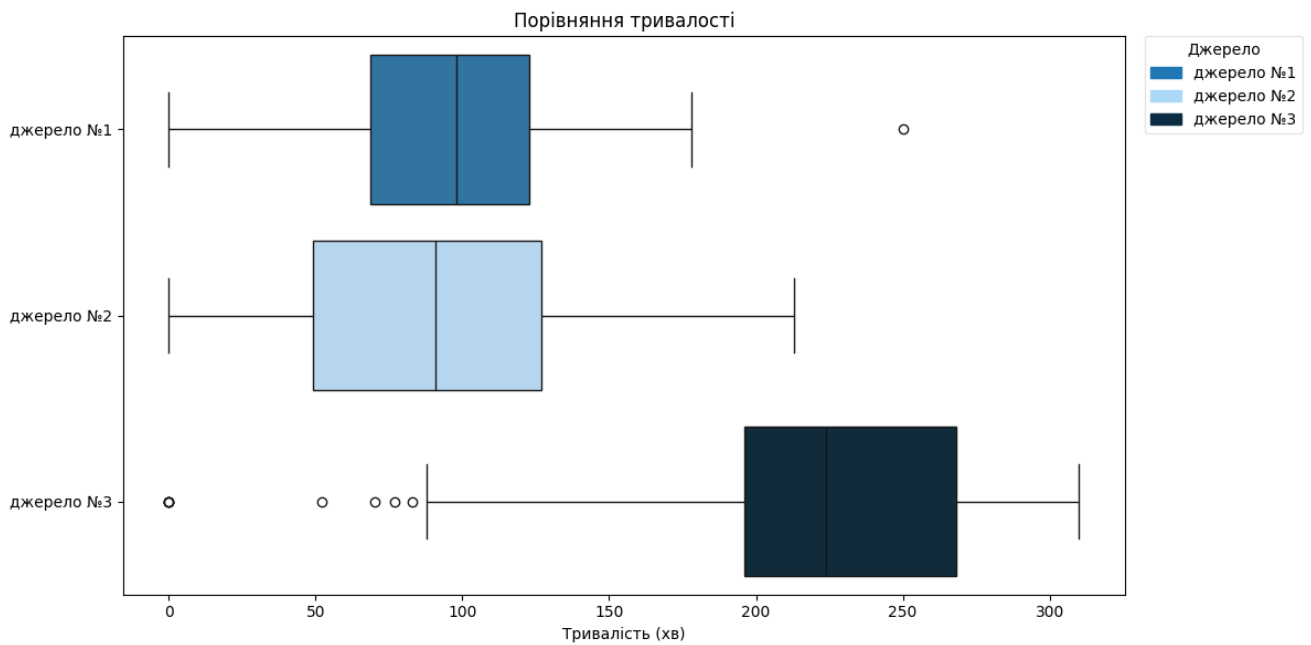


**Рисунок 4.16.** Гістограма тривалостей відключень

На гістограмі розподілу (рис 4.16) тривалостей відключень помітно, що джерела № 1 і № 2 мають подібні форми розподілу: більшість відключень тривають менше ніж 150 хв, причому піки частоти у джерела № 2 зміщені трохи вправо порівняно з джерелом № 1, що говорить про загальну тенденцію до дещо довших простоїв у другому випадку. У джерела № 1 спостерігаються помірні хвости довжиною до 200 хв, а в джерела № 2 іноді трапляються відключення ближче до 250 хв. Натомість для джерела № 3 характерна чітка двомодальність із переважним нагромадженням як коротких (до 100 хв), так і дуже тривалих понад 200 хв відключень: тут майже відсутній «середній» режим і виражений довгий правий хвіст, що вказує на значну нерівномірність та явні аномалії тривалості.

Коробковий графік (рис 4.17) підтверджує цю картину: медіани джерел № 1 і № 2 лежать у межах приблизно 70–120 хв, а інтерквартильні розмахи не надто широкі, що свідчить про відносно стабільні коротші відключення. У джерела № 3 медіана піднімається до близько 230 хв, а межі інтерквартильного розкиду

(IQR) простягаються від 190 до 265 хв, демонструючи значно ширший розкид і велику варіативність. Крім того, численні викиди внизу (деякі надто короткі сплески) і вгорі (надзвичайно довгі простої) підкреслюють нестабільність третього джерела та необхідність подальшого відокремлення типових від аномальних подій.



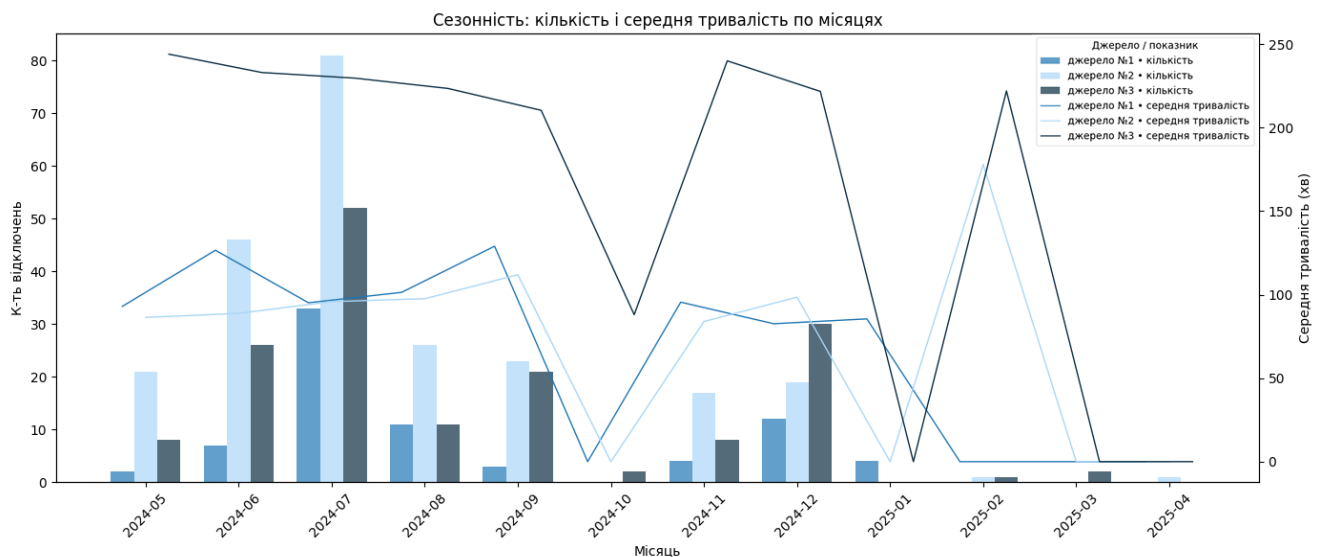
**Рисунок 4.17.** Коробковий графік порівняння розподілу тривалості відключень

Після порівняння розподілу тривалостей відключень за допомогою гістограм (рис 4.16) та коробкових діаграм (рис 4.17), які дали нам уявлення про широкий діапазон і наявність крайніх значень у кожному джерелі, наступним кроком є аналіз часового патерну цих подій. На графіку сезонності (Рис. 4.18) ми бачимо, що найбільша кількість відключень і найтриваліші перебої концентруються в літні місяці (червень–липень) та пікові зимові місяці (листопад–січень), тоді як у міжсезоння (вересень–жовтень, березень–квітень) показники практично знижуються до нуля. Джерело № 2 фіксує максимум кількостей у липні–серпні, одночасно середня тривалість перебоїв залишається порівняно стабільною ( $\approx 30$ – $40$  хв). Натомість у джерела № 3 липень–серпень характеризуються не лише високою частотою (понад 50–80 подій), а й значним збільшенням середнього часу відключень (понад 220 хв у серпні). Джерело № 1

демонструє меншу сезонність: кількість інцидентів пікує в липні ( $\approx 33$ ), але середня тривалість росте поступово, досягаючи максимуму в листопаді–грудні.

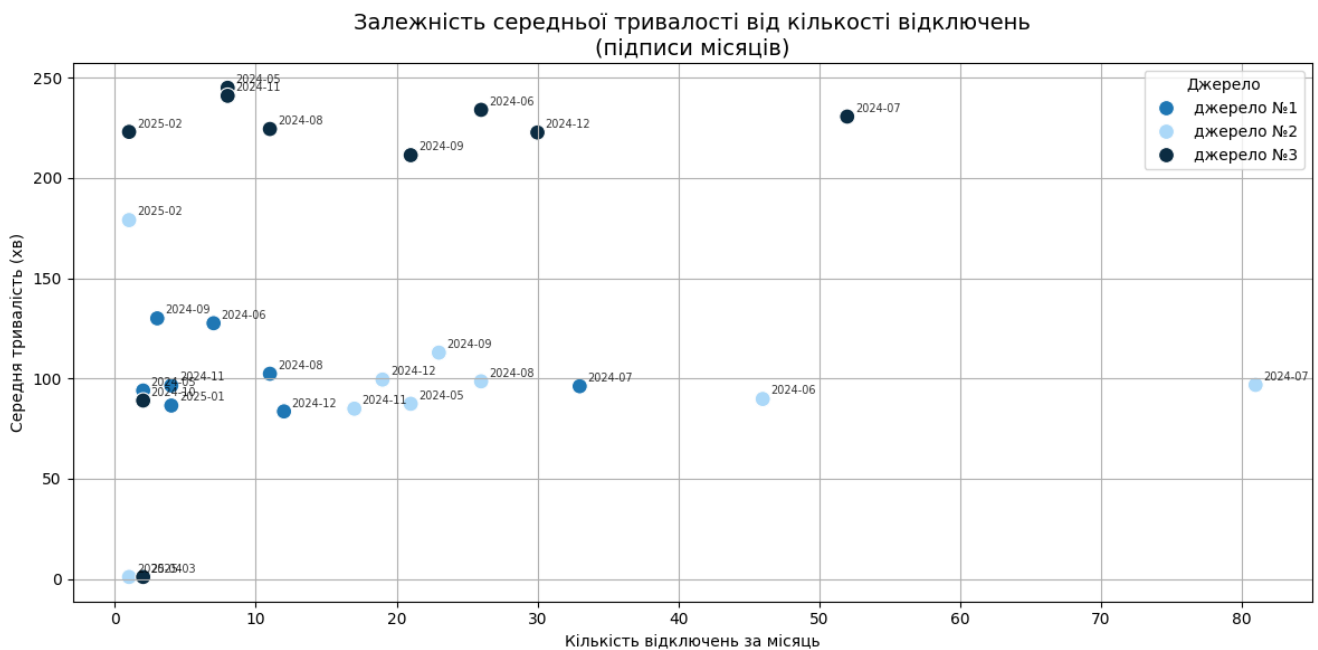
Це свідчить про чіткий сезонний характер роботи мережі й різні навантаження на неї у теплу та холодну пори року.

Отже, щоб побудувати більш точні моделі відключень, слід перейти до дослідження внутрішньомісячної сезонності — вивчити, у які дні тижня та години доби найчастіше трапляються перебої, і наскільки ці закономірності подібні між трьома джерелами. Такий підхід дозволить захопити не лише загальну статистику, а й часові залежності, критичні для побудови правдоподібних імітаційних сценаріїв.



**Рисунок 4.18.** Сезонність кількість і середня тривалість по місяцях, між джерелами №1,2,3 відповідно

Таким чином, улітку навантаження мережі спричиняє велику кількість коротких відключень (особливо для джерел № 1 і 2), тоді як джерел № 3 переживає одночасно і часті, й довгі перебої. Взимку вплив холоду чи опадів, ймовірно, викликає менш часті, але надзвичайно затяжні відключення в джерел 1 та 3. Цей графік дозволяє сфокусувати зорієнтуватись на превентивних заходах: у літньому періоді варто відпрацьовувати швидке усунення дрібних пошкоджень, а в холодну пору — готуватися до масштабних ремонтів високої тривалості.



**Рисунок 4.19.** Залежність середньої тривалості від кількості відключень по місяцях для кожного джерела

Джерело №1 (темно-синій маркер), у липні 2024 (33 відключення) середня тривалість становила близько 95 хв. Проте вже в вересні 2024 (5 відключень) та червні 2024 (7 відключень) маємо помітно вищі середні значення — 130 хв та 128 хв відповідно. Це свідчить, що кількість аварій не завжди прямо корелює з часом їх ліквідації: навіть за невеликої інтенсивності окремі події можуть затягуватися.

Пік відключень— липень 2024 (81 відключення) з середньою тривалістю  $\approx$  97 хв. При цьому у лютому 2025 (1 відключення) і квітні 2025 (2 відключення) час ліквідації близький до нуля, що узгоджується з одиничними, короткими випадками. Інші місяці утримуються близько 85–115 хв, навіть коли подій відносно небагато.

Систематично має найтриваліші перебої — понад 210 хв у таких місяцях, як травень 2024, листопад 2024 та грудень 2024. Навіть при малій кількості відключень це джерело демонструє значно більший час відновлення, ніж інші два джерела.

Кореляція між кількістю та середньою тривалістю не є стійкою: висока інтенсивність відключень (джерело №2, липень 2024) не обов'язково

супроводжується найдовшими перебоями, навпаки — пік часу припадає на періоди з поодинокими подіями (джерело №1 та №3).

Для джерела №3 потрібно поглибити дослідження причин надмірно тривалих ліквідацій, оскільки навіть поодинокі аварії забирають у середньому понад 200 хв.

Джерело №1 показує варіабельність: у «спокійні» місяці (5–7 подій) середній час іноді перевищує 120 хв, тоді як під час піку (33) — лише 95 хв. Це вказує на нестабільність ресурсного забезпечення або процедури реагування.

Побудуємо матриці кількості та середньої тривалості відключень, щоб виявити характерні сезонні й добові патерни аварій у кожному із трьох джерел і використати їх надалі при побудові імітаційних моделей. За ознаки стовпців беремо місяць року (1-12), за ознаки рядків година доби (0-24), цілю будуть кількість відключень і тривалість відповідно.



**Рисунок 4.20.** Матриця година доби / місяць для джерела №1  
(кількість відключень | тривалість відключень)

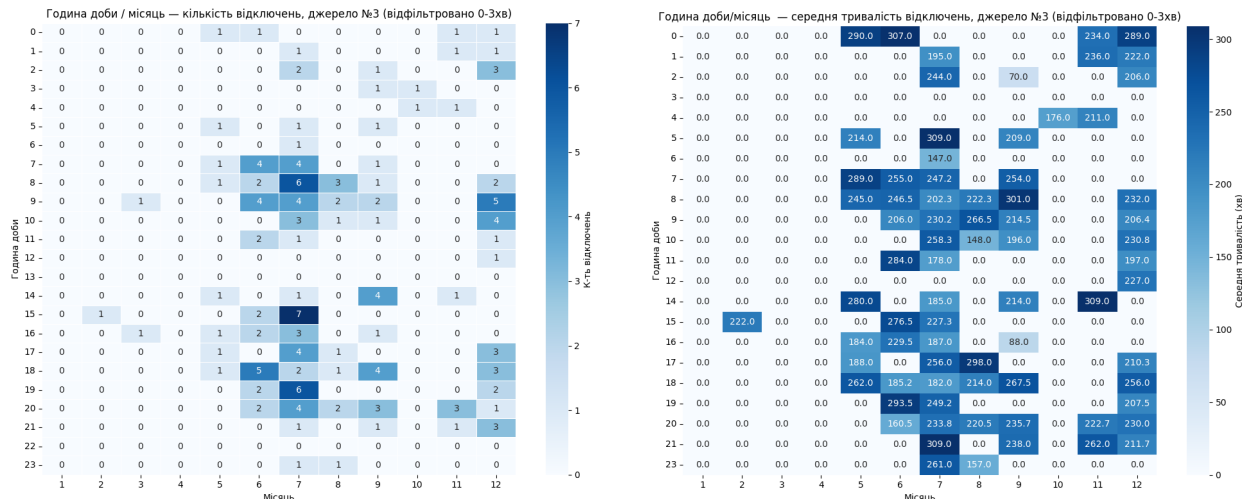
Матриця Рисунка 4.20 по джерелу №1 поєднує два встановлених показники: ліворуч – кількість відключень у кожному році за поєднанням “година доби – місяць”, праворуч – середню тривалість цих перебоїв. Такий поділ дає змогу синхронно спостерігати, коли збільшується частота аварій та наскільки довго вони тривають. У джерелі №1 чітко проглядається піковий період у липні та листопаді, коли одночасно фіксується максимальна кількість випадків (до 4 за

годину) і найтриваліші відключення (до 150–250 хв). Навпаки, весняні та осінні місяці практично “знебарвлені”, що свідчить про відсутність або дуже короткі перебої.



**Рисунок 4.21.** Матриця година доби / місяць для джерела №2 (кількість відключень | тривалість відключень)

На Рисунку 4.21 для джерела №2 подібна структура матриці виявляє вищу дисперсію у часовому розподілі аварій: найчастіше відключення траплялися в нічні та ранкові години (06:00–10:00), особливо в липні–серпні, коли їхня кількість сягала 8–9 випадків за годину. Середня тривалість у пікові дні сягає 200–250 хвилин, а в другій половині року (жовтень) майже всі строки “виснажені” – відключення або короткі, або відсутні. Ця картина відрізняється від першого джерела тим, що пікові години у джерелі №2 зміщені на ранковий інтервал.



**Рисунок 4.22.** Матриця година доби / місяць для джерела №3

(кількість відключень | тривалість відключень)

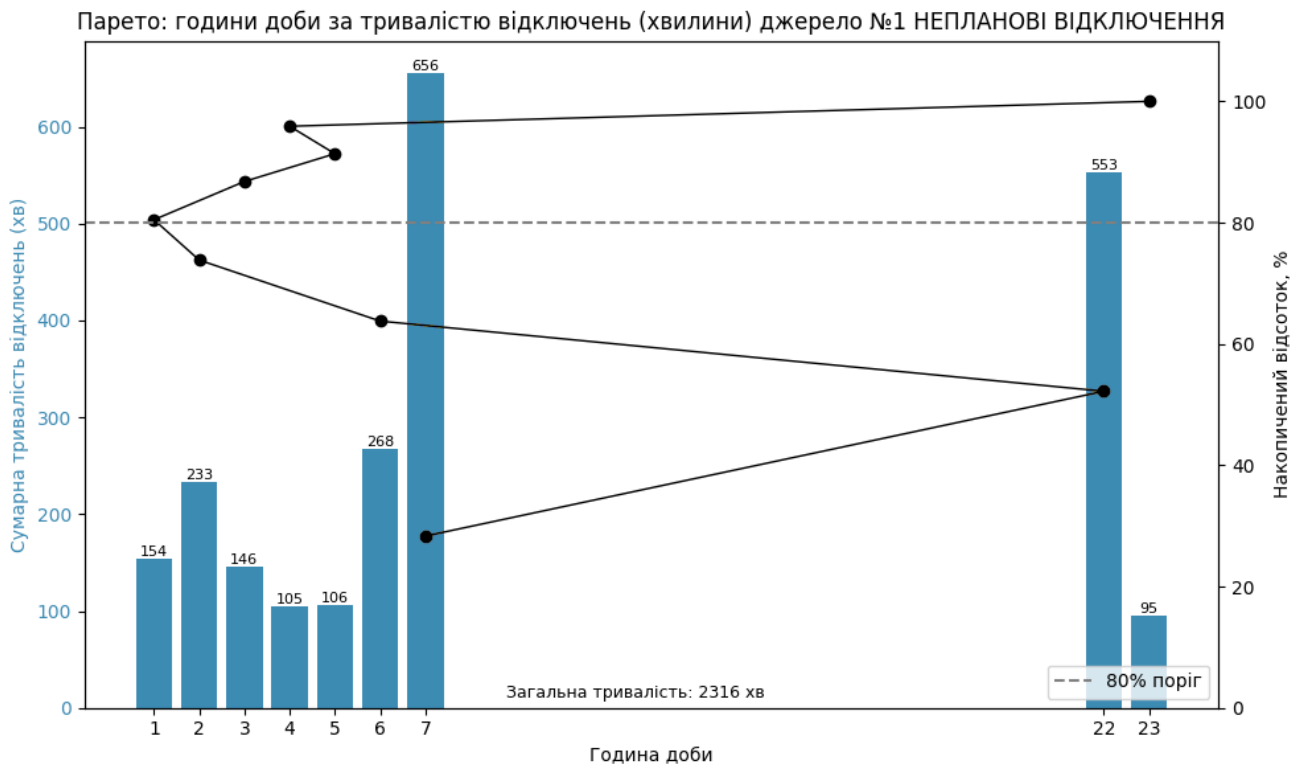
Рисунок 4.22 ілюструє джерело №3, яке демонструє найглибший сезонний та добовий патерн. Найбільше відключень (до 7 за годину) припадає на липень, а найтриваліші перебої – понад 300 хв – фіксуються цілодобово в січні, лютому та серпні. Нульові показники в міжсезонні (квітень, жовтень–березень) наголошують на практичній відсутності аварій, тоді як активні літній і зимовий сезони чітко розбиваються за часом доби: серед ночі (00–04 год) відключення тривають найдовше, а вдень (07–12 год) спостерігається їхня найбільша кількість.

Також для точності моделей необхідно співставити і класифікувати відключення на планові (що співпадають із графіками відключень) та аварійні, що трапляються позапланово до наданих графіків відповідного регулюючого органу. Результати класифікації відтворені у Рис. 4.22 а результати розрахунків занесено до Таблиці 4.5.

**Таблиця 4.5.** Класифікація відключень на планові(згідно графіку), буферні та позапланові (аварійні)

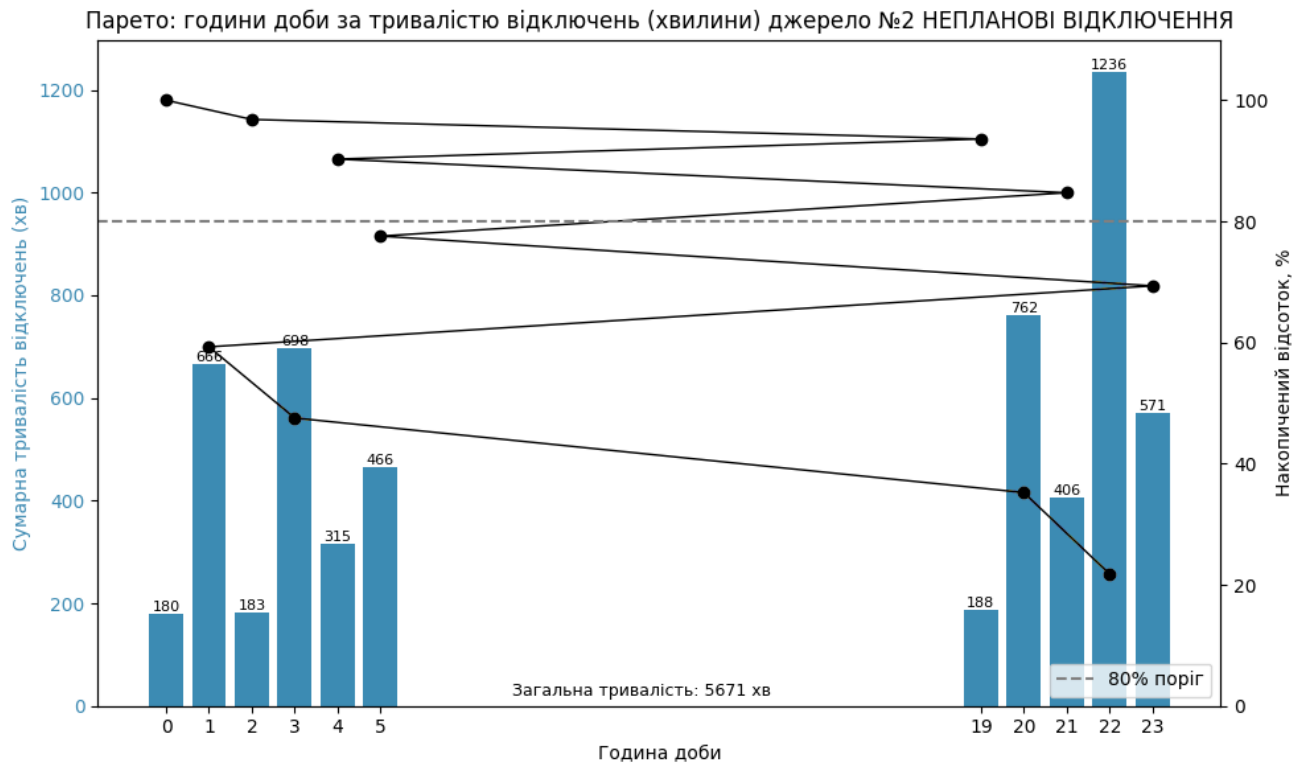
	Джерело №1	Джерело №2	Джерело №3
<b>Кількість відключень</b>			
Всього	76	235	161
Згідно графіку	45 (59,2%)	132 (56,2%)	70 (43,5%)
У буфері	11 (14,5%)	49 (20,9%)	30 (18,6%)
Позапланові	20 (26,3%)	54 (23,0%)	61 (37,9%)
<b>Тривалість</b>			
Всього	7 429 хв (124 год)	22 246 хв (371 год)	36 796 хв (613 год)
Згідно графіку, год	67 (54%)	204 (55%)	263 (42,9%)
У буфері, год	19 (15,3%)	73 (19,7%)	118 (19,2%)
Позапланові, год	38 (30,6%)	94 (25,3%)	232 (37,9%)

Для виявлення «гарячих» годин із найбільшими втратами часу побудуємо діаграми Парето за тривалістю непланових відключень для трьох джерел по годинах доби із накопиченням % тривалості, а потім проаналізуємо ключові результати.



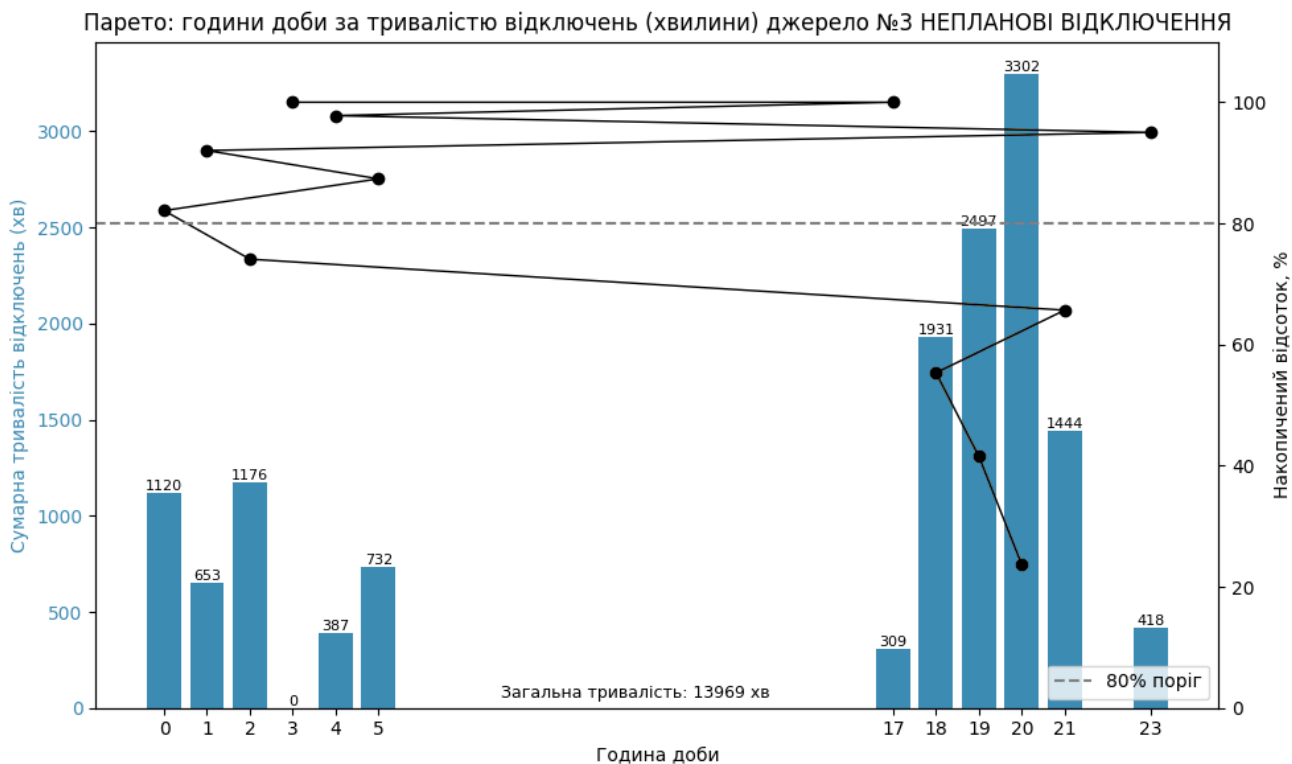
**Рисунок 4.23.** Графік дослідження тривалості непланових відключень, відносно години доби для Джерела 1.

Із графіку на Рисунку 4.23, видно, що найбільша частка простоїв припадає на годину 07:00, коли раптові знеструмлення тривають понад 650 хвилин загалом. Додатково суттєвою є вечірня година 22:00 – близько 550 хвилин. Нічні відключення о 01:00–02:00 год також помітні, але носять епізодичний характер. Години 07:00, 22:00, 06:00, 02:00 і 01:00 дають  $656 + 553 + 268 + 233 + 154 = 1864$  хв, що становить  $\approx 80,5\%$  від загальних 2 316 хв. У сумі саме ці п'ять годин (20%) формують близько 80% усіх непланових простоїв.



**Рисунок 4.24.** Графік дослідження тривалості непланових відключень, відносно години доби для Джерела 2

У випадку із Джерелом №2, найкритичнішою виявилася ніч із 22:00 до 23:00 год, коли тривалість відключень перевищила 1 200 хвилин. Слідом за нею стоять години 20:00 й 21:00 год із 760–770 хвилинами простою. Відключення в межах 01:00–05:00 год також дають значний внесок, але денні години практично вільні від аварій. Години 22:00, 20:00, 03:00, 01:00, 23:00, 05:00 і 21:00 дають  $1\,236 + 762 + 698 + 686 + 571 + 466 + 406 = 4\,825$  хв, що становить  $\approx 85,1\%$  від загальних 5 671 хв. Тобто  $7\text{год} / 24\text{год} = \approx 29\%$  годин доби, проти  $85,1\%$  загальної тривалості відключень по джерелу №2.



**Рисунок 4.25.** Графік дослідження тривалості непланових відключень, відносно години доби для Джерела 3

Із дослідження графіку для джерела №3 (рис. 4.25) зрозуміло, що понад половини загальної тривалості втрат припало на вечірній інтервал 18:00–21:00 год, піковою стала 20:00 год із більше ніж 3 300 хвилинами відключень. Нічні знеструмлення о 00:00–02:00 год становлять приблизно шістнадцять відсотків втрат. Майже весь проміжок із 06:00 до 16:00 год пройшов без значущих простоїв. Години 20:00, 19:00, 18:00, 21:00, 02:00 і 00:00 дають  $3\,302 + 2\,497 + 1\,931 + 1\,444 + 1\,176 + 1\,120 = 11\,470$  хв, що становить  $\approx 82,1\%$  від загальних 13 969 хв. Тобто 6 год / 24 год доби, дає 25% найкритичніших годин із всієї вибірки, що також наближено до трактування, що із  $\approx 20\%$  часу на який необхідно сфокусувати увагу, припадає  $\approx 80\%$  всієї тривалості непланових відключень.

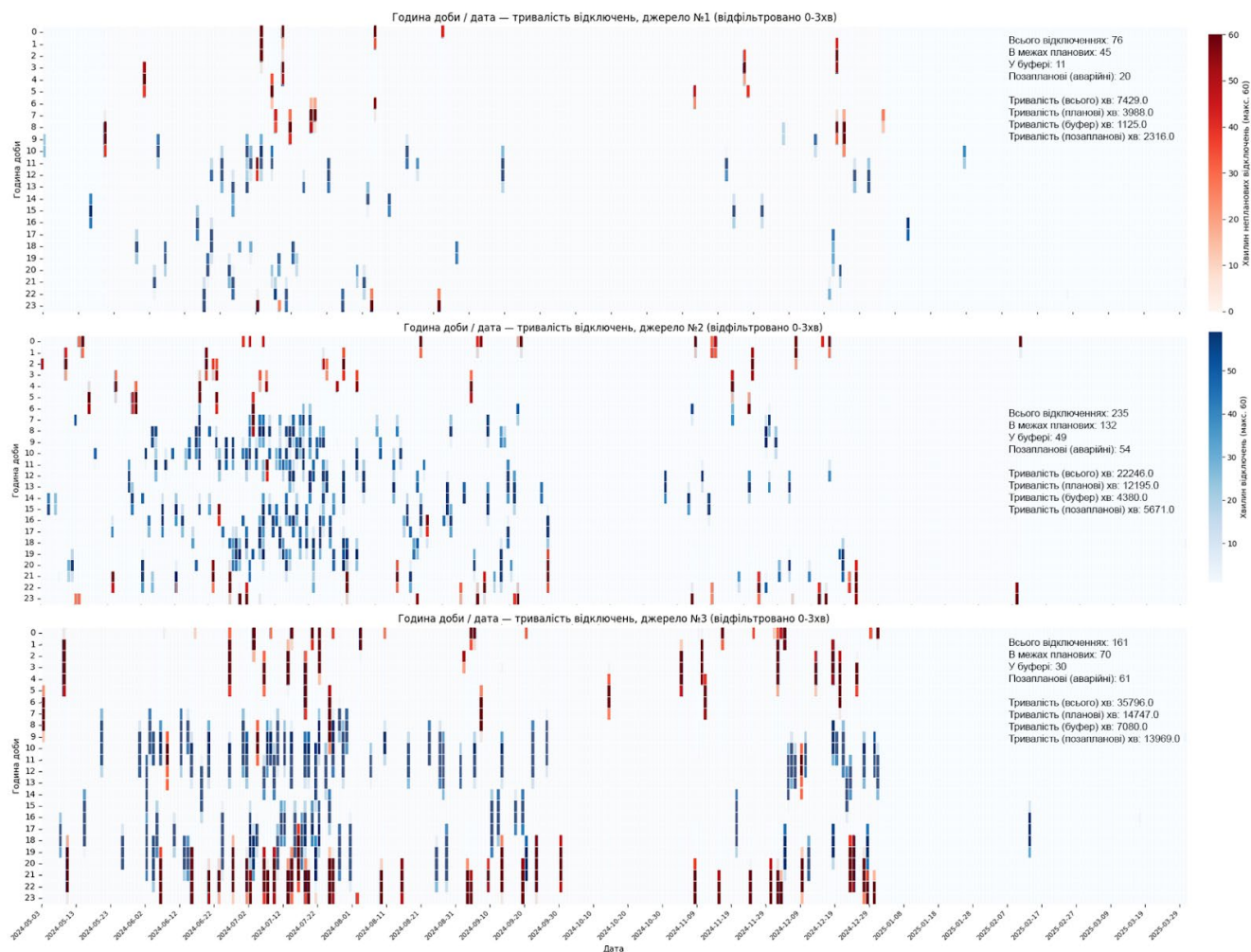
Таким чином, за результатом аналізу графіків на закон Парето, можемо дійти висновку, що для всіх трьох джерел  $\approx 80\%$  непрогнозованого простою припадає лише на 5-7 годин доби ( $\approx 20\%$ ), домінує вечірній пік 18:00 – 23:00. У кожного джерела є другий максимум, джерело № 1 – 06-07 год, джерело № 2 – ніч 01-05 год, джерело № 3 – 00-02 год.

На матриці (Рис. 4.26 ) відображено поєднані часові простори двох вимірів — годину доби (вісь Y) та календарну дату (вісь X) — і для кожного відключення закодовано його тривалість кольором, згідно градації насиченості (0-60хв). Червона палітра позначає аварійні (позапланові) відключення, синя — ті, що потрапили в межі планових чи буферних режимів. По суті, кожне вертикальне розташування червоних «пікселів» у певну годину й дату вказує на небажану, несподівану зупинку, тривалість якої пропорційна насиченості кольору.

У верхньому блоці (джерело №1) червоні маркери трапляються нерегулярно, але чітко видно кілька груп аварій у ранкові години (7–10 год), а також поодинокі випадки ввечері. Загалом аварійні зупинки тут найменш часті, і їх тривалість порівняно невелика — не перевищує кілька десятків хвилин (світліші відтінки червоного).

У середньому блоці (джерело №2) аварійні відключення розподілені більш рівномірно протягом дня: ранкові піки 3–5 год, з новим сплеском о 10–12 год, а також у вечірні години. Темно-червоні «смуги» свідчать про одиничні, але довготривалі аварійні відключення (до години й більше). Це вказує на ненадійності графіків у періоди пікового навантаження.

Нижній блок (джерело №3) демонструє найбільшу щільність аварій: інтенсивні червоні кластери вранці (5–9 год) і ввечері (18–22 год), що збігається з піковими годинами споживання. Кілька аварій тривають понад дві-три години (насичений бордовий колір). Така картина свідчить про критичність мережі цього джерела в години пік і реальну потребу в додаткових заходах.



**Рисунок 4.26.** Класифікація відключень на планові (блакитні) та аварійні (червоні, поза графіком і буферними зонами)

Таким чином за допомогою матриці (Рис. 4.26), можна зрозуміти, коли саме трапляються несподівані відключення протягом року і доби, порівняти міжсезонні закономірності аварійності трьох джерел та ідентифікувати часові «вікна» підвищеного ризику, де слід посилити моніторинг чи запровадити превентивні заходи. На даному етапу аналіз даних достатній для початку розробки моделі проєкту в межах проєкту.

#### **4.7. IMPROVE Моделі ефективності роботи та втрат на основі отриманих даних**

Одним із ключових завдань етапу Improve (DMAIC) є не стільки пошук «ідеального» процесу, скільки створення прототипу — концептуальної «пісочниці», у якій усі гіпотези щодо зменшення втрат можна швидко

обчислити, порівняти та задокументувати. З цією метою було змодельовано багаторівневий прототип моделі (див. Рис. 4.27), у якій первинні бази даних про електропостачання трансформуються у метричний простір Lean/Six Sigma, а далі повертаються у вигляді рішень циклу постійного вдосконалення. Таким чином ми отримуємо не статичний розрахунок, а цифровий “двійник процесу”, що дотримується принципів ТРМ — «ущільнюю, вимірюю, вдосконалюю».

#### **4.8 Розробка рішень у межах проєкту «Стійкість 4.0»**

Узагальнену логіку прототипу проєкту моделі у межах проєкту «Стійкість 4.0» базується на трьох рівнях. Перший рівень масиву даних, який був започаткований у підрозділі 4.5, 4.6, де були розглянуті і проаналізовані “сирі дані”. До другого рівня “Моделі” відносяться зовнішні входні змінні: коефіцієнти OEE (BASE\_AVAILABILITY → A, BASE\_PERFORMANCE → P, BASE\_QUALITY → Q), часові параметри (GENERATOR\_SWITCH\_TIME, REPAIR\_TIME), економічні ставки (COST\_PER\_UNIT, FUEL\_COST), капекси (PRICE\_GENERATOR, ...) та енергетичні коефіцієнти.

Сценарні блоки «Бездіяльність As Is», «Найближче рішення» (генератор) і «Складне, довгострокове» (генератор + АВР + ДБЖ). Кожен із них накладає власні ваги на змінні (див. Додаток Д)

Модель втрат – уніфікований калькулятор, що вираховує кількісні втрати (кг), втрати у штуках, розрахунковий OEE та фінансовий втрати. Останнім рівнем є рівень інтерпретації (репрезентації та аналізу) отриманих результатів. Результати обрахунків зберігаються до заданої бази у заданому форматі (.csv, .json, .sql і т.і.), а також передаються в модуль ВІДОБРАЖЕННЯ (дашборд). Пунктирна зелена стрілка «Постійне покращення» повертає агреговані KPI назад у блок «Зовнішні входні змінні», що запускає наступну ітерацію PDCA.

Деталізуємо потік даних, що складається із 5 етапів, згідно з Рисунком 4.27. Першим етапом є підготовка джерел, усі джерела проходять крізь функцію попередньої нормалізації: перевірка пропущених значень у базі, вирівнювання часової зони, видалення недійсних значень за рахунок перехресної верифікації на дійсність та лінійної фільтрації пропусків  $\leq 3$  сек.

Ідентифікація відключень за рахунок алгоритму change-point фіксує початок і кінець події.

Розрахунок ОЕЕ за формулою 4.3 обчислюється у векторизованому режимі, що дає змогу проганяти одразу кілька тисяч варіацій короткостроково:

$$OEE = A_0 \left( 1 - \frac{T_{\Sigma}}{T_{\text{план}}} \right) \times P_0 \left( 1 - \frac{Q_{\text{loss}}}{Q_{\text{теор}}} \right) \times Q_0 (1 - r_{\text{defect}}) \quad (4.3)$$

Рівень фінансової агрегації в якому враховується змінна ціни за шт, ремонт, ціна електроенергії, можливі інвестиції.

На відміну від класичних ОЕЕ-дашбордів, у прототипі енергетичний та інвестиційний шари інтегровані безпосередньо у формулу COPQ (вартість втрат), що відповідає методиці Cost Deployment TPM.

Запропонована можливість аналізувати результати і повертати їх у вхідні дані перетворює модель на інструмент цифрового Kaizen-Gate: кожен експеримент сценарієм одразу постачає дані для наступного поліпшення.

Завдяки параметризації Додаток Д модель адаптована для будь-якої безперервної лінії із подібною логікою ризиків «відключення->простій->брак».

У контексті проєкту аналізу надійності енергозабезпечення виробничої лінії кожен зі сценаріїв — «Бездіяльність», «Генератор» і «Генератор + АВР + ДБЖ» — виконує окрему функцію у дослідницькій логіці та відповідає різним горизонтам управлінського рішення. Їх вибір не випадковий: сукупно вони утворюють повний континуум від нульових капітальних витрат до максимальної інвестиційної «парасольки», дозволяючи кількісно оцінити як миттєвий, так і довгостроковий ефект втручання.

У межах проєкту «Стійкість 4.0» в якості рішень було визначено 3 можливих, серед основних критеріїв яких:

- до першого рішення – залишити як є «As-Is», ціллю якого є дослідження втрат, у випадку відсутності реакції, бездіяльність;

- друге рішення – найпростіше, залучає найменше інвестицій, було визначене, як придбання та монтаж відповідного потужності споживання дизель-генератора (найчастішого рішення, серед бізнесів, на сьогоднішній день),

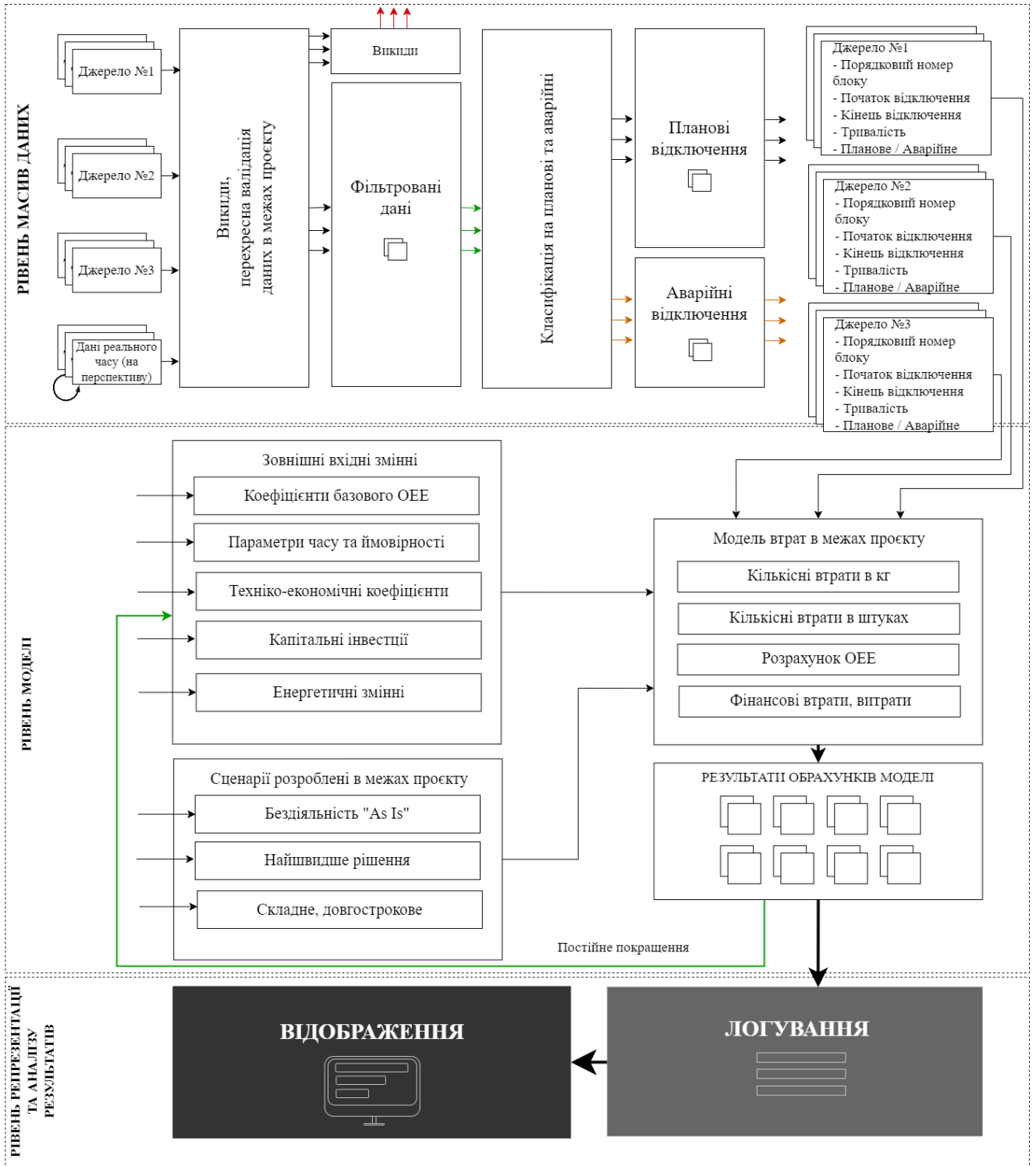
недоліком цього рішення є необхідність ручного запуску (втрати – зайві дії) та час для початку генерації (7-15+хв), ризик неможливості запустити завчасно;

- третє рішення – складне, довгострокове, ефективне, найбільше інвестиційне, ціллю дослідження є зрозуміти доцільність і можливість забезпечення енергонезалежності при різних умовах енергопостачання, одним із основних переваг цього рішення, є миттєве перемикання на резервне живлення без втрат і можливих поломок обладнання.

Створена модель була запущена для трьох незалежних джерел вихідного масиву («№1», «№2», «№3») та трьох варіантів реагування на знеструмлення описані вище: 1 – «Бездіяльність», 2 – «Генератор (ручний запуск)», 3 – «Генератор + АВР + ДБЖ (миттєве перемикання)».

Сценарій бездіяльності «as-is» слугує відправною точкою. Він моделює роботу лінії за умов, коли електроживлення надходить виключно з міської мережі, а кожне відключення спричиняє зупинку, ризик дефектів і потенційні поломки обладнання. Цей варіант фіксує базовий рівень ОЕЕ та базову величину втрат, отже формує «нульову» гілку дерева рішень, відносно якої всі подальші варіанти можуть демонструвати економію або приріст ефективності. Його включення є методично необхідним: без контрольного стану неможливо довести, що будь-яка інвестиція справді зменшує Cost of Poor Quality, а не лише перерозподіляє витрати.

Другий сценарій — дизель-генератор як мінімальна форма резервування. Тут реалізується принцип «low-hanging fruit»: у критичний момент енергія все ж подається, але з типовою затримкою п'ять хвилин на запуск і ручне перемикання. У моделі це означає, що втрати за статтею «очікування» зменшуються, а ймовірність поломки обладнання знижується наполовину, проте дефекти, що виникають під час старту й розігріву лінії, усе ще є. Цей сценарій дозволяє кількісно оцінити, наскільки «найдешевше» рішення знижує сумарний COPQ та чи виправдовують себе витрати на генератор і частковий монтаж. Ключова його важливість — у тому, що він окреслює мінімальний бар'єр входу для малого й середнього підприємства: якщо навіть базовий генератор окупається менш ніж за два роки, питання інвестування стає майже риторичним.



**Рисунок 4.27.** Блок-схема побудови моделі розрахунку, необхідні входні дані, необхідні етапи обробки, сценарії, очікувані результати

Третій, складний і довгостроковий сценарій об’єднує генератор, автоматичний ввід резерву (АВР) і джерело безперебійного живлення ДБЖ (із комплектом батарей). Комбінація забезпечує миттєвий перехід живлення (0.5с)

без просідання напруги, що у моделі нівелює втрати і за часом, і за якістю, продуктивність не страждає від п'яти хвилинних пауз, а дефектів через перепади енергії практично немає. Саме тому цей сценарій являє собою «верхню межу» ефективності — той рівень, при якому ОЕЕ наближається до потенційного максимуму, а річні втрати стають мінімальними. Його включення важливе з кількох причин. По-перше, воно показує, як виглядав би процес у стані «Six Sigma Green» щодо зовнішніх ризиків. По-друге, воно слугує цільовим орієнтиром для довгострокової стратегії капітальних інвестицій: підприємство бачить, яку суму потрібно вкласти і який еквівалентний обсяг втрат буде ліквідовано протягом життєвого циклу системи.

Таким чином трійка сценаріїв формує повноцінний ключ до прийняття ухвалення рішень: бездіяльність «As-Is» демонструє масштаб проблеми, «генератор» дає зрозуміти, які вигоди доступні за мінімальних вкладень, а «генератор + АВР + ДБЖ» встановлює верхню планку ефективності та показує, чи здатна компанія за допомогою інвестицій перейти з режиму реактивного реагування у режим проактивного контролю. Їх одночасне моделювання дає змогу не лише зіставити технічні коефіцієнти ОЕЕ, а й побачити повну картину потенційних втрат, де кожна втрачена одиниця продукція і економічна одиниця (грн) співвідноситься зі зменшенням щорічного Cost of Poor Quality, і тим самим підкріпити стратегічний вибір об'єктивними, відтворюваними результатами.

Будуємо моделі в середовищі розробки VisualStudio на мові програмування Python. Побудовані моделі наведені у Додатку Е, вхідні параметри у Додатку Д.

Проводимо моделювання надані відтворення результатів моделювання по джерелам №1, 2, 3 та рішенням 1, 2, 3, розрахунки наведені у Додатку Ж результати моделювання з точки зору ефективності роботи обладнання та цінності у таблиці 4.6 та фінансові Додатку Л.

**Таблиця 4.6.** Зведена таблиця результатів моделювання з точки зору ефективності роботи обладнання та цінності, по джерела №1, 2, 3 та трьох рішеннях, порівняння дивитись Додаток Р

Джерело	Рішення	ОЕЕ	Доступність (А)	Продуктивність (Р)	Якість (Q)	Час циклу моделі, с**	NVA моделі, %	VA моделі, %
1*	Безд.	61.97	85.51	75.71	95.72	0.32	27.2	72.8
1*	Ген.	76.36	93.78	84.42	96.46	0.287	18.8	81.2
1*	Ген.+++*	78.96	94.9	85.6	97.2	0.288	19.1	80.9
2*	Безд.	33.72	66.01	55.15	92.63	0.438	46.8	53.2
2*	Ген.	71.80	91.84	82.37	94.92	0.294	20.7	79.3
2*	Ген.+++*	78.96	94.9	85.6	97.2	0.288	19.1	80.9
3*	Безд.	40.79	71.34	60.77	94.07	0.398	41.5	58.5
3*	Ген.	71.83	91.54	82.06	95.64	0.295	21.0	79.0
3*	Ген.+++*	78.96	94.9	85.6	97.2	0.288	19.1	80.9

\* 1 – (125 год / рік, 76 відключень, 26% аварійні, середня тривалість 98хв);

2 – (375 год / рік, 235 відключень, 23% аварійні, середня тривалість 91хв);

3 – (600 год / рік, 161 відключення, 38% аварійні, середня тривалість 224хв)

\*\* Генератор + АВР + ДБЖ; \*\*\* Час такту: 0.233с; Час циклу за нормальних умов: 0.289 с; нормальний VA: 86%; нормальний NVA: 14%

Для джерела №1 (125 год/рік) рішення бездіяльності характеризується низькою ефективністю обладнання (ОЕЕ = 61,97%), суттєво підвищеним часом циклу (0,32 с), що на 37% перевищує номінальний цикл (0,233 с). Це призводить до значної частки втрат часу (NVA = 27,2%) і свідчить про неможливість повноцінно задовольняти виробничий попит, додаючи часу, що не несе цінності.

Впровадження простого **генератора** суттєво покращує ситуацію: знижується час циклу до 0,287 с, а загальна ефективність обладнання зростає до 76,36%. При цьому частка непродуктивних втрат часу знижується до 18,8%.

**Комплексне рішення** (генератор з АВР та ДБЖ) додатково оптимізує процеси, знижуючи час циклу до 0,288 с та максимально наближаючи показники доступності, продуктивності та якості до нормативних (OEE=78,96%, VA=80,9%). Це свідчить про повну відповідність резервної системи вимогам стабільного забезпечення виробничого циклу у межах проєкту.

Для джерела №2 (375 год/рік) ситуація **без резервування** є критичною (OEE = 33,72%), із суттєвими втратами продуктивності (55,15%) та доступності (66,01%). Це відображається у високому значенні NVA (46,8%) та майже двократному перевищенні часу циклу (0,438 с) порівняно з необхідним (0,233 с). Це свідчить про неможливість задоволення виробничого попиту навіть на базовому рівні. Простий **генератор** значно стабілізує показники процесу: зменшує час циклу до 0,294 с, покращує доступність до 91,84% і продуктивність до 82,37%. Відповідно, частка непродуктивних втрат скорочується до 20,7%, хоча залишається дещо високою. **Комплексне рішення** забезпечує найбільшу стабільність та ефективність, досягаючи майже нормативних параметрів (OEE=78,96%, VA=91,1%). Завдяки скороченню простоїв та аварійних зупинок виробничий процес максимально наближається до номінального циклу (0,288 с), а втрати часу становлять всього 8,9%, що є прийнятним для стандартних умов (норматив NVA=14%). Для джерела №3 (600 год/рік) за відсутності резервних рішень, ефективність виробництва є низькою (OEE = 40,79%), а втрати часу становлять 41,5% (NVA). Модельований час циклу майже вдвічі перевищує нормативний (0,398 с проти 0,233 с). Це унеможливорює стабільне функціонування виробничої лінії. Впровадження генератора суттєво покращує показники ефективності (OEE=71,83%), зменшуючи час циклу до 0,295 с і втрати до 21%. Однак залишається суттєвий розрив щодо номінальних параметрів. Найкращі результати демонструє комплексне рішення (генератор + АВР + ДБЖ), досягаючи майже нормативних показників (OEE=78,96%). Модельований час

циклу зменшується до 0,288 с, втрати часу становлять лише 8,9%, що відповідає рівню за стабільних умов.

З точки зору класичної логіки виробничих систем, більша кількість годин відключень мала б призвести до гірших показників ОЕЕ, однак тут ми спостерігаємо протилежне. Це пояснюється тим, що хоч кількість загальних годин відключень для джерела №3 вища (600 год проти 375 год), кількість самих відключень у нього значно менша (161 проти 235). Отже, хоча відключення й довші за тривалістю (224 хв проти 91 хв у середньому), їхня частота менша, що впливає на меншу кількість циклів запуску-відновлення виробничих процесів, поломок обладнання та браку продукції. Саме часті короткі, особливо неочікувані, відключення створюють суттєві втрати через втрату часу на зупинку і повторний запуск виробництва.

Систематичний порівняльний аналіз результатів розрахунків імітаційних моделей трьох сценаріїв рішень показав, що оптимальна стратегія жорстко залежить від інтенсивності та характеру відключень. За умов незначних збурень (125 годин/рік) простий генератор є достатнім рішенням, оскільки його вплив значно покращує основні параметри процесу.

При середньому та високому рівні нестабільності (375–600 год/рік) найоптимальнішим є **комплексне рішення** (генератор + АВР + ДБЖ), яке мінімізує час циклу, втрати продуктивності та забезпечує найбільшу стабільність виробничого процесу.

Таким чином, вибір оптимального рішення залежить від частоти, тривалості й аварійності відключень. Чим вища інтенсивність зовнішніх збурень, тим більш комплексним та інтегрованим має бути рішення для забезпечення стабільності виробничого циклу, максимізації ефективності роботи обладнання та мінімізації непродуктивних втрат часу.

#### **Висновки до розділу 4**

Четвертий розділ кваліфікаційної роботи присвячений системному аналізу технологічних, експлуатаційних і виробничих параметрів функціонування лінії виготовлення вермішелі швидкого приготування «Reeva зі смаком гострої

курки» на ТОВ «Євро Фуд Сервіс». У межах цього розділу було здійснено повну паспортизацію апаратурного комплексу, описано виробничу логіку та технічну архітектуру потокової лінії, проведено розрахунок ефективності роботи обладнання за методикою ОЕЕ, а також проаналізовано ризики, пов'язані з нестабільністю електропостачання. Особливий акцент зроблено на застосуванні методології DMAIC у рамках Lean Six Sigma та реалізації фази Measure – збору і верифікації статистичних даних, що слугують підґрунтям для прийняття управлінських рішень.

Технологічна лінія Broadyea FM530, що використовується на підприємстві, є прикладом сучасного комплексного обладнання, здатного забезпечувати високу продуктивність у режимі безперервного циклу. Дослідження виявило, що навіть найсучасніша інфраструктура виявляється вразливою у разі порушення безперервності енергопостачання. Проведений розрахунок ОЕЕ показав, що базовий рівень ефективності роботи обладнання становить близько 79%, що вважається прийнятним, однак вказує на існування значного резерву для оптимізації. Найбільші втрати зафіксовано на етапах уповільнення циклу пакування, а також унаслідок позапланових зупинок, зумовлених енергетичними перебоями. Збір «сирих даних» із трьох незалежних джерел протягом року дозволив побудувати детальну картину реальної динаміки знеструмлень, виявити сезонні й часові патерни, класифікувати події як планові, буферні або аварійні, а також оцінити їхній вплив на виробничу стабільність. На основі очищених і структурованих даних було розроблено імітаційні моделі та інтегроване рішення з генератором, АВР та ДБЖ. Моделювання продемонструвало, що при мінімальному рівні знеструмлень (до 125 год/рік) ефективність процесу значно підвищується вже за рахунок простої генераторної установки. Водночас при середньому й високому навантаженні (375–600 год/рік) лише комплексне резервування (генератор + АВР + ) дозволяє досягти стабільного ОЕЕ вище 78%, з мінімальними втратами часу та відхиленнями від нормативного такту.

Таким чином, проведений у розділі аналіз наочно підтверджує, що впровадження цифрових інструментів моніторингу, імітаційного моделювання й

багаторівневого енергетичного резервування є не лише доцільним, але й економічно обґрунтованим кроком до підвищення загальної ефективності виробництва. Розділ закладає ґрунт для фази Improve і Control у межах методології DMAIC та демонструє, як адаптивне виробництво може бути досягнуто шляхом інтеграції інженерного аналізу, цифрового слідкування та стратегічного планування.

## **РОЗДІЛ 5. АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЧОЮ ЛІНІЄЮ ВЕРМІШЕЛІ ШВИДКОГО ПРИГОТУВАННЯ REEVA ЗІ СМАКОМ ГОСТРОЇ КУРКИ»**

### **5.1. Загальний опис системи автоматизації технологічних процесів.**

Автоматизована система керування технологічними процесами (АСК ТП) виробництва вермішелі швидкого приготування «Reeva зі смаком гострої курки» побудована на базі PLC Siemens S7 S1200 і комплексу технічних засобів (КТЗ), що являє собою інтегровану платформу, яка забезпечує контроль та регулювання критичних етапів виробничого циклу за допомогою сучасних апаратно-програмних засобів. Ця система, побудована на основі контролера Siemens S7 S1200, здійснює обробку даних від численних сенсорів і пристроїв, підтримує зворотний зв'язок та автоматично коригує параметри виробничого процесу в режимі реального часу. Із схемою автоматизації виробничої лінії можна ознайомитись на Аркуші 3, а також із схемою комплексу технічних засобів автоматизованої системи керування технологічними процесами на Аркуші 4.

Незважаючи на високий рівень автоматизації, слід зауважити, що на даному виробництві відсутня інтеграція з MES/MOM рішеннями, які дозволяють автоматично розраховувати показники OEE (Overall Equipment Effectiveness). Відсутність цих рішень обмежує можливості повноцінної автоматизації аналізу ефективності виробництва, що вимагає додаткового ручного збору та обробки даних для розрахунку KPI. Проте, завдяки наявним НМІ-панелям, оператори мають можливість переглядати наскрізні параметри роботи усіх датчиків, що дозволяє отримувати оперативну інформацію про стан технологічних вузлів.

### **5.2. Аналіз лінії виробництва вермішелі швидкого приготування «Reeva зі смаком гострої курки», як об'єкт керування**

Система керування побудована на базі (програмовано логічного контролера) PLC Siemens S7 S1200 – високопродуктивного контролера, який забезпечує інтегровану обробку сигналів з енкодерів, термодатчиків, датчиків ваги, датчиків та сенсорів, також інших пристроїв, встановлених у технологічних

вузлах виробництва. Завдяки високій обчислювальній потужності і модульній архітектурі, контролер реалізує алгоритми автоматичного прийняття рішень, які дозволяють коригувати параметри процесу в режимі реального часу. Хоча система не має інтегрованого MES/MOM рішення, яке могло б автоматично розраховувати ОЕЕ, інформація з усіх сенсорів доступна через НМІ-панелі, що дозволяє оператору проводити аналіз роботи лінії та здійснювати налаштування.

Процес виробництва починається із підготовки сировинних компонентів – пшеничного борошна, води, солі та лужних добавок. Точність дозування забезпечується за допомогою автоматизованої вагової станції, де оператор встановлює необхідну масу через панель керування. Дані з вагових датчиків миттєво передаються до центрального контролера, що дозволяє регулювати подачу сировини через ємність-дозатор і вузол попереднього змішування.

У вузлі попереднього змішування здійснюється первинна гомогенізація сировини. Контроль температури в цьому етапі здійснюється за допомогою спеціалізованих термодатчиків, які відображають динаміку температурного режиму на НМІ-панелі. Це дозволяє оператору відслідковувати графік температурних змін та оперативно коригувати параметри змішування.

Після змішування тісто направляється до тісторозкатувального блоку, де здійснюється його розкатування до заданої товщини. Ключовим параметром цього етапу є **частота різь дозуючого ножа**, яка визначає кінцеву вагу порцій вермішелі (від 60 до 90 грам).

**Енкодери**, встановлені на конвеєрах до та після ножового вузла, забезпечують високоточне вимірювання швидкості руху.

Ці дані передаються до центрального контролера, що дозволяє системі автоматично коригувати частоту різь, забезпечуючи стабільне формування порцій із заданою вагою.

Інтелектуальні алгоритми аналізують поточні параметри і підлаштовують роботу ножа у відповідності із заданою програмою.

Вермішель піддається обробці парою в спеціальній камері пропарювання.

Тут здійснюється контроль температури пари та часу обробки за допомогою високоточних термодатчиків.

Дані постійно відправляються до PLC, що дозволяє автоматично коригувати режим подачі пари і забезпечувати оптимальні умови для формування структури продукту.

Цей етап є критично важливим для досягнення необхідної еластичності та стабільності структури вермішелі.

Після пропарювання вермішель переходить до фритюрної камери, де вона обсмажується у високоолеїновій соняшниковій олії.

**Теплообмінник подачі олії** з високоточними датчиками температури контролює нагрів олії до оптимального рівня.

Контролер аналізує дані з датчиків, забезпечуючи рівномірне обсмаження та мінімізацію теплових втрат.

Режим роботи фритюрної камери автоматично регулюється для досягнення необхідної текстури та хрусткості кінцевого продукту.

Готова продукція направляється до камери охолодження, де відбувається швидке зниження температури за допомогою вентиляційної системи.

Система використовує датчики температури та швидкості повітря, які відправляють дані до центрального контролера.

На основі цих даних система регулює роботу вентиляційних пристроїв, забезпечуючи стабільне охолодження, що є критичним для збереження органолептичних властивостей вермішелі.

На заключному етапі готова вермішель подається до пакувальної лінії, де здійснюється автоматизований контроль якості:

**Інспекційні камери** здійснюють візуальний контроль продукції, перевіряючи її на відповідність стандартам.

Автоматизовані **роботи-укладчики** розміщують порції у пакувальні ємності, після чого **пакувальний автомат** завершує процес, здійснюючи запаювання упаковок.

Додаткові системи контролю, такі як **камера металодетекції**, забезпечують виявлення сторонніх домішок.

Автоматизована система керування технологічними процесами (АСК ТП) здійснює безперервний моніторинг всіх ключових параметрів за допомогою численних сенсорів та пристроїв:

**Контроль частоти різу дозуючого ножа** є центральним параметром, що визначає точність формування порцій вермішелі. Алгоритми системи аналізують показники енкодерів, що встановлені на конвеєрах, та автоматично коригують роботу ножа, щоб забезпечити кінцеву вагу порції в межах 60–90 грам.

Дані з сенсорів температури, встановлених у камерах пропарювання, фритюрній та охолоджувальній зонах, використовуються для автоматичного регулювання режимів обробки. Це забезпечує оптимальний температурний баланс і стабільну якість продукції.

Система інтегрована з інтерфейсами НМІ, що дозволяють оператору отримувати наскрізну інформацію про роботу всіх датчиків і пристроїв:

На НМІ-панелях відображаються графіки, тренди та поточні показники, що забезпечує оперативний контроль за параметрами виробництва.

Оператор може в режимі реального часу переглядати дані з енкодерів, термодатчиків, датчиків ваги та інших вимірювальних пристроїв, що дозволяє своєчасно виявляти та коригувати відхилення від нормативних значень.

Цей підхід сприяє підвищенню ефективності роботи виробничої лінії та зниженню ризиків, пов'язаних з людським фактором.

Контролер **Siemens S7 S1200** є ядром системи, що забезпечує:

- Високу обчислювальну потужність для обробки даних із численних датчиків.
- Реалізацію алгоритмів автоматичного коригування технологічних параметрів, що дозволяють підтримувати оптимальний режим роботи виробничої лінії.
- Інтерфейс для інтеграції з НМІ-панелями, завдяки чому оператор може отримувати детальну інформацію про всі аспекти виробничого процесу.
- Надійне збереження та обробку історичних даних, що використовуються для аналізу ефективності та подальшої оптимізації виробництва.

На сучасних виробництвах автоматизація технологічних процесів часто доповнюється інтеграцією MES/MOM рішень, які забезпечують автоматичний розрахунок показників OEE (Overall Equipment Effectiveness) та інші управлінські функції, однак на ТОВ «Євро Фуд Серві», доки це рішення не реалізовано.

Завдяки високій інтеграції системи з НМІ-панелями, дані з усіх сенсорів доступні для оперативного моніторингу, що дозволяє здійснювати своєчасний аналіз та корекцію технологічних параметрів.

Завдяки високоточному контролю частоти різку дозуючого ножа та синхронізації роботи конвеєрів, система забезпечує формування порцій вермішелі з точністю до заданої ваги (60–90 грам), що сприяє стабільності якості кінцевого продукту.

Автоматизація основних технологічних етапів, включаючи регулювання температурних режимів у камерах пропарювання, фритюрній та охолоджувальній зонах, дозволяє оптимізувати використання енергоресурсів та знизити виробничі втрати. Автоматизоване коригування режимів у режимі реального часу забезпечує безперервну роботу лінії із високою продуктивністю.

Автоматизована система керування технологічними процесами виробництва вермішелі швидкого приготування «Reeva зі смаком гострої курки» на базі **PLC Siemens S7 S1200** забезпечує високоточний контроль над усіма етапами виробничого циклу. Завдяки інтеграції інтелектуальних алгоритмів управління, використанню сенсорів для вимірювання параметрів та НМІ-панелей для оперативного моніторингу, система дозволяє підтримувати стабільну якість кінцевої продукції та оптимізувати технологічні процеси.

Незважаючи на відсутність інтегрованого MES/MOM рішення, що могло б автоматично розраховувати показники OEE, можливість перегляду наскрізних даних через НМІ забезпечує гнучкий доступ до інформації та дозволяє операторам проводити детальний аналіз роботи виробничої лінії. Таким чином, система сприяє підвищенню ефективності, зменшенню виробничих втрат і забезпеченню високих стандартів якості продукції, що відповідає сучасним вимогам ринку та стандартам харчової безпеки.

У майбутніх дослідженнях необхідно буде визначити можливість / необхідність інтеграції MES/MOM рішення у існуючу систему АСК ТП виробництвом.

### 5.3. Характеристика комплексу технічних засобів

Комплекс технічних засобів (КТЗ) — це сукупність апаратних компонентів, що забезпечують фізичну реалізацію функцій автоматизованої системи управління технологічними процесами. У рамках сучасної автоматизації промислових підприємств КТЗ включає пристрої збору, обробки, передавання та відображення інформації, а також засоби керування виконавчими механізмами та взаємодії з людино-машинними інтерфейсами.

До складу КТЗ зазвичай входять: програмовані логічні контролери (ПЛК), операторські панелі, технологічні сервери, робочі станції, модулі введення/виведення, датчики, енкодери, приводи, комунікаційне обладнання та мережеві інтерфейси, виконавчі механізми. Організація КТЗ визначає функціональну ієрархію системи автоматизації, яка реалізує збирання технологічних даних, їхнє опрацювання, прийняття рішень, передавання команд на нижній рівень та виведення інформації оператору, сповіщення про граничні значення (тривоги, попередження тощо).

У контексті виробництва локшини швидкого приготування, КТЗ забезпечує автоматизоване керування всіма технологічними етапами: від змішування інгредієнтів до охолодження готового продукту. Архітектура побудована на модульному принципі відповідно до ієрархічної структури стандартів IEC 62264 та ISA-95, та охоплює три рівні автоматизації — верхній, середній та нижній. Із схемою КТЗ можна ознайомитись переглянувши Аркуш 4.

**Верхній рівень** виконує функції візуалізації, архівування, аналітики, формування звітності та взаємодії з персоналом. Його складовими є:

- АРМ (SCADA HMI) — операторське робоче місце, яке дозволяє здійснювати моніторинг процесів у реальному часі, перегляд архівів, віддалене керування параметрами та ручну корекцію дій.

- Технологічний сервер — центр обробки і зберігання інформації, що забезпечує безперервний обмін даними між ПЛК і SCADA-системою, архівування параметрів, логування подій і підтримку бази даних.

- Комутатор MikroTik RB4011iGS+RM — пристрій маршрутизації та сегментації промислової мережі, який забезпечує надійну та безпечну передачу даних по TCP/IP Ethernet.

Всі пристрої **верхнього рівня** пов'язані між собою за допомогою індустріального Ethernet з використанням протоколів TCP/IP-комунікації. Обмін даними є повнодуплексним і підтримує високу пропускну здатність, необхідну для роботи SCADA в режимі реального часу.

Центральним елементом **середнього рівня** є програмований логічний контролер Siemens S7-1200, розміщений у шафі ЦП. Контролер реалізує логіку технологічного процесу та координує дії всіх підсистем.

Особливістю реалізації є наявність модуля розширення CM1241, що дозволяє організувати зв'язок з блоком резервного управління (БРУ) через послідовний інтерфейс Modbus RTU (RS-485).

Контролер виконує наступні функції:

- опитування датчиків і реєстрація параметрів з нижнього рівня;
- передавання керуючих сигналів на частотні перетворювачі та виконавчі механізми;
- контроль аварійних станів;
- синхронізація з SCADA через Ethernet;
- взаємодія з ШУ 1, 2 і 3 через мережу PROFINET, що забезпечує обмін даними з мінімальною затримкою.

На **нижньому рівні** розташовані фізичні пристрої, датчики, сенсори, частотні перетворювачі, що взаємодіють із середовищем — вимірюють параметри та виконують вплив на технологічні об'єкти згідно програми і технологічних вимог.

#### **5.4. CONTROL – розробка системи моніторингу та контролю у межах проєкту «Стійкість 4.0»**

Однією з ключових складових впровадження концепції Lean та Six Sigma у межах проєкту «Стійкість 4.0» є фаза контролю (Control), у даному контексті розробляються заходи, що передбачають створення ефективної системи моніторингу та контролю технологічних процесів. Зокрема, важливим завданням є забезпечення дистанційного моніторингу роботи резервних систем забезпечення живлення з можливістю контролю їхніх параметрів і керуванні у реальному часі, що значно знижує ризики втрати продуктивності та підвищує стійкість виробничого процесу.

Реалізація етапу контролю і диспетчеризації здійснюється у кілька систематизованих етапів із використанням циклу PDCA (Plan, Do, Check, Act).

На першому етапі має бути проведено брифінг із замовником із метою визначення ключових вимог до автоматизації дизельного генератора. За результатами брифінгу формується технічне завдання (ТЗ), яке окреслює основні критерії автоматизації, необхідні параметри для моніторингу, а також вимоги до безпеки дистанційного доступу.

Наступний етап передбачає детальний аналіз технічної документації дизельного генератора моделі. Це дозволить чітко визначити його специфікації, межі можливостей автоматизації та необхідні умови для забезпечення ефективної роботи.

Третій етап включає консультації з технічними фахівцями та постачальниками обладнання. Це дозволить уточнити ключові деталі щодо специфіки підключення генератора, параметри його роботи, а також вибору оптимальних технічних рішень для забезпечення надійної диспетчеризації.

На основі отриманих даних формулюється та остаточно погоджується детальне технічне завдання, що враховує всі додаткові рекомендації та корективи замовника. Далі здійснюється організація роботи технічного персоналу з підготовки фізичного підключення обладнання та налаштування базових параметрів.

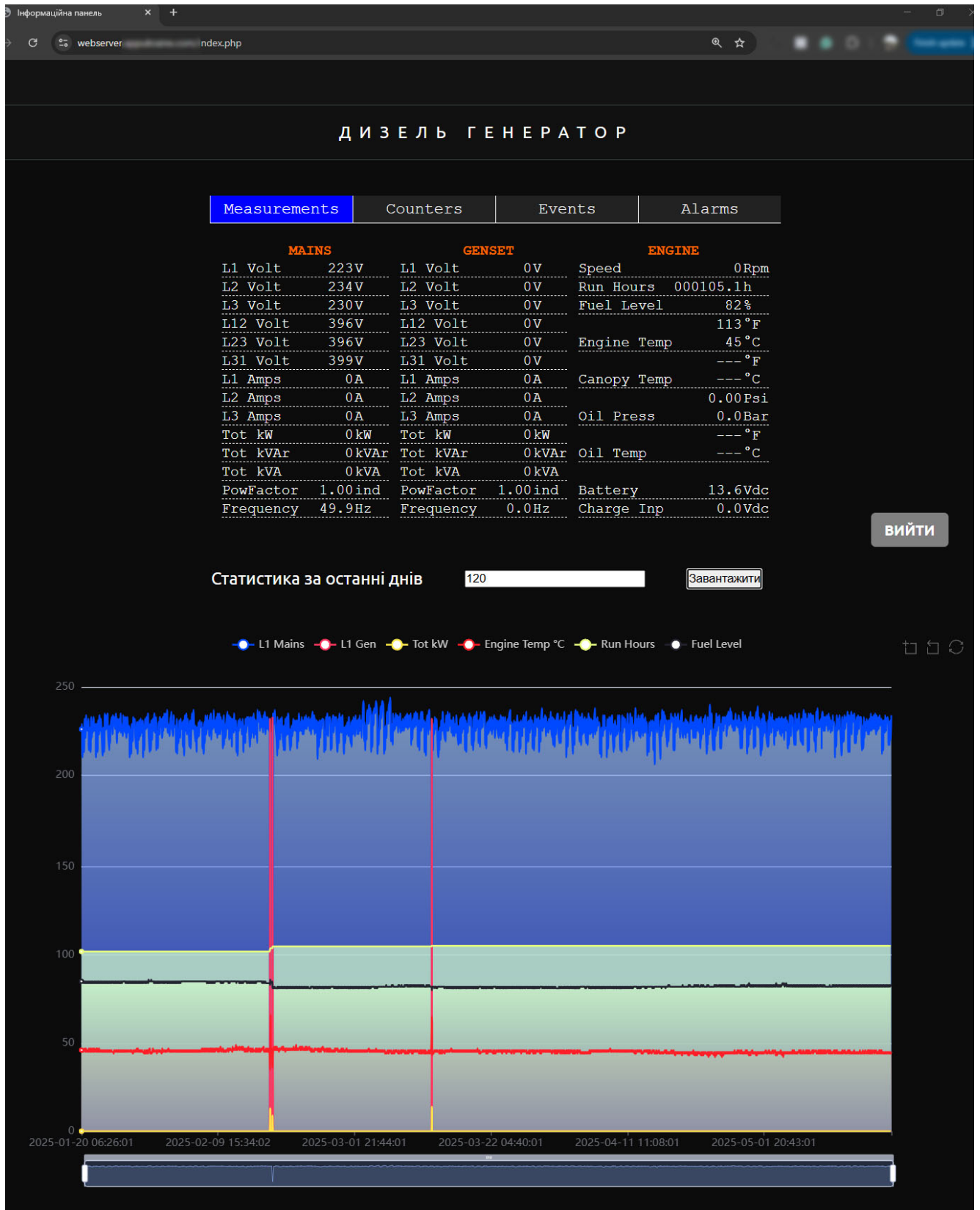
Підключення до програмованого логічного контролера (ПЛК) дизельного генератора є важливим кроком у реалізації завдання. Використання внутрішнього ПЛК дозволяє здійснити необхідні налаштування, забезпечити стабільну роботу пристрою та організувати безпечний доступ через локальну мережу із керуванням, без необхідності втручання у промислову мережу управління лінією (графічна частина Аркуш 4) середнього рівня виробництва (Додаток М).

Для реалізації мережевого доступу та дистанційного контролю встановлюється модуль TCP/IP, який надає можливість підключення генератора до мережі через стандартний порт RJ45. Даний модуль є важливим компонентом для подальшої інтеграції генератора в глобальну мережу (WAN).

Важливим етапом є реалізація безпечного дистанційного доступу до генератора через WAN. Для цього використовуються захищені протоколи зв'язку, що дозволяє забезпечити надійний захист від несанкціонованого доступу.

Наступним кроком є створення зручного веб-інтерфейсу для моніторингу параметрів роботи генератора у реальному часі. Інтерфейс розробляється з урахуванням принципів візуального менеджменту, що полегшує процес контролю за виробничими параметрами (Рис. 5.1).

Для забезпечення можливості аналізу історичних даних роботи генератора були розроблені спеціальні програмні скрипти, які здійснюють запис та архівацію параметрів роботи генератора з відповідними часовими мітками. Проводиться ретельне тестування роботи цих скриптів з метою забезпечення коректності та надійності запису інформації.



**Рисунок 5.1.** Панель відображення архівних і поточних значень із дизель генераторної установки (Детальніше дивитись Рис. 5.2, Рис 5.3, Рис 5.4)

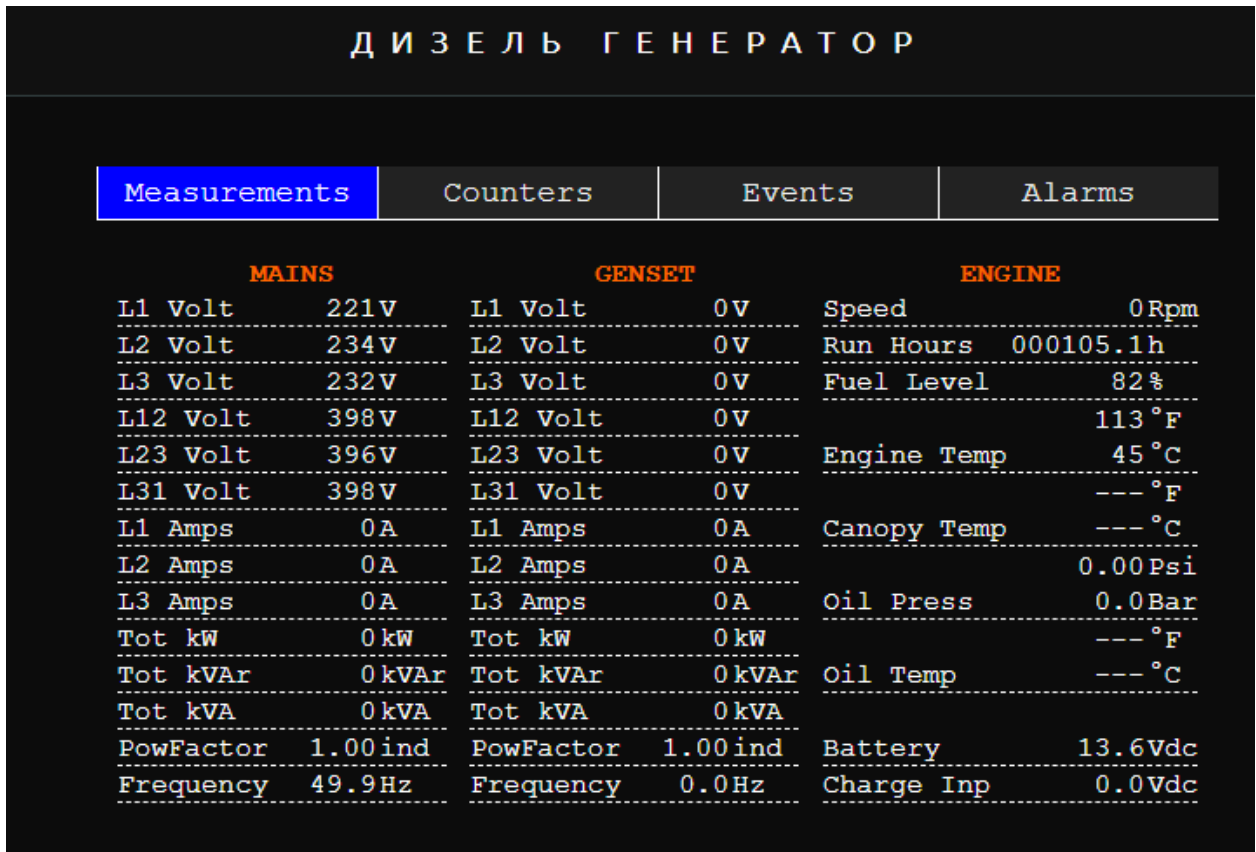


Рисунок 5.2. Панель відображення поточних значень (в реальному часі) із дизель генераторної установки

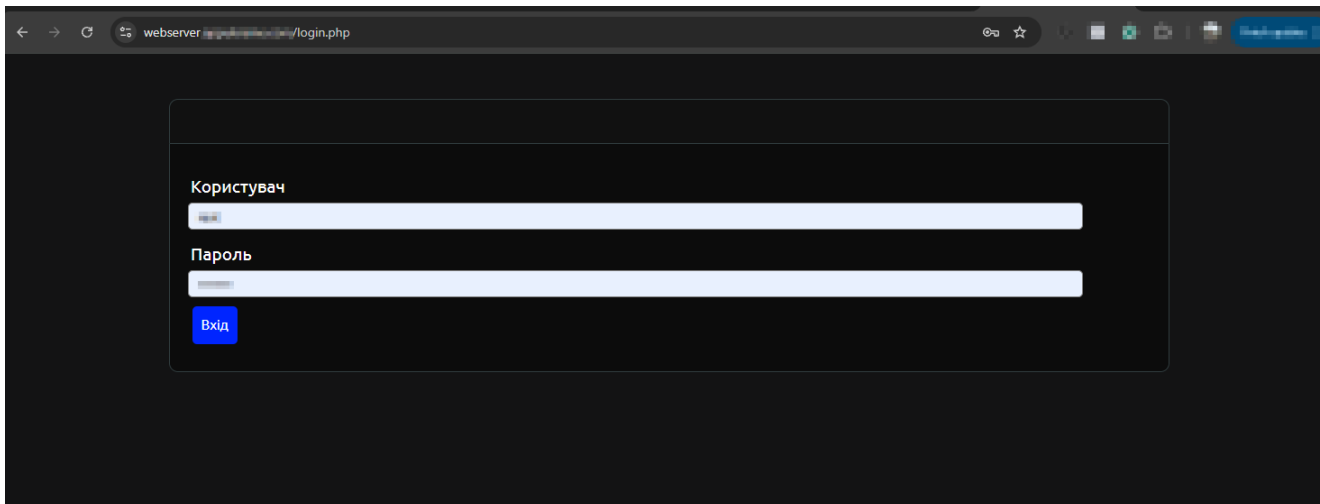


Рисунок 5.3. Панель відображення архівних показників із дизель генераторної установки (червона лінія – робота генератора, синя – наявність ЕЕ в мережі)



**Рисунок 5.4.** Можливість дослідження цільового відключення для енергетиків

З метою забезпечення конфіденційності та захисту даних реалізується система автентифікації користувачів через логін та пароль. Даний захід гарантує, що доступ до моніторингу параметрів роботи генератора матимуть лише авторизовані особи (Рис. 5.5).



**Рисунок 5.5.** Система автентифікації у панель керування

Завершальним етапом є фінальне тестування системи, яке дозволяє виявити і усунути останні недоліки, забезпечуючи безперебійну роботу системи диспетчеризації. Після підтвердження стабільності роботи система вводиться в експлуатацію та передається замовнику для подальшого використання. Приклад логування подій наведено на Рисунку 5.6.

ДИЗЕЛЬ ГЕНЕРАТОР																	
Measurements				Counters				Events				Alarms					
##	Event	Alarm	Date	Time	Mode	State	Mains V1	Mains V2	Mains V3	Mains Freq	Genset V1	Genset V2	Genset V3	Genset I1	Genset I2	Genset I3	Genset Total P
0	Mode Change	--	21-03-2025	14:40:00	AUTO	Engine At Rest	231 V	221 V	231 V	49.9 Hz	0 V	0 V	0 V	0 A	0 A	0 A	0 kW
1	Mode Change	--	21-03-2025	14:39:26	OFF	Engine At Rest	230 V	221 V	231 V	49.9 Hz	0 V	0 V	0 V	0 A	0 A	0 A	0 kW
2	Genset Stop	--	13-03-2025	11:27:08	AUTO	Stop Idle Speed	231 V	221 V	230 V	49.9 Hz	73 V	73 V	73 V	0 A	0 A	0 A	0 kW
3	Mains Rest	--	13-03-2025	11:25:05	AUTO	Load Ramping Down	229 V	230 V	227 V	49.9 Hz	233 V	233 V	233 V	0 A	0 A	0 A	0 kW
4	GenOffLoad	--	13-03-2025	11:25:04	AUTO	Load Ramping Down	231 V	229 V	227 V	49.9 Hz	231 V	234 V	241 V	33 A	6 A	6 A	9 kW
5	GenOnLoad	--	13-03-2025	11:10:16	AUTO	Gen CB Activation	0 V	0 V	0 V	0 Hz	232 V	232 V	232 V	0 A	0 A	0 A	0 kW
6	Genset Run	--	13-03-2025	11:10:12	AUTO	Crank Rest	0 V	0 V	0 V	0 Hz	0 V	0 V	0 V	0 A	0 A	0 A	0 kW
7	Mains Fail	--	13-03-2025	11:10:09	AUTO	Mains Failure	69 V	63 V	71 V	0 Hz	0 V	0 V	0 V	0 A	0 A	0 A	0 kW
8	Warning	Service 1 Request	23-02-2025	09:43:23	AUTO	Engine At Rest	228 V	224 V	224 V	50.0 Hz	0 V	0 V	0 V	0 A	0 A	0 A	0 kW
9	Genset Stop	--	17-02-2025	19:14:20	AUTO	Stop Idle Speed	232 V	225 V	226 V	49.9 Hz	64 V	64 V	64 V	0 A	0 A	0 A	0 kW
10	Mains Rest	--	17-02-2025	19:12:16	AUTO	Load Ramping Down	232 V	226 V	225 V	50.0 Hz	232 V	231 V	232 V	0 A	0 A	0 A	0 kW
11	GenOffLoad	--	17-02-2025	19:12:16	AUTO	Load Ramping Down	232 V	225 V	227 V	50.0 Hz	232 V	233 V	232 V	9 A	0 A	8 A	2 kW
12	GenOnLoad	--	17-02-2025	18:14:27	AUTO	Gen CB Activation	0 V	0 V	0 V	0 Hz	232 V	231 V	231 V	0 A	0 A	0 A	0 kW
13	Genset Run	--	17-02-2025	18:14:23	AUTO	Cranking	0 V	0 V	0 V	0 Hz	0 V	0 V	0 V	0 A	0 A	0 A	0 kW
14	Mains Fail	--	17-02-2025	18:14:20	AUTO	Mains Failure	0 V	0 V	0 V	0 Hz	0 V	0 V	0 V	0 A	0 A	0 A	0 kW
15	Genset Stop	--	17-02-2025	11:49:01	AUTO	Stop Idle Speed	220 V	217 V	231 V	50.0 Hz	56 V	56 V	56 V	0 A	0 A	0 A	0 kW

**Рисунок 5.6.** Панель архіву подій, коли була активність дизель генераторної установки

Таким чином, розроблена система моніторингу і контролю в межах проєкту «Стійкість 4.0» дозволяє створити ефективну систему контролю параметрів системи резервного забезпечення, підвищувати стійкість виробництва та мінімізувати втрати, спричинені зовнішніми чинниками, зокрема перебоями в енергопостачанні.

## Висновки до розділу 5

П'ятий розділ кваліфікаційної роботи присвячено дослідженню автоматизованої системи керування виробничою лінією вермішелі швидкого приготування «Reeva зі смаком гострої курки» та розробки рішень інтеграції моніторингу резервного енергоживлення в межах проєкту «Стійкість 4.0». У ході дослідження було детально охарактеризовано як архітектуру самої системи автоматизації, побудовану на базі PLC Siemens S7 S1200, так і комплекс технічних засобів, які забезпечують збирання, обробку, передавання й візуалізацію критичних параметрів виробничого процесу.

Система автоматизації охоплює всі ключові етапи виробничого циклу: від дозування сировини до фінального пакування продукції, дозволяючи досягти високої точності керування параметрами, зокрема температурними режимами, частотою різку, швидкістю руху конвеєрів та охолодження. Завдяки гнучкій модульній структурі та використанню інтелектуальних алгоритмів контролю, система забезпечує стабільну якість продукції, оперативне виявлення відхилень і своєчасне реагування, що мінімізує втрати та підвищує загальну ефективність.

Хоча на даному етапі впровадження підприємство не використовує MES/MOM-рішення для автоматичного розрахунку показників OEE, широке використання НМІ-панелей дозволяє операторам отримувати повну картину стану технологічних вузлів у реальному часі. Це частково компенсує відсутність централізованої платформи моніторингу, дозволяючи підтримувати високий рівень прозорості та контролю над виробництвом.

Особливо вагоме значення у цьому розділі має реалізація етапу CONTROL методології DMAIC у рамках проєкту «Стійкість 4.0». Було розроблено і систему дистанційного моніторингу параметрів роботи дизельного генератора, що слугує резервним джерелом живлення на випадок перебоїв в енергопостачанні. Використання інтерфейсів TCP/IP, візуальних панелей, архівування параметрів та захищеного доступу забезпечить створення повноцінної системи диспетчеризації, здатної не лише оперативно реагувати на збої, але й зберігати історичні дані для подальшого аналізу і інтеграції у інтелектуальні системи.

Комплекс технічних засобів, представлений у роботі, побудований відповідно до ієрархічної моделі промислової автоматизації (IEC 62264 / ISA-95), що дозволяє ефективно координувати дії між верхнім (SCADA, архівування, візуалізація), середнім (логічне управління PLC) та нижнім рівнями (сенсори, виконавчі механізми). Це підтверджує високий рівень інженерної реалізації та відповідність сучасним міжнародним стандартам.

Таким чином, розділ 5 демонструє не лише високий технічний рівень впроваджених рішень, а й логічну завершеність концепції цифрового керування виробничими процесами. Об'єднання традиційної автоматизації із системами енергетичної стійкості створює надійний фундамент для побудови гнучкого, ефективного й адаптивного виробництва, готового до викликів нестабільного зовнішнього середовища. У подальшому рекомендовано розглянути можливість інтеграції повноцінної MES-платформи, що дозволить автоматизувати аналітику, підвищити прозорість KPI та надати підприємству додаткові інструменти для прийняття стратегічних рішень.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі виконано повний цикл досліджень, спрямований на підвищення стійкості та ефективності виробництва вермішелі швидкого приготування на ТОВ «Євро Фуд Сервіс». Проаналізовано сучасний стан світової й української індустрії локшини швидкого приготування: визначено ключові тренди зростання, вплив воєнних дій на логістику й енергетику, а також окреслено виклики, серед яких домінують стабільність в електропостачанні, зростання собівартості та потенційні втрати продукції.

Досліджено організаційно-фінансовий профіль підприємства-лідера ринку, виявлено його потенціал і вузькі місця, що зумовило вибір об'єкта та предмета дослідження.

Було проведено «аналіз зацікавлених сторін» керівництво підприємства, технічний, технологічний, організаційний, економічний рівень та їх вимоги, серед яких зниженні ризиків зриву постачання та збереженні контрактної дисципліни, вивчення впливу тривалості та частоти відключень на ключові показники роботи обладнання та процесів, моделювання імітаційних сценаріїв трьох найчастіших сценаріїв відключень, розрахунок втрат у кількісному (брак/втрачена продукція) та та дані для фінансових розрахунків фінансового департаменту.

В ході комплексного дослідження технологічних та експлуатаційних параметрів для реалізації подальшого операційного вдосконалення було визначено ефективність роботи обладнання (ОЕЕ) за умов стабільної безперервної роботи, що складає 79%, доступність обладнання, доступність обладнання 94,9%, продуктивність обладнання 85,6% та якість 97,2%.

На основі отриманих вхідних даних підприємства та аналізу зацікавлених сторін було розроблено межі проєкту під кодовою назвою «Стійкість 4.0», де окреслені керівники та спонсори проєкту, проблеми, задачі, команда, що поза межами проєкта, а також можливі ризики та обмеження (Define).

В межах проєкту «Стійкість 4.0» було розроблено математичну модель для визначення втрат, для дослідження характеру даних із трьох джерел.

Було здійснено статистичний аналіз даних із джерел і визначено їх характеру, відфільтровано нерелевантні дані, класифіковано на планові й аварійні та визначено їхній вплив на доступність обладнання, продуктивність і якість (Analyze).

Було запропоновано 3 варіанти рішень, в межах забезпечення безперебійної роботи та підвищення ефективності роботи безперервної лінії: бездіяльність («гасіння пожеж», по мірі надходження), генератор (повільний час реакції, дешевий варіант) та комплексний резервно-технічне (генератор, із автоматичним введенням резерву, що дає автоматичний запуск генератора та джерела безперебійного живлення, що забезпечують резервне живлення, на період виходу генератора на генеруючі потужності).

Було розроблено імітаційні моделі кількісних, економічних втрат, втрат ефективності, протестовано три сценарії реагування (без дій, дизель-генератор, генератор + АВР + ДБЖ) і доведено, що комплексне (швидка реакція, дороге рішення) резервне живлення дозволяє скоротити непродуктивні втрати часу з 46,8% до 8,9% і підвищити ОЕЕ до цільових 79%.

Повільне введення резерву (рішення 2) показало задовільні результати, що знижує ефективність роботи від -48% до -9% втрат у порівнянні із бездіяльністю, втрати від повільної реакції на аварійні відключення, все одно є і в обсязі року та масштабів виробництва рішення 2 проти рішення 3, це 0,2 м проти 0,6 місяців окупності (Improve).

Було комплексно досліджено АСУ ТП виробництва та можливість інтеграції моніторингу і керування дизель генераторною установкою, запропоновано архітектуру IoT-моніторингу резервного енергоживлення з захищеним веб-інтерфейсом, що забезпечує віддалений контроль параметрів у реальному часі, без інтеграції у мережу технологічних процесів, такий принцип формує базу для наступних PDCA-ітерацій (Control).

Таким чином, поставлені завдання — виконано в повному обсязі. У межах кваліфікаційної роботи було не лише ідентифіковано й проаналізовано критичну проблему забезпечення безперервного виробництва, втрат виробничої ефективності через перебої з енергопостачанням, а й реалізовано повний цикл

вдосконалення процесу за DMAIC методологією. Результатом стало створення обґрунтованих сценаріїв реагування, аналітичних моделей кількісних втрат, зниження ефективності (ОЕЕ), економічних втрат, а також рекомендацій із впровадження системи контролю, які разом забезпечують зростання стійкості виробництва, зменшення простоїв, підвищення ОЕЕ та наближення підприємства до принципів цифрової трансформації й операційної досконалості ощадливого виробництва.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. DiXi Group «Майже 2 тисячі годин тривали відключення електроенергії у 2024 році». Вебсайт. URL: <https://dixigroup.org/2-tysyachi-godyn-diya-ly-vidklyuchennya-svitla-dlya-naselennya-u-2024-roczy/> (дата звернення: 05.01.2025)
2. Про критичну інфраструктуру : Закон України від 16.11.2021 № 1882-IX. *Відомості Верховної Ради (ВВР)*. 2023. № 5. ст.13.
3. Деякі питання об'єктів критичної інфраструктури. Постанова Кабінету Міністрів України від 09.10.2020 № 1109. *Урядовий кур'єр*. 2020. 10 жовт. (№ 35). С. 10.
4. Возненко О.М. Забезпечення безпеки об'єктів критичної інфраструктури: європейський і національний підходи. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Публічне управління та адміністрування*. Київ : ТНУ імені В.І. Вернадського, 2023. Том 34(73). № 4. Р 7-13. DOI <https://doi.org/10.32782/TNU-2663-6468/2023.4/02>
5. Salah S., Ahmad M. Integration of Energy Saving with Lean Production in a Food Processing Company. *Journal of Machine Engineering*, 2021. Vol. 21(4). P. 118-133. DOI:[10.36897/jme/142394](https://doi.org/10.36897/jme/142394).
6. Why Six Sigma? «Lean Six Sigma Synergy with IoT and Industry 4.0». Вебсайт. URL: <https://www.6sigmastudy.com/article?title=Lean-Six-Sigma-Synergy-with-IoT-and-Industry-4-point-0> (дата звернення: 05.01.2025)
7. Про критичну інфраструктуру : Закон України від 16.11.2021 № 1882-IX. Стаття 21. Завдання, права та обов'язки операторів критичної інфраструктури. *Відомості Верховної Ради (ВВР)*. 2023. № 5. ст. 10.
8. Nestlé запускає нове виробництво на Волині. Nestle – Вебсайт URL: <https://www.nestle.ua/media/pressreleases/allpressreleases/nestle-launches-new-production>. (дата звернення: 07.01.2025).
9. Nestlé is building a new \$45 million new pasta factory in Ukraine, Volyn region». InVenture – Вебсайт. URL: <https://inventure.com.ua/en/news/world/nestle-is-building-a-new-dollar45-million-new-pasta-factory-in-ukraine-volyn-region> (дата звернення: 07.01.2025).

10. «Instant Noodles Market to Reach US\$73.988 Billion by 2030; Driven by Escalating Global Demand for Convenience Foods». GlobeNewsWire, Research and Markets. Вебсайт. URL: <https://www.globenewswire.com/news-release/2025/02/14/3026680/28124/en/Instant-Noodles-Market-to-Rich-US-73-988-Billion-by-2030-Driven-by-Escalating-Global-Demand-for-Convenience-Foods.html> (дата звернення: 15.02.2025).

11. «Dried & instant noodles in the Ukraine: price trends and leaders in online retail in Q4 2023». JustFood, GlobalData. Вебсайт. URL: <https://www.just-food.com/data-insights/pricing-product-analysis-dried-instant-noodles-the-ukraine/> (дата звернення: 15.02.2025).

12. Пшеничні реалії: вимушений експорт до ЄС». АПК ІНФОРМ – Веб-портал. URL: <https://www.apk-inform.com/uk/exclusive/topic/1531226> (дата звернення: 16.02.2025).

13. Ukraine's food exports by the numbers. World Economic Forum – Вебсайт. URL: <https://www.weforum.org/stories/2022/07/ukraine-s-food-exports-by-the-numbers/> (дата звернення: 16.02.2025).

14. Far from Ukraine, Indonesia's favourite noodles run out of stock. Aljazeera : новинний вебсайт. URL: <https://www.aljazeera.com/news/2022/3/21/as-ukraine-war-sends-wheat-pas-indonesians-asking-wheres-indomie> (дата звернення: 16.02.2025).

15. How instant noodles are conquering America. Sherwood Digital Editorial – Вебсайтю URL: <https://sherwood.news/business/how-instant-ramen-noodles-are-conquering-america/>. (дата звернення: 16.02.2025).

16. Інфляційний звіт Січень 2025. Національний Банк України – офіційний веб-портал. URL: [https://bank.gov.ua/admin\\_uploads/article/IR\\_2025-Q1.pdf](https://bank.gov.ua/admin_uploads/article/IR_2025-Q1.pdf) (дата звернення: 16.02.2025).

17. Security and the Coming Winter. Ukraine's Energy Security and the Coming Winter. International Energy Agency. URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/cec49dc2-7d04-442f-92aa-54c18e6f51d6/UkrainesEnergySecurityandtheComingWinter.pdf> (дата звернення: 18.02.2025).

18. Офіційний Веб Сайт ТОВ «Євро Фуд Серів». URL: <https://www.eufservice.com/> (дата звернення: 18.02.2025).
19. Rice Noodles Market Report by Cooking Method (Instant, Conventional), Product (Vermicelli, Stick, Wide, and Others), Distribution Channel (Supermarkets and Hypermarkets, Convenience Stores, Online Stores, and Others), and Region 2025-2033. Imarc Group, Report ID: SR112025A3706. URL: <https://www.imarcgroup.com/rice-noodles-market>. (дата звернення: 05.03.2025)
20. Instant Noodles Market - Forecasts from 2025 to 2030. Intelligence LLP. URL: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5682037/instant-noodles-market-forecasts-from-2025-to> (дата звернення: 05.03.2025).
21. Global Demand of Instant Noodles TOP 15. WINA. URL: <https://instantnoodles.org/en/noodles/demand/ranking/> (дата звернення: 05.03.2025).
22. World Instant Noodles Association, Euromonitor. Morgan Stanley Research. URL: <https://sherwood.news/business/how-instant-ramen-noodles-are-conquering-america/> (дата звернення: 05.03.2025).
23. Towards a green transition of the energy sector in Ukraine, UNDP (2023). Update on the Energy Damage assessment June 2023. URL: <https://www.undp.org/ukraine/publications/towards-green-transition-energy-sector-ukraine> (дата звернення: 05.03.2025)
24. How the Russian invasion of Ukraine has further aggravated the global food crisis. European Council. Council of the European Union. URL: <https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/how-the-russian-invasion-of-ukraine-has-further-aggravated-the-global-food-crisis/#0> (дата звернення: 05.03.2025)
25. Статистика Національного Банку України. *Офіційний веб-портал*. URL: <https://bank.gov.ua/ua/statistic> (дата звернення: 05.03.2025).
26. Schreuder N.W. Maximizing flexibility through minimizing changeover time. Enschede : Universteit Twente, 2014. 52p.
27. Heineken Case Study (Total Productive Maintenance Programme) by N.W. Schreuder. URL: <https://8946096.fs1.hubspotusercontent-eu1.net/hubfs/8946096/Henkan%20Case%20Study%20PDF%20Files/Case%20Studies>

[%20V.%202024/Heineken%20-%20TPM%20Case%20Study%20NEW%202024.pdf](#)

(дата звернення: 05.03.2025)

28. I. de Vries. Enhancing the productivity of a one-way bottling and packaging production line. Enschede : Universteit Twente, 2019. 98p.

29. Continuous Improvement: Efficiency and productivity in the food industry. Case Study of Kaizen Institute. URL: <https://kaizen.com/insights/continuous-improvement-food-industry/>(дата звернення: 05.03.2025)

30. Cusiatado A. M., Farfán N. Y., Rada L. C. Systematic Review on Lean Manufacturing in the Productivity of the Food Industry. on *4th LACCEI International Multiconference on Entrepreneurship, Innovation and Regional Development (LEIRD 2024): "Creating solutions for a sustainable future: technology-based entrepreneurship"* Universidad Tecnológica del Perú, 2024. Vol 01. 10p. DOI:10.18687/LEIRD2024.1.1.325

31. Garcia-Garcia G., Singh Y., Jagtap S. Optimising Changeover through Lean-Manufacturing Principles: A Case Study in a Food Factory. *Sustainability*, 2022; Vol. 14. P. 8279. DOI: 10.3390/su14148279.

32. ISO 50001 Energy Management System Case Study of Novoorzhytskyi sugar plant LLC. Case Study. Agro-industrial holding Astarta. URL: <https://www.cleanenergyministerial.org/content/uploads/2022/03/cem-em-casestudy-astarta-ukraine.pdf> (дата звернення: 05.03.2025)

33. ASTARTA started implementing a five-year investment program aimed at upgrading agrimachinery. Agro-industrial holding Astarta. URL: <https://astartaholding.com/en/astarta-started-implementing-a-five-year-investment-program-aimed/> (дата звернення: 05.03.2025)

34. Sustainability report. Agro-industrial holding Astarta. URL: [https://astartaholding.com/wp-content/uploads/2023/04/astarta\\_sustainability-report\\_2022.pdf](https://astartaholding.com/wp-content/uploads/2023/04/astarta_sustainability-report_2022.pdf) (дата звернення: 05.03.2025).

35. Astarta Signed a Memorandum of Understanding during the Conference on Ukraine's Development and Reconstruction in Tokyo. Agro-industrial holding Astarta. URL: <https://astartaholding.com/en/astarta-pidpisala-memorandum-pro->

[spivrobotnicztvo-pid-chas-konferenci%D1%97-z-rozvitku-ta-vidbudovi-ukra%D1%97ni-u-tokio/](#) (дата звернення: 05.03.2025).

36. Annual report. Astarta Holding PLC. URL: <https://astartaholding.com/wp-content/uploads/2025/04/2024-annual-report.pdf> (дата звернення: 05.03.2025)

37. Astarta-Kyiv's Post. LinkedIn. URL: [https://www.linkedin.com/posts/astarta-kyiv\\_even-a-small-improvement-can-make-a-big-activity-7195707260768067585-PmZ5](https://www.linkedin.com/posts/astarta-kyiv_even-a-small-improvement-can-make-a-big-activity-7195707260768067585-PmZ5) (дата звернення: 05.03.2025)

38. Astarta SPC 2024. Project Number 49269. URL: <https://disclosures.ifc.org/project-detail/SII/49269/astarta-spc-2024> (дата звернення: 05.03.2025)

39. МХП створює групу компаній для діджиталізації бізнесу. URL: <https://epravda.com.ua/news/2019/11/15/653742/> (дата звернення: 05.03.2025)

40. «Типова помилка – цифрувати хаос». Компанії зі списку «Чемпіони діджиталізації» від Forbes та KPMG інвестують мільйони в цифрові рішення. Як це роблять «Фармак», МХП, «Кернел» та Interpipe». *Forbes Ukraine – новинний веб-портал*. URL: <https://forbes.ua/innovations/tipova-pomilka-tsifruvati-khaos-kompanii-zi-spisku-chempioni-didzhitalizatsii-vid-forbes-ta-kpmg-investuyut-milyoni-u-tsifrovi-rishennya-yak-tse-robyat-farmak-mkhp-kernel-ta-interpipe-28012025-26455> (дата звернення: 05.03.2025)

41. МНР Biogas. EBR – Project ID 49301. URL: <https://www.ebrd.com/home/work-with-us/projects/psd/49301.html> (дата звернення: 05.03.2025).

42. МНР: the example of Ukrainian-German eco-innovative partnership. *Forbes Ukraine – новинний веб-портал*. URL: <https://mhp.com.ua/en/press-releases/MHP%3A%20the%20example%20of%20Ukrainian%20-%20German%20eco-innovative%20partnership> (дата звернення: 05.03.2025).

43. Вумек П. Дж., Джонс Д. Ощадливе виробництво. Київ : Фабула, 2019. 448 с.

44. Пащенко Б. С. Науково-дослідницький практикум. Модуль 1 : методичні рекомендації до вивчення дисципліни та виконання лабораторних робіт для здобувачів освітнього ступеня “Магістр” спеціальностей 181 “Харчові технології”,

133 “Галузеве машинобудування”, 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології” міждисциплінарної освітньо-наукової програми “LEAN-виробництво харчової продукції” денної форми навчання. Київ : НУХТ, 2021. 123 с.

45. Вашека О. М., Пащенко. Б. В. Lean-виробництво харчової продукції : метод. рекомендації до вивч. дисципліни та провед. практ. занять для здобувачів освітнього ступеня «Магістр» зі спеціальностей 181 «Харчові технології», 133 «Галузеве машинобудування», 151 «Автоматизація та комп’ютерноінтегровані технології» міждисциплінарної освітньо-наукової програми Lean-виробництво харчової продукції ден. форм навч. Київ : НУХТ, 2022. 38 с

46. Ощадливе виробництво: концепція, інструменти, досвід: наук.-практ. Видання / Т. В. Омеляненко, О. В. Щербина, Д. О. Барабась, А. В. Вакуленко. Київ : КНЕУ, 2009. 157с.

47. Шук Дж. Керувати, щоб навчити(ся): Використання АЗ-процесу управління для того, щоб вирішувати проблеми, заручатися підтримкою, наставляти та вести вперед. Київ : Lean Institute Ukraine, 2021. 152 с.

48. Ощадливе виробництво. *Вікіпедія. Вільна енциклопедія* : веб-сайт. URL: <http://surl.li/bktem> (дата звернення: 12.10.2024)

49. Економічна модель ощадливого виробництва та послуг. *Дія. Бізнес* : веб-портал. URL: <https://business.diia.gov.ua/handbook/impact-investment/ekonomichna-model-osadlivogo-virobnictva-ta-poslug> (дата звернення: 08.11.2024).

50. Види втрат у ощадливому виробництві. *BPI Group* : веб-сайт. URL: <https://bpi-group.com.ua/uk/blog/vidi-vtrat-u-oshhadlivomu-virobnicztvi/> (дата звернення: 16.11.2024).

51. Lean-культура розв'язання проблем. *Lean Institute Ukraine* : веб-сайт. URL: <https://lean.org.ua/lean-problem-solving> (дата звернення: 18.11.2024).

52. Lean Manufacturing, LEAN. Технології і концепції Industry 4.0. *IT-ENTERPRISE* : веб-сайт. URL: <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/lean-manufacturing> (дата звернення: 21.11.2024).

53. Ланкастер Дж. Лідерство в стилі LEAN: шлях до постійного вдосконалення вашого бізнесу. Київ: K.FUND, 2023. 240 с.

54. Вашека О. М., Логінова А. О. Lean-виробництво харчової продукції [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до проведення практичних занять для здобувачів освітнього ступеню "Магістр" зі спеціальностей 181, 133, 174 міждисциплінарної освітньо-наукової програми "Lean-виробництво харчової продукції" денної форми здобуття освіти. Київ : НУХТ, 2024. 50 с.

55. Зубар Н. М. Теоретичні основи харчових технологій : підручник. Київ : Видавничий дім «Кондор», 2020. 304 с.

56. Langstrand J. An introduction to value stream mapping and analysis. Linköping: Linköping University Electronic Press, 2016. 28p.

57. How to Use Process & Value Stream Maps (for MAXIMUM Benefit). *YouTube*: відеохостинг. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=pz8wCXjIxDE> (дата звернення: 18.11.2024).

58. Lean, або ошадливе виробництво. *Гречка* : веб-сайт. URL: <https://gre4ka.info/suspilstvo/40776-lean-abo-oshchadlyve-vyrobnytstvo>. (дата звернення: 18.11.2024).

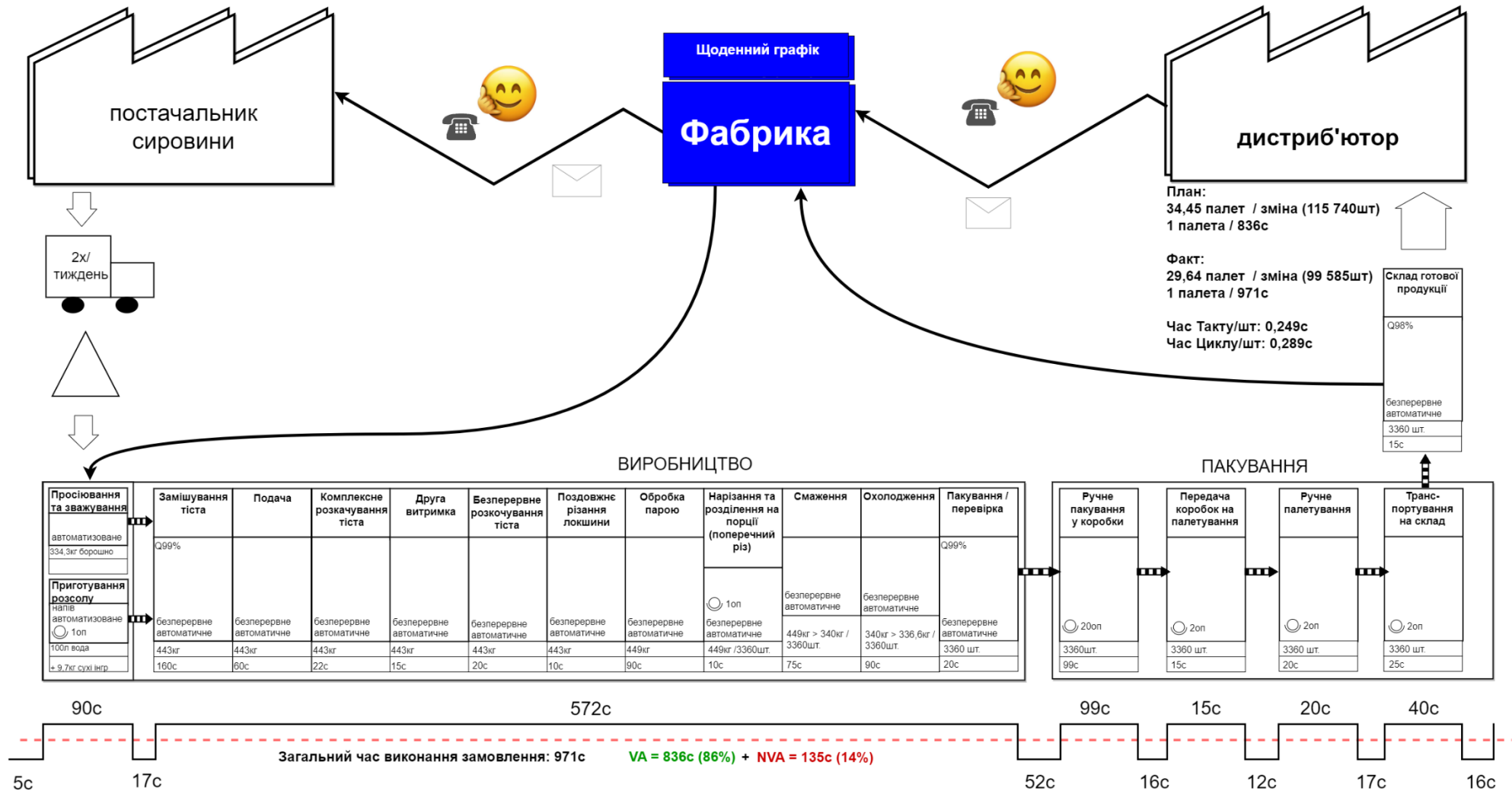
59. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання : ДСТУ 3008:2015. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 26 с.

60. Інноваційні технології харчових виробництв : монографія / І. Берник та ін. Вінниця : ФОП Кушнір Ю. В., 2022. 300 с.

61. Вомак Дж., Джонс Д., Рус Д. Машина, що змінила світ: Історія лін-виробництва - таємної зброї "Тойоти" в автомобільних війнах. Київ : Пабулум, Lean Institute Ukraine, 2017. 388 с.

## **ДОДАТКИ**

Додаток А



Карта поточного стану процесу виробництва вермішелі швидкого приготування "Reeva зі смаком гострої курки"

## Додаток Б

## Межі проєкту (Project Scope) «Стійкість 4.0»

<b>Назва Проєкту</b>	Стійкість 4.0	<b>Керівник Проєкту</b>	Головний технолог / Інженер АСК ТП		<b>Спонсори Проєкту</b>	ТОВ «Євро Фуд Сервіс»
<b>Опис Проєкту</b>	У межах цього проєкту буде розглянуто вплив аварійних та планових відключень електроенергії на виробничу ефективність лінії виготовлення вермішелі швидкого приготування «Reevo зі смаком гострої курки» на ТОВ «Євро Фуд Сервіс». Аналіз охоплює всі етапи виробництва — від підготовки сировини до пакування і складування готової продукції, з фокусом на втрати продуктивності, кількісні та економічні втрати, які виникають через перебої з енергопостачанням.					
<b>Визначення Проблеми</b>			<b>Задачі Проєкту</b>			
<p>Відсутність системної адаптації виробництва до аварійного відключення Електроенергії, що створює ризики зриву постачання та втрат продукції, втрати ефективності роботи обладнання (OEE).</p> <p>Усі наявні розрахунки виробничої діяльності та ефективності OEE, випуску зроблені без урахування впливу нестабільного електропостачання.</p> <p>Зупинки понад 3 хв призводять до відбраковки частини продукції, втрати в камері фритюру, втрати часу на чистку та запуск, і в 20% випадків – до поломок.</p> <p>Ці втрати не обліковані у фінансових звітах, проте мають суттєвий вплив на час циклу та втрати як кількісні так і економічні.</p>			<p><b>Розробити:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• моделі впливу різних сценаріїв тривалості та частоти відсутності Електроенергії (короткий 100г/рік, середній 300г/рік, тривалий 600г/рік);</li> <li>• кількісну та економічну оцінку втрат при кожному з них;</li> <li>• три сценарії реагування (пасивний, швидке рішення, складне рішення(повний резерв і швидка реакція)) та порівняння їх ефективності;</li> <li>• рекомендації щодо впровадження алгоритмів дій при кожному типі знеструмлення;</li> <li>• рекомендації, щодо контролю</li> </ul> <p><b>SMART-мета:</b> зменшити втрати продукції на <math>\geq 50\%</math>, при відключеннях, зберігши рівень якості, поточний коефіцієнт OEE та контракти з дистриб'юторами.</p>			
			<b>Поза межами Проєкту</b>			
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Проєкт не включає юридичну або тендерну процедуру закупівлі обладнання</li> </ul>			
<b>Команда Учасників</b>	<b>Ролі</b>	<b>Час (г)</b>	<b>Терміни Проєкту</b>		<b>Ризики та Обмеження</b>	
Консультант Six Sigmas	внутрішній Lean-координатор або зовнішній фахівець		<b>Дата</b>	<b>Ціль</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Обмеження у зборі даних: не всі дані щодо відключень енергії або втрат можуть бути задокументовані або доступні у цифровому вигляді</li> <li>• Нестабільність зовнішніх факторів: непередбачувані графіки знеструмлень унеможливають повну стандартизацію реагування</li> <li>• Відсутність MES/MOM-систем: автоматичне OEE-моніторинг відсутній, розрахунки виконуються вручну.</li> <li>• Обмежений час та ресурси на імітаційне моделювання: складність у побудові достовірної моделі без фактичних замірів споживання потужностей вузлами</li> <li>• Обмеження у впровадженні рішень: реалізація часткового або повного резервування залежить від бюджету підприємства та готовності керівництва до інвестицій</li> <li>• Фізичні обмеження обладнання: частина машин може не підтримувати гарячий запуск або повний цикл відновлення без втрати продукту</li> </ul>	
Технолог	виконавець		Квітень 2024	початок збору даних		
Економіст	виконавець		Квітень 2025	формування сценаріїв та введення в моделі		
Інженер-енергетик	виконавець		Травень 2025	імітаційне моделювання втрат та OEE при знеструмленні		
Начальник зміни	виконавець		Червень 2025	розрахунок економічного ефекту, пропозиції впровадження		
Data-Аналітик	формування моделей втрат і ефективності		Липень 2025	рекомендації, фінальний звіт		
Оператори лінії	беруть участь у розробці SOP та сценаріїв поведінки					

## Додаток В

## ЕКСПЛІКАЦІЯ до Аркушів 1, 2

Позиція	Найменування	Кількість
1	Пневмотранспорт борошна	1
2	Фільтр	1
3	Силос для зберігання борошна	2
4	Металомагнітний очищувач	2
5	Просіювач	2
6	Шнековий транспортер	1
7	Проміжний силос	2
8	Стіл наважування	1
9	Монітор	1
10	Ваги	1
11	Кліп-бокс	1
12	Ваги	1
13	Бак холодної води	1
14	Водопідігрівач	1
15	Бак гарячої води	1
16	Візок	2
17	Ваговий дозатор	1
18	Ємність-дозатор	1
19	Вузол попереднього змішування	1
20	Витратомір розсолу	1
21	Тістомісильна машина безперервної дії	1
22	Розсільний бак	1
23	Розподільча тарілка	1
24	Тісторозкатувальний блок	1
25	Ніж поздовжньої різки	1
26	Камера пропарювання	1
27	Розпилювальна форсунка	1
28	Бак приготування поливального розсолу	1
29	Сітчастий транспортер	1
30	Дозуючий ніж	1
31	Зворушувач	1
32	Осередковий транспортер фритюру	1
33	Фритюрна камера	1

## Експлікація до Аркушу 3

№	Назва	Відношення	Тип	Примітка
1	LE 1a	ШУ 1	DI	рівень макс
2	TE 1a	ШУ 1	AI	контроль температури
3	LE 2a	ШУ 1	DI	рівень макс
4	TE 2a	ШУ 1	AI	контроль температури
5	LE 1b	ШУ 2	DI	рівень макс
6	OE 1b	ШУ 2	AI	оптичний датчик натяжіння тіста
7	OE 2b	ШУ 2	DI	оптичний датчик на розрив тіста
8	OE 3b	ШУ 2	AI	оптичний датчик натяжіння тіста
9	OE 4b	ШУ 2	AI	оптичний датчик натяжіння тіста
10	OE 5b	ШУ 2	AI	оптичний датчик натяжіння тіста
11	OE 6b	ШУ 2	AI	оптичний датчик натяжіння тіста
12	OE 7b	ШУ 2	AI	оптичний датчик натяжіння тіста
13	OE 8b	ШУ 2	AI	оптичний датчик натяжіння тіста
14	OE 9b	ШУ 2	AI	оптичний датчик натяжіння тіста
15	OE 10b	ШУ 2	AI	оптичний датчик натяжіння тіста
16	ENC 1b	ШУ 2	AI	енкодер швидкості руху лінії залежить від ENC 1c
17	TE 1c	ШУ 3	AI	контроль температури зона 1
18	TE 2c	ШУ 3	AI	контроль температури зона 2
19	TE 3c	ШУ 3	AI	контроль температури зона 3
20	TE 4c	ШУ 3	AI	контроль температури
21	LE 1c	ШУ 3	DI	рівень макс
22	ENC 1c	ШУ 3	AI	енкодер швидкості різки ножа поперечної різки
23	TE 5c	ШУ 3	AI	контроль температури в теплообміннику
24	TE 6c	ШУ 3	AI	контроль температури фритюра зона 1
25	TE 7c	ШУ 3	AI	контроль температури фритюра зона 2
26	TE 8c	ШУ 3	AI	контроль температури фритюра зона 3
27	TE 9c	ШУ 3	AI	контроль температури фритюра зона 4
28	TE 10c	ШУ 3	AI	контроль температури фритюра зона 5
29	TE 11c	ШУ 3	AI	контроль температури фритюра зона 6

## Продовження додатку Г

1	2	3	4	5
30	TE 12c	ШУ 3	AI	контроль температури фритюра зона 7
31	TE 13c	ШУ 3	AI	контроль температури фритюра зона 8
32	TE 14c	ШУ 3	AI	контроль температури фритюра зона 9
33	TE 15c	ШУ 3	AI	контроль температури фритюра зона 10
34	LE 2c	ШУ 3	DI	рівень макс
35	LE 3c	ШУ 3	DI	рівень мін
36	ENC 2c	ШУ 3	AI	енкодер швидкості руху лінії залежить від ENC 1c
37	ЧП1,ЧП2	ШУ 1	AI AO	група частотних перетворювачів
			DI DO	
38	ЧП3,ЧП4	ШУ 2	AI AO	група частотних перетворювачів
			DI DO	
39	ЧП5-ЧП9	ШУ 3	AI AO	група частотних перетворювачів
			DI DO	

## Додаток Д

## Змінні 1/2 для побудови моделі

Змінна	Опис / одиниці	Lean / Six Sigma класифікація	Стовп TPM	Вплив на розрахунок
BASE_AVAILABILITY	Початкова доступність обладнання (0,949)	Очікування (Waiting) → фактор А	Focused Improvement	Множник А в ОЕЕ
BASE_PERFORMANCE	Номінальна продуктивність лінії (0,856)	Втрати швидкості (Speed Loss)	Focused Improvement	Множник Р в ОЕЕ
BASE_QUALITY	Частка придатного продукту (0,972)	Дефекти (Defects)	Quality Maintenance	Множник Q в ОЕЕ
TOTAL_PLANNED_TIME	Плановий фонд часу, год	CTQ «On-time delivery»	Planning & Scheduling	Бюджет часу для А
PRODUCTION_RATE	Технічна швидкість, кг/год	CTQ «Throughput»	Performance	Формує такт-тайм, впливає на Р і втрати (кг)
COST_PER_UNIT	Собівартість, грн/кг	Вартість поганої якості (COPQ)	Cost Deployment	Конвертує втрати (кг) → грн
FUEL_CONSUMPTION	Витрата ДП, л/год	Невикористані ресурси (Unused Resources)	Energy	Пальне-витрати у сценаріях із генератором
FUEL_COST	Ціна ДП, грн/л	COPQ (змінні витрати)	Cost Deployment	Частина економічних втрат
ELECTRICITY_COST	Тариф, грн/кВт·год	COPQ	Energy	Вартість зарядки ДБЖ
POWER_CONSUMPTION	Споживання ДБЖ, кВт	Енергетичні втрати	Energy	Втрати під час зарядки
UPS_CHARGE_TIME	Час підзарядки, год	Очікування	Planned Maintenance	Додає енерго- та часові втрати
GENERATOR_SWITCH_TIME	Затримка перемикавання, год	Очікування + Зайві рухи (Motion)	Autonomous / Emergency Maintenance	Зменшує А, Р
FACT_LOSS	Історичні річні втрати, кг	Брак / відходи (Scrap)	Quality Maintenance	Віднімається з Q <sub>theor</sub>

## Продовження Додатку Д

## Змінні 2/2 для побудови моделі

BREAKDOWN_PROBABILITY	Ймовірність поломки, 20%	Аварійні зупинки (Breakdown = Failure Demand)	Autonomous & Planned Maintenance	↑ downtime, ↑ витрати
REPAIR_TIME	Середній ремонт, 48 год	Очікування	Planned Maintenance	↓ A, ↑ Cost
REPAIR_COST	Вартість ремонту, грн	COPQ «Failure cost»	Cost Deployment	Економічний блок
DEFECT_RATE_DURING_OUTAGE	Частка браку під час збою, 2%	Дефекти	Quality Maintenance	↓ Q, ↑ Втрати (кг)
WASHING_COST_PER_OUTAGE	Прибирання після зупинки, грн	Надлишкова обробка (Extra-Processing)	5S	↑ COPQ
PIECE_WEIGHT	Маса одиниці, кг	CTQ «Unit weight»	Performance	Конвертація кг ↔ шт
PRICE_GENERATOR / UPS / AVR	Витрати на резервні джерела живлення, грн	Інвестиція vs COPQ	Early Equipment Management	Формують бар'єр окупності
PRICE_PROJECT / MONTAGE / OTHER	Супутні витрати, грн	Інвестиція	Early Equipment Management	Додаються в економічний баланс

## Додаток Е

```

276
277 def calculate_quantitative_inpieces_losses(total_outage_time, num_outages, scenario):
278     print(f"\n=== Розрахунок втрат в штуках для сценарію: {DATASET_NAME} - {SCENARIO_NAME} ===")
279     Q_theor = TOTAL_PLANNED_TIME * PRODUCTION_RATE / PIECE_WEIGHT
280     if PIECE_WEIGHT <= 0:
281         raise ValueError("PIECE_WEIGHT повинен бути більше нуля")
282     unit_production_rate = PRODUCTION_RATE / PIECE_WEIGHT
283
284     if scenario == "no_action":
285         lost_units_outages = int(total_outage_time * unit_production_rate)
286         breakdown_time = num_outages * BREAKDOWN_PROBABILITY * REPAIR_TIME
287         lost_units_breakdowns = int(breakdown_time * unit_production_rate)
288         total_lost_units = lost_units_outages + lost_units_breakdowns
289         factory_output = Q_theor - total_lost_units - FACT_LOSS/PIECE_WEIGHT
290
291
292         print(f"Втрати через відключення: {total_outage_time:.2f} год * {unit_production_rate:.0f} шт/год = {lost_units_outages} шт")
293         print(f"Час простою через поломки: {breakdown_time:.2f} год")
294         print(f"Втрати через поломки: {breakdown_time:.2f} год * {unit_production_rate:.0f} шт/год = {lost_units_breakdowns} шт")
295         print(f"Загальні втрати: {lost_units_outages} + {lost_units_breakdowns} = {total_lost_units} шт")
296         print(f"Розрахунковий(Фактичний) випуск продукції: {factory_output:.2f} шт")
297
298     elif scenario == "generator":
299         switch_time_total = num_outages * GENERATOR_SWITCH_TIME
300         lost_units_switch = int(switch_time_total * unit_production_rate)
301         breakdown_time = num_outages * UNPLANNED_OUTAGE * (BREAKDOWN_PROBABILITY / 2) * REPAIR_TIME
302         lost_units_breakdowns = int(breakdown_time * unit_production_rate)
303         total_lost_units = lost_units_switch + lost_units_breakdowns
304         factory_output = Q_theor - total_lost_units - FACT_LOSS/PIECE_WEIGHT
305
306         print(f"Втрати через час перемикання: {switch_time_total:.2f} год * {unit_production_rate:.0f} шт/год = {lost_units_switch} шт")
307         print(f"Відсоток непланових відключень: {UNPLANNED_OUTAGE:.2%} %")
308         print(f"Час простою через поломки: {breakdown_time:.2f} год")
309         print(f"Втрати через поломки: {breakdown_time:.2f} год * {unit_production_rate:.0f} шт/год = {lost_units_breakdowns} шт")
310         print(f"Загальні втрати: {lost_units_switch} + {lost_units_breakdowns} = {total_lost_units} шт")
311         print(f"Розрахунковий(Фактичний) випуск продукції: {factory_output:.2f} шт")
312     elif scenario == "generator_avr_ups":
313         total_lost_units = 0
314         print("Додаткові втрати продукції відсутні завдяки миттєвому перемиканню.")
315
316     else:
317         raise ValueError("Невірний сценарій")
318
319     return total_lost_units
320

```

Рисунок 1. Модель кількісних втрат

## Продовження Додатку Е

```

181 def calculate_oee(total_outage_time, num_outages, scenario, quantitative_losses):
182     Q_theor = TOTAL_PLANNED_TIME * PRODUCTION_RATE
183
184     print(f"\n=== Розрахунок OEE для сценарію: {DATASET_NAME} - {SCENARIO_NAME} ===")
185     print(f"Базовий OEE: {BASE_OEE:.2%} (Доступність: {BASE_AVAILABILITY:.2%}, "
186           f"Продуктивність: {BASE_PERFORMANCE:.2%}, Якість: {BASE_QUALITY:.2%}")
187     print(f"Загальна тривалість відключень: {total_outage_time:.2f} год, Кількість відключень: {num_outages}")
188     print(f"Плановий обсяг виробництва: {Q_theor:.2f} кг")
189
190     if scenario == "no_action":
191         breakdown_time = num_outages * BREAKDOWN_PROBABILITY * REPAIR_TIME
192         total_downtime = total_outage_time + breakdown_time
193         availability = BASE_AVAILABILITY * (1 - total_downtime / TOTAL_PLANNED_TIME)
194         performance = max(BASE_PERFORMANCE - quantitative_losses / Q_theor, 0)
195         quality_loss = DEFECT_RATE_DURING_OUTAGE * num_outages
196         quality = max(BASE_QUALITY * (1 - quality_loss), 0)
197
198         print(f"Простій через відключення: {total_outage_time:.2f} год")
199         print(f"Простій через поломки: {breakdown_time:.2f} год")
200         print(f"Загальний простій: {total_downtime:.2f} год")
201         print(f"Скоригована доступність: {BASE_AVAILABILITY:.2%} * (1 - {total_downtime:.2f} / {TOTAL_PLANNED_TIME}) = {availability:.2%}")
202         print(f"Скоригована продуктивність: {BASE_PERFORMANCE:.2%} - {quantitative_losses:.2f} / {Q_theor:.2f} = {performance:.2%}")
203         print(f"Скоригована якість: {BASE_QUALITY:.2%} * (1 - {quality_loss:.2f}) = {quality:.2%}")
204
205     elif scenario == "generator":
206         switch_time_total = num_outages * GENERATOR_SWITCH_TIME
207         breakdown_time = num_outages * UNPLANNED_OUTAGE * (BREAKDOWN_PROBABILITY / 2) * REPAIR_TIME
208         total_downtime = switch_time_total + breakdown_time
209         availability = BASE_AVAILABILITY * (1 - total_downtime / TOTAL_PLANNED_TIME)
210         performance = max(BASE_PERFORMANCE - quantitative_losses / Q_theor, 0)
211         quality_loss = DEFECT_RATE_DURING_OUTAGE * num_outages / 2
212         quality = max(BASE_QUALITY * (1 - quality_loss), 0)
213
214         print(f"Загальний час перемикання: {switch_time_total:.2f} год")
215         print(f"Простій через поломки: {breakdown_time:.2f} год")
216         print(f"Загальний простій: {total_downtime:.2f} год")
217         print(f"Скоригована доступність: {BASE_AVAILABILITY:.2%} * (1 - {total_downtime:.2f} / {TOTAL_PLANNED_TIME}) = {availability:.2%}")
218         print(f"Скоригована продуктивність: {BASE_PERFORMANCE:.2%} * (1 - {switch_time_total:.2f} / {TOTAL_PLANNED_TIME}) = {performance:.2%}")
219         print(f"Скоригована якість: {BASE_QUALITY:.2%} * (1 - {quality_loss:.2f}) = {quality:.2%}")
220
221     elif scenario == "generator_avr_ups":
222         availability = BASE_AVAILABILITY
223         performance = BASE_PERFORMANCE
224         quality = BASE_QUALITY
225         print("Немає додаткового простою чи дефектів якості завдяки миттєвому перемиканню.")
226
227     else:
228         raise ValueError("Invalid scenario")
229
230     oee = availability * performance * quality
231     print(f"OEE = {availability:.2%} * {performance:.2%} * {quality:.2%} = {oee:.2%}")
232     return availability, performance, quality, oee
233

```

Рисунок 2. Модель розрахунку ефективності роботи обладнання (OEE)

```

323
324 def calculate_economic_losses(total_outage_time, num_outages, scenario):
325     print(f"\n=== Розрахунок економічних втрат для сценарію: {DATASET_NAME} - {SCENARIO_NAME} ===")
326     sys.stdout = logger.terminal
327     quantitative_losses = calculate_quantitative_losses(total_outage_time, num_outages, scenario)
328     sys.stdout = logger
329     lost_production_cost = quantitative_losses * COST_PER_UNIT
330
331     print(f"Втрати виробництва: {quantitative_losses:.2f} кг * {COST_PER_UNIT} грн/кг = {lost_production_cost:.2f} грн")
332
333     if scenario == "no_action":
334         breakdown_cost = num_outages * BREAKDOWN_PROBABILITY * REPAIR_COST
335         washing_cost = num_outages * WASHING_COST_PER_OUTAGE
336         additional_investment_cost = 0
337         total_economic_losses = lost_production_cost + breakdown_cost + washing_cost
338         grand_total_economic_losses = total_economic_losses + additional_investment_cost
339         print(f"Вартість поломок: {num_outages} відключень * {BREAKDOWN_PROBABILITY:.0%} * {REPAIR_COST} грн = {breakdown_cost:.2f} грн")
340         print(f"Вартість прибирання через зупинку лінії: {num_outages} відключень * {WASHING_COST_PER_OUTAGE} грн = {washing_cost:.2f} грн")
341
342         print(f"Загальні економічні втрати: {lost_production_cost:.2f} + {breakdown_cost:.2f} + {washing_cost:.2f} = {total_economic_losses:.2f} грн")
343         print(f"Додаткові інвестиції: 0 грн")
344
345     elif scenario == "generator":
346         fuel_cost = total_outage_time * FUEL_CONSUMPTION * FUEL_COST
347         breakdown_cost = num_outages * UNPLANNED_OUTAGE * (BREAKDOWN_PROBABILITY / 2) * REPAIR_COST
348         washing_cost = num_outages * 0.15 * WASHING_COST_PER_OUTAGE # 15% unexpected outages
349         additional_investment_cost = PRICE_GENERATOR + PRICE_MONTAGE/3 + PRICE_OTHER/3 + PRICE_PROJECT/3
350         total_economic_losses = lost_production_cost + fuel_cost + breakdown_cost + washing_cost
351         grand_total_economic_losses = total_economic_losses + additional_investment_cost
352
353         print(f"Відсоток непланових відключень: {UNPLANNED_OUTAGE:.2%} %")
354         print(f"Вартість пального: {total_outage_time:.2f} год * {FUEL_CONSUMPTION} л/год * {FUEL_COST} грн/л = {fuel_cost:.2f} грн")
355         print(f"Вартість поломок: {num_outages} відключень * {(BREAKDOWN_PROBABILITY / 2):.0%} * {REPAIR_COST} грн = {breakdown_cost:.2f} грн")
356         print(f"Вартість прибирання через зупинку лінії: {num_outages} відключень * 15% * {WASHING_COST_PER_OUTAGE} грн = {washing_cost:.2f} грн")
357         print(f"Додаткові інвестиції: {PRICE_GENERATOR} грн + {PRICE_MONTAGE/3:.2f} грн + {PRICE_PROJECT/3:.2f} грн + {PRICE_OTHER/3:.2f} грн = {additional_investment_cost} грн")
358
359         print(f"Загальні економічні втрати: {lost_production_cost:.2f} + {fuel_cost:.2f} + {breakdown_cost:.2f} + {washing_cost:.2f} = {total_economic_losses:.2f} грн")
360         print(f"Додаткові інвестиції: {additional_investment_cost:.2f} грн")
361         print(f"Всього: {grand_total_economic_losses:.2f} грн")
362
363     elif scenario == "generator_avr_ups":
364         fuel_cost = total_outage_time * FUEL_CONSUMPTION * FUEL_COST
365         ups_charge_cost = num_outages * UPS_CHARGE_TIME * POWER_CONSUMPTION * ELECTRICITY_COST
366         additional_investment_cost = PRICE_GENERATOR + PRICE_AVR + PRICE_UPS + PRICE_PROJECT + PRICE_MONTAGE + PRICE_OTHER
367         total_economic_losses = fuel_cost + ups_charge_cost
368         grand_total_economic_losses = total_economic_losses + additional_investment_cost # Add additional investment cost to grand_total_economic_losses
369
370         print(f"Вартість пального: {total_outage_time:.2f} год * {FUEL_CONSUMPTION} л/год * {FUEL_COST} грн/л = {fuel_cost:.2f} грн")
371         print(f"Вартість зарядки UPS: {num_outages} відключень * {UPS_CHARGE_TIME:.4f} год * {POWER_CONSUMPTION} кВт * {ELECTRICITY_COST} грн/кВт-год = {ups_charge_cost:.2f} грн")
372         print(f"Додаткові інвестиції: {PRICE_GENERATOR} грн + {PRICE_AVR} грн + {PRICE_UPS} грн + {PRICE_PROJECT} грн + {PRICE_MONTAGE} грн + {PRICE_OTHER} грн = {additional_investment_cost} грн")
373
374         print(f"Загальні економічні втрати: {fuel_cost:.2f} + {ups_charge_cost:.2f} = {total_economic_losses:.2f} грн")
375         print(f"Додаткові інвестиції: {additional_investment_cost:.2f} грн")
376         print(f"Всього: {grand_total_economic_losses:.2f} грн")
377
378     else:
379         raise ValueError("Invalid scenario")
380
381     return grand_total_economic_losses
382

```

Рисунок 3. Модель розрахунку економічних втрат

## Додаток Ж

Результати обрахунків імітаційної моделі впливу джерел і обраних рішень на: ОЕЕ, кількісні втрати, відхилення від часу такту, втрати цінності

Календарний час (рік), г <b>8760</b>	
Загальний операційний час, г <b>8640</b>	Запланований нер. час, г <b>120</b>
Запланований робочий час, г <b>8224</b>	План простій, г <b>416</b>
Чистий робочий час, г <b>6639.72</b>	Непл. простій, г <b>854.68</b>
Теоретичний випуск продукції, млн шт <b>127</b>	
Фактичний випуск продукції, млн шт <b>96.49</b>	Зниж., млн шт <b>30.57</b>
Якісна продукція, млн шт <b>92.63</b>	Брак, млн шт <b>3.86</b>

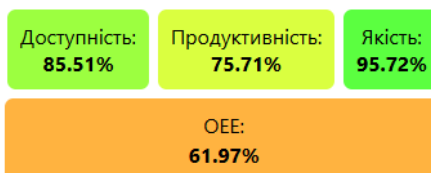
Звіт: no\_action (джерело — 125)

Час відключень, год: 125,08

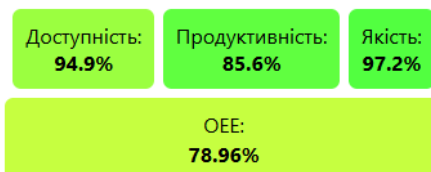
К-ть відключень: 76

Аварійні відключення ЕЕ: 26.00%

## Модельовані значення



## Цільові значення



Втрати, кг: 1 068 354,17

Втрати, млн шт: 12.57

Втрати, млн грн: 63.76

Розхідні витрати, млн грн:

Інвестиції, млн грн: 0.00

Фактичний випуск, млн шт: 96.49

Час Такту, с: 0.233

Час Циклу нормальний, с: 0.289

Час Циклу моделі, с: 0.320 (27.2% NVA 72.8% VA)

Час звіту: 2025-05-18T21:16:56

Лог розрахунків:

=== Розрахунок кількісних втрат для сценарію: 125 - Бездіяльність ===

Втрати виробництва через відключення: 125.08 год \* 1250 кг/год = 156354.17 кг

Час простою через поломки: 729.60 год

Втрати виробництва через поломки: 729.60 год \* 1250 кг/год = 912000.00 кг

Загальні втрати виробництва: 156354.17 + 912000.00 = 1068354.17 кг

**Рисунок 1.** Реалізована модель розрахунків та тестовий запуск на джерело №1 (125 год відключень за рік сукупно, 76 в кількості, 26% відключень є аварійними, не піддаються високому рівню передбачення) та рішення 1 (бездіяльність)

Обрахунки наведені у Додатку 3 Рисунок 1

## Продовження Додатку Ж

Календарний час (рік), г <b>8760</b>	
Загальний операційний час, г <b>8640</b>	Запланований нер. час, г <b>120</b>
Запланований робочий час, г <b>8224</b>	План простій, г <b>416</b>
Чистий робочий час, г <b>3337.32</b>	Непл. простій, г <b>2630.68</b>
Теоретичний випуск продукції, млн шт <b>127</b>	
Фактичний випуск продукції, млн шт <b>70.37</b>	Зниж., млн шт <b>56.69</b>
Якісна продукція, млн шт <b>67.56</b>	Брак, млн шт <b>2.81</b>

Звіт: no\_action (джерело — 375)

Час відключень, год: 374,68

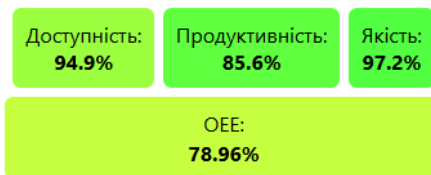
К-ть відключень: 235

Аварійні відключення EE: 23.00%

## Модельовані значення



## Цільові значення



Втрати, кг: 3 288 354,17

Втрати, млн шт: 38,69

Втрати, млн грн: 196,27

Розхідні витрати, млн грн:

Інвестиції, млн грн: 0,00

Фактичний випуск, млн шт: 70,37

Час Такту, с: 0,233

Час Циклу нормальний, с: 0,289

Час Циклу моделі, с: 0,438 (46,8% NVA 53,2% VA)

Час звіту: 2025-05-18T21:00:38

Лог розрахунків:

=== Розрахунок кількісних втрат для сценарію: 375 - Бездіяльність ===

Втрати виробництва через відключення: 374,68 год \* 1250 кг/год = 468354,17 кг

Час простою через поломки: 2256,00 год

Втрати виробництва через поломки: 2256,00 год \* 1250 кг/год = 2820000,00 кг

Загальні втрати виробництва: 468354,17 + 2820000,00 = 3288354,17 кг

**Рисунок 2.** Реалізована модель розрахунків та тестовий запуск на джерело №2 375 год відключень за рік сукупно, 235 в кількості, 23% відключень є аварійними, не піддаються високому рівню передбачення) та рішення 1 (бездіяльність)

Обрахунки наведені у Додатку 3 Рисунок 2

## Продовження Додатку Ж

Календарний час (рік), г <b>8760</b>	
Загальний операційний час, г <b>8640</b>	Запланований нер. час, г <b>120</b>
Запланований робочий час, г <b>8224</b>	План простій, г <b>416</b>
Чистий робочий час, г <b>4533.52</b>	Непл. простій, г <b>2144.88</b>
Теоретичний випуск продукції, млн шт <b>127</b>	
Фактичний випуск продукції, млн шт <b>77.52</b>	Зниж., млн шт <b>49.54</b>
Якісна продукція, млн шт <b>74.42</b>	Брак, млн шт <b>3.10</b>

Звіт: no\_action (джерело — 613)

Час відключень, год: 599,28

К-ть відключень: 161

Аварійні відключення EE: 38.00%

## Модельовані значення



## Цільові значення



Втрати, кг: 2 681 104,17

Втрати, млн шт: 31.54

Втрати, млн грн: 159.30

Розхідні витрати, млн грн:

Інвестиції, млн грн: 0.00

Фактичний випуск, млн шт: 77.52

Час Такту, с: 0.233

Час Циклу нормальний, с: 0.289

Час Циклу моделі, с: 0.398 (41.5% NVA 58.5% VA)

Час звіту: 2025-05-18T21:06:01

Лог розрахунків:

=== Розрахунок кількісних втрат для сценарію: 613 - Бездіяльність ===

Втрати виробництва через відключення: 599.28 год \* 1250 кг/год = 749104.17 кг

Час простою через поломки: 1545.60 год

Втрати виробництва через поломки: 1545.60 год \* 1250 кг/год = 1932000.00 кг

Загальні втрати виробництва: 749104.17 + 1932000.00 = 2681104.17 кг

**Рисунок 3.** Реалізована модель розрахунків та тестовий запуск на джерело №3 600 год відключень за рік сукупно, 161 в кількості, 38% відключень є аварійними, не піддаються високому рівню передбачення) та рішення 1 (бездіяльність)

Обрахунки наведені у Додатку 3 Рисунок 3

## Продовження Додатку Ж

Календарний час (рік), г <b>8760</b>		
Загальний операційний час, г <b>8640</b>	Запланований нер. час, г <b>120</b>	
Запланований робочий час, г <b>8224</b>	План простій, г <b>416</b>	
Чистий робочий час, г <b>8025.67</b>	Непл. простій, г <b>221.08</b>	
Теоретичний випуск продукції, млн шт <b>127</b>		
Фактичний випуск продукції, млн шт <b>107.55</b>	Зниж., млн шт <b>19.50</b>	
Якісна продукція, млн шт <b>103.25</b>	Брак, млн шт <b>4.30</b>	

**Звіт: generator (джерело — 125)**

**Час відключень, год:** 125,08

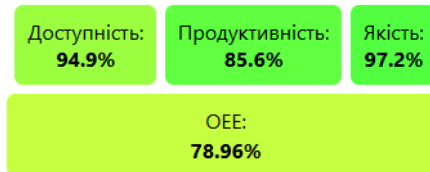
**К-ть відключень:** 76

**Аварійні відключення EE:** 26.00%

## Модельовані значення



## Цільові значення



**Втрати, кг:** 127 916,67

**Втрати, млн шт:** 1.50

**Втрати, млн грн:** 10.81

**Розхідні витрати, млн грн:**

**Інвестиції, млн грн:** 2.60

**Фактичний випуск, млн шт:** 107.55

**Час Такту, с:** 0.233

**Час Циклу нормальний, с:** 0.289

**Час Циклу моделі, с:** 0.287 ( 18.8% NVA 81.2% VA)

**Час звіту:** 2025-05-18T20:54:14

Лог розрахунків:

=== Розрахунок кількісних втрат для сценарію: 125 - Генератор ===

Втрати виробництва через час перемикання: 6.33 год \* 1250 кг/год = 7916.67 кг

Час простою через поломки: 96.00 год

Відсоток непланових відключень: 26.32% †

Втрати виробництва через поломки: 96.00 год \* 1250 кг/год = 120000.00 кг

**Рисунок 4.** Реалізована модель розрахунків та тестовий запуск на джерела №1 125 год відключень за рік сукупно, 76 в кількості, 26% відключень є аварійними, не піддаються високому рівню передбачення) та рішення 2 ( генератор - найшвидше рішення )

Обрахунки наведені у Додатку 3 Рисунок 4

## Продовження Додатку Ж

Календарний час (рік), г <b>8760</b>		
Загальний операційний час, г <b>8640</b>	Запланований нер. час, г <b>120</b>	
Запланований робочий час, г <b>8224</b>	План простій, г <b>416</b>	
Чистий робочий час, г <b>7686.02</b>	Непл. простій, г <b>633.88</b>	
Теоретичний випуск продукції, млн шт <b>127</b>		
Фактичний випуск продукції, млн шт <b>104.96</b>	Зниж., млн шт <b>22.10</b>	
Якісна продукція, млн шт <b>100.76</b>	Брак, млн шт <b>4.20</b>	

**Звіт: generator (джерело — 375)**

**Час відключень, год:** 374,68

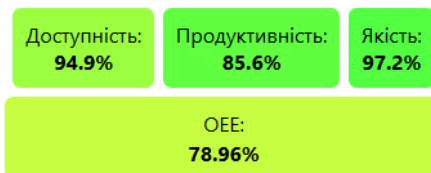
**К-ть відключень:** 235

**Аварійні відключення EE:** 23.00%

## Модельовані значення



## Цільові значення



**Втрати, кг:** 348 479,17

**Втрати, млн шт:** 4.10

**Втрати, млн грн:** 25.12

**Розхідні витрати, млн грн:**

**Інвестиції, млн грн:** 2.60

**Фактичний випуск, млн шт:** 104.96

**Час Такту, с:** 0.233

**Час Циклу нормальний, с:** 0.289

**Час Циклу моделі, с:** 0.294 (20.7% NVA 79.3% VA)

**Час звіту:** 2025-05-18T21:03:04

Лог розрахунків:

=== Розрахунок кількісних втрат для сценарію: 375 - Генератор ===

Втрати виробництва через час перемикання: 19.58 год \* 1250 кг/год = 24479.17 кг

Час простою через поломки: 259.20 год

Відсоток непланових відключень: 22.98% †

Втрати виробництва через поломки: 259.20 год \* 1250 кг/год = 324000.00 кг

**Рисунок 5.** Реалізована модель розрахунків та тестовий запуск на джерело №2 375 год відключень за рік сукупно, 235 в кількості, 23% відключень є аварійними, не піддаються високому рівню передбачення) та рішення 2 (генератора - найпростіше рішення)

Обрахунки наведені у Додатку 3 Рисунок 5

## Продовження Додатку Ж

Календарний час (рік), г <b>8760</b>		
Загальний операційний час, г <b>8640</b>	Запланований нер. час, г <b>120</b>	
Запланований робочий час, г <b>8224</b>	План простій, г <b>416</b>	
Чистий робочий час, г <b>7624.98</b>	Непл. простій, г <b>892.08</b>	
Теоретичний випуск продукції, млн шт <b>127</b>		
Фактичний випуск продукції, млн шт <b>104.56</b>	Зниж., млн шт <b>22.50</b>	
Якісна продукція, млн шт <b>100.38</b>	Брак, млн шт <b>4.18</b>	

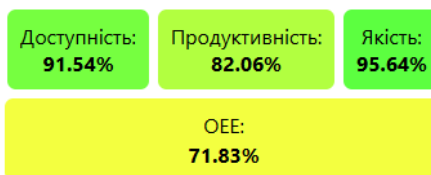
**Звіт: generator (джерело — 613)**

**Час відключень, год:** 599,28

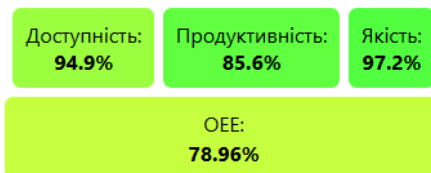
**К-ть відключень:** 161

**Аварійні відключення EE:** 38.00%

## Модельовані значення



## Цільові значення



**Втрати, кг:** 382 770,83

**Втрати, млн шт:** 4.50

**Втрати, млн грн:** 28.13

**Розхідні витрати, млн грн:**

**Інвестиції, млн грн:** 2.60

**Фактичний випуск, млн шт:** 104.56

**Час Такту, с:** 0.233

**Час Циклу нормальний, с:** 0.289

**Час Циклу моделі, с:** 0.295 (21.0% NVA 79.0% VA)

**Час звіту:** 2025-05-18T21:14:32

Лог розрахунків:

=== Розрахунок кількісних втрат для сценарію: 613 - Генератор ===

Втрати виробництва через час перемикання: 13.42 год \* 1250 кг/год = 16770.83 кг

Час простою через полошки: 292.80 год

Відсоток непланових відключень: 37.89% †

Втрати виробництва через полошки: 292.80 год \* 1250 кг/год = 366000.00 кг

**Рисунок 6.** Реалізована модель розрахунків та тестовий запуск на джерело №3 600 год відключень за рік сукупно, 161 в кількості, 38% відключень є аварійними, не піддаються високому рівню передбачення) та рішення 2 (генератора - найпростіше рішення)

Обрахунки наведені у Додатку З Рисунок 6

## Продовження Додатку Ж

Календарний час (рік), г <b>8760</b>		
Загальний операційний час, г <b>8640</b>	Запланований нер. час, г <b>120</b>	
Запланований робочий час, г <b>8224</b>	План простій, г <b>416</b>	
Чистий робочий час, г <b>8224.00</b>	Непл. простій, г <b>125.08</b>	
Теоретичний випуск продукції, млн шт <b>127</b>		
Фактичний випуск продукції, млн шт <b>107.06</b>	Зниж., млн шт <b>20.00</b>	
Якісна продукція, млн шт <b>102.78</b>	Брак, млн шт <b>4.28</b>	

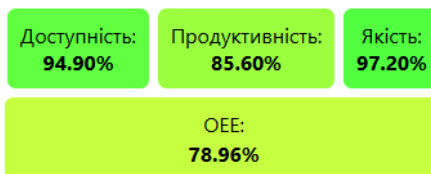
Звіт: generator\_avg\_ups (джерело — 125)

Час відключень, год: 125,08

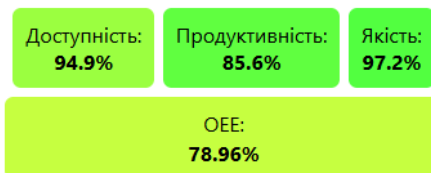
К-ть відключень: 76

Аварійні відключення EE: 26.00%

## Модельовані значення



## Цільові значення



Втрати, кг: 0

Втрати, млн шт: 0.00

Втрати, млн грн: 7.63

Розхідні витрати, млн грн:

Інвестиції, млн грн: 7.04

Фактичний випуск, млн шт: 107.06

Час Такту, с: 0.233

Час Циклу нормальний, с: 0.289

Час Циклу моделі, с: 0.288 ( 19.1% NVA 80.9% VA)

Час звіту: 2025-05-18T20:59:32

Лог розрахунків:

=== Розрахунок кількісних втрат для сценарію: 125 - Генератор + АВР + UPS ===

Додаткові втрати виробництва відсутні завдяки миттєвому перемиканню.

=== Розрахунок втрат у шлуках для сценарію: 125 - Генератор + АВР + UPS ===

Додаткові втрати продукції відсутні завдяки миттєвому перемиканню.

=== Розрахунок ОЕЕ для сценарію: 125 - Генератор + АВР + UPS ===

**Рисунок 7.** Реалізована модель розрахунків та тестовий запуск на джерело №1 (125 год відключень за рік сукупно, 76 в кількості, 26% відключень є аварійними, не піддаються високому рівню передбачення) та рішення 3 (складне рішення - генератор + авр + дбж)

Обрахунки наведені у Додатку 3 Рисунок 7

## Продовження Додатку Ж

Календарний час (рік), г <b>8760</b>		
Загальний операційний час, г <b>8640</b>	Запланований нер. час, г <b>120</b>	
Запланований робочий час, г <b>8224</b>	План простій, г <b>416</b>	
Чистий робочий час, г <b>8224.00</b>	Непл. простій, г <b>374.68</b>	
Теоретичний випуск продукції, млн шт <b>127</b>		
Фактичний випуск продукції, млн шт <b>107.06</b>	Зниж., млн шт <b>20.00</b>	
Якісна продукція, млн шт <b>102.78</b>	Брак, млн шт <b>4.28</b>	

Звіт: generator\_avg\_ups (джерело — 375)

Час відключень, год: 374,68

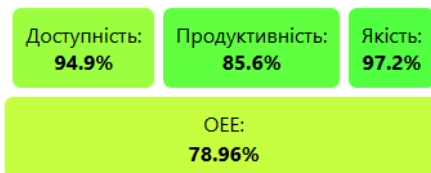
К-ть відключень: 235

Аварійні відключення EE: 23.00%

## Модельовані значення



## Цільові значення



Втрати, кг: 0

Втрати, млн шт: 0.00

Втрати, млн грн: 8.81

Розхідні витрати, млн грн:

Інвестиції, млн грн: 7.04

Фактичний випуск, млн шт: 107.06

Час Такту, с: 0.233

Час Циклу нормальний, с: 0.289

Час Циклу моделі, с: 0.288 ( 19.1% NVA 80.9% VA)

Час звіту: 2025-05-18T21:04:07

Лог розрахунків:

=== Розрахунок кількісних втрат для сценарію: 375 - Генератор + АВР + UPS ===

Додаткові втрати виробництва відсутні завдяки миттєвому перемиканню.

=== Розрахунок втрат у шлуках для сценарію: 375 - Генератор + АВР + UPS ===

Додаткові втрати продукції відсутні завдяки миттєвому перемиканню.

=== Розрахунок ОЕЕ для сценарію: 375 - Генератор + АВР + UPS ===

**Рисунок 8.** Реалізована модель розрахунків та тестовий запуск на джерело №2 375 год відключень за рік сукупно, 235 в кількості, 23% відключень є аварійними, не піддаються високому рівню передбачення) та рішення 3 (складне рішення - генератор + авр + дбж) Обрахунки наведені у Додатку З Рисунок 8

## Продовження Додатку Ж

Календарний час (рік), г <b>8760</b>		
Загальний операційний час, г <b>8640</b>	Запланований нер. час, г <b>120</b>	
Запланований робочий час, г <b>8224</b>	План простій, г <b>416</b>	
Чистий робочий час, г <b>8224.00</b>	Непл. простій, г <b>599.28</b>	
Теоретичний випуск продукції, млн шт <b>127</b>		
Фактичний випуск продукції, млн шт <b>107.06</b>	Зниж., млн шт <b>20.00</b>	
Якісна продукція, млн шт <b>102.78</b>	Брак, млн шт <b>4.28</b>	

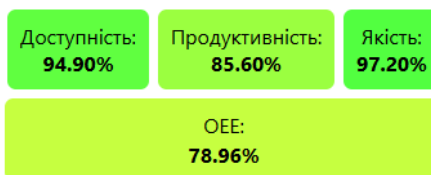
Звіт: generator\_avg\_ups (джерело — 613)

Час відключень, год: 599,28

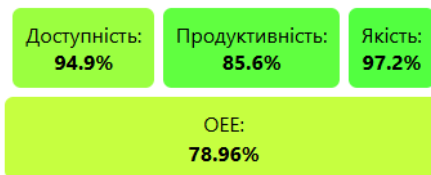
К-ть відключень: 161

Аварійні відключення EE: 38.00%

## Модельовані значення



## Цільові значення



Втрати, кг: 0

Втрати, млн шт: 0.00

Втрати, млн грн: 9.76

Розхідні витрати, млн грн:

Інвестиції, млн грн: 7.04

Фактичний випуск, млн шт: 107.06

Час Такту, с: 0.233

Час Циклу нормальний, с: 0.289

Час Циклу моделі, с: 0.288 ( 19.1% NVA 80.9% VA)

Час звіту: 2025-05-18T21:15:39

Лог розрахунків:

=== Розрахунок кількісних втрат для сценарію: 613 - Генератор + АВР + UPS ===

Додаткові втрати виробництва відсутні завдяки миттєвому перемиканню.

=== Розрахунок втрат у шлуках для сценарію: 613 - Генератор + АВР + UPS ===

Додаткові втрати продукції відсутні завдяки миттєвому перемиканню.

=== Розрахунок ОЕЕ для сценарію: 613 - Генератор + АВР + UPS ===

**Рисунок 9.** Реалізована модель розрахунків та тестовий запуск на джерела №3 600 год відключень за рік сукупно, 161 в кількості, 38% відключень є аварійними, не піддаються високому рівню передбачення) та рішення 3 (складне рішення - генератор + авр + дбж)

Обрахунки наведені у Додатку З Рисунок 9

## Додаток 3

**Час звіту: 2025-05-18T21:16:56**

Лог розрахунків:

```

=== Розрахунок кількісних втрат для сценарію: 125 - Бездіяльність ===
Втрати виробництва через відключення: 125.08 год * 1250 кг/год = 156354.17 кг
Час простою через поломки: 729.60 год
Втрати виробництва через поломки: 729.60 год * 1250 кг/год = 912000.00 кг
Загальні втрати виробництва: 156354.17 + 912000.00 = 1068354.17 кг
Розрахунковий(фактичний) випуск продукції: 8201645.83 кг
=== Розрахунок втрат у штуках для сценарію: 125 - Бездіяльність ===
Втрати через відключення: 125.08 год * 14706 шт/год = 1839460 шт
Час простою через поломки: 729.60 год
Втрати через поломки: 729.60 год * 14706 шт/год = 10729411 шт
Загальні втрати: 1839460 + 10729411 = 12568871 шт
Розрахунковий(фактичний) випуск продукції: 96489952.53 шт
=== Розрахунок ОЕЕ для сценарію: 125 - Бездіяльність ===
Базовий ОЕЕ: 78.96% (Доступність: 94.90%, Продуктивність: 85.60%, Якість: 97.20%)
Загальна тривалість відключень: 125.08 год, Кількість відключень: 76
Плановий обсяг виробництва: 10800000.00 кг
Простій через відключення: 125.08 год
Простій через поломки: 729.60 год
Загальний простій: 854.68 год
Скоригована доступність: 94.90% * (1 - 854.68 / 8640) = 85.51%
Скоригована продуктивність: 85.60% - 1068354.17 / 10800000.00 = 75.71%
Скоригована якість: 97.20% * (1 - 0.02) = 95.72%
ОЕЕ = 85.51% * 75.71% * 95.72% = 61.97%
=== Розрахунок економічних втрат для сценарію: 125 - Бездіяльність ===
Втрати виробництва: 1068354.17 кг * 58 грн/кг = 61964541.67 грн
Вартість поломок: 76 відключень * 20% * 100000 грн = 1520000.00 грн
Вартість прибирання через зупинку лінії: 76 відключень * 3600 грн = 273600.00 грн
Загальні економічні втрати: 61964541.67 + 1520000.00 + 273600.00 = 63758141.67 грн
Додаткові інвестиції: 0 грн
+++ Загальний підсумок: 125 - Бездіяльність +++
ОЕЕ: 61.97%
Кількісні втрати: 1068354.17 кг
Кількісні втрати у штуках: 12568871.00 штук
Економічні втрати: 63758141.67 грн

```

**Рисунок 1.** Обрахунки математичної моделі по джерелу №1, для рішення 1 «бездіяльність»

Наскрізнi КПІ у Додатку Ж Рисунок 1

## Продовження Додатку 3

Час звіту: 2025-05-18T21:00:38

Лог розрахунків:

```

=== Розрахунок кількісних втрат для сценарію: 375 - Бездіяльність ===
Втрати виробництва через відключення: 374.68 год * 1250 кг/год = 468354.17 кг
Час простою через поломки: 2256.00 год
Втрати виробництва через поломки: 2256.00 год * 1250 кг/год = 2820000.00 кг
Загальні втрати виробництва: 468354.17 + 2820000.00 = 3288354.17 кг
Розрахунковий (фактичний) випуск продукції: 5981645.83 кг
=== Розрахунок втрат у штуках для сценарію: 375 - Бездіяльність ===
Втрати через відключення: 374.68 год * 14706 шт/год = 5510049 шт
Час простою через поломки: 2256.00 год
Втрати через поломки: 2256.00 год * 14706 шт/год = 33176470 шт
Загальні втрати: 5510049 + 33176470 = 38686519 шт
Розрахунковий (фактичний) випуск продукції: 70372304.53 шт
=== Розрахунок ОЕЕ для сценарію: 375 - Бездіяльність ===
Базовий ОЕЕ: 78.96% (Доступність: 94.90%, Продуктивність: 85.60%, Якість: 97.20%)
Загальна тривалість відключень: 374.68 год, Кількість відключень: 235
Плановий обсяг виробництва: 10800000.00 кг
Простій через відключення: 374.68 год
Простій через поломки: 2256.00 год
Загальний простій: 2630.68 год
Скоригована доступність: 94.90% * (1 - 2630.68 / 8640) = 66.01%
Скоригована продуктивність: 85.60% - 3288354.17 / 10800000.00 = 55.15%
Скоригована якість: 97.20% * (1 - 0.05) = 92.63%
ОЕЕ = 66.01% * 55.15% * 92.63% = 33.72%
=== Розрахунок економічних втрат для сценарію: 375 - Бездіяльність ===
Втрати виробництва: 3288354.17 кг * 58 грн/кг = 190724541.67 грн
Вартість поломок: 235 відключень * 20% * 100000 грн = 4700000.00 грн
Вартість прибирання через зупинку лінії: 235 відключень * 3600 грн = 846000.00 грн
Загальні економічні втрати: 190724541.67 + 4700000.00 + 846000.00 = 196270541.67 грн
Додаткові інвестиції: 0 грн
+++ Загальний підсумок: 375 - Бездіяльність +++
ОЕЕ: 33.72%
Кількісні втрати: 3288354.17 кг
Кількісні втрати у штуках: 38686519.00 штук
Економічні втрати: 196270541.67 грн

```

Рисунок 2. Обрахунки математичної моделі по джерелу №2, для рішення 1 «генератор»

Наскрізнi КПІ у Додатку Ж Рисунок 2

## Продовження Додатку 3

Час звіту: 2025-05-18T21:06:01

Лог розрахунків:

```

=== Розрахунок кількісних втрат для сценарію: 613 - Бездіяльність ===
Втрати виробництва через відключення: 599.28 год * 1250 кг/год = 749104.17 кг
Час простою через поломки: 1545.60 год
Втрати виробництва через поломки: 1545.60 год * 1250 кг/год = 1932000.00 кг
Загальні втрати виробництва: 749104.17 + 1932000.00 = 2681104.17 кг
Розрахунковий (фактичний) випуск продукції: 6588895.83 кг
=== Розрахунок втрат у штуках для сценарію: 613 - Бездіяльність ===
Втрати через відключення: 599.28 год * 14706 шт/год = 8812990 шт
Час простою через поломки: 1545.60 год
Втрати через поломки: 1545.60 год * 14706 шт/год = 22729411 шт
Загальні втрати: 8812990 + 22729411 = 31542401 шт
Розрахунковий (фактичний) випуск продукції: 77516422.53 шт
=== Розрахунок ОЕЕ для сценарію: 613 - Бездіяльність ===
Базовий ОЕЕ: 78.96% (Доступність: 94.90%, Продуктивність: 85.60%, Якість: 97.20%)
Загальна тривалість відключень: 599.28 год, Кількість відключень: 161
Плановий обсяг виробництва: 10800000.00 кг
Простій через відключення: 599.28 год
Простій через поломки: 1545.60 год
Загальний простій: 2144.88 год
Скоригована доступність: 94.90% * (1 - 2144.88 / 8640) = 71.34%
Скоригована продуктивність: 85.60% - 2681104.17 / 10800000.00 = 60.77%
Скоригована якість: 97.20% * (1 - 0.03) = 94.07%
ОЕЕ = 71.34% * 60.77% * 94.07% = 40.79%
=== Розрахунок економічних втрат для сценарію: 613 - Бездіяльність ===
Втрати виробництва: 2681104.17 кг * 58 грн/кг = 155504041.67 грн
Вартість поломок: 161 відключень * 20% * 100000 грн = 3220000.00 грн
Вартість прибирання через зупинку лінії: 161 відключень * 3600 грн = 579600.00 грн
Загальні економічні втрати: 155504041.67 + 3220000.00 + 579600.00 = 159303641.67 грн
Додаткові інвестиції: 0 грн
+++ Загальний підсумок: 613 - Бездіяльність +++
ОЕЕ: 40.79%
Кількісні втрати: 2681104.17 кг
Кількісні втрати у штуках: 31542401.00 штук
Економічні втрати: 159303641.67 грн

```

Рисунок 3. Обрахунки математичної моделі по джерелу №3, для рішення 1 «бездіяльність»

Наскрізнi КПІ у Додатку Ж Рисунок 3

## Продовження Додаток 3

Час звіту: 2025-05-18T20:54:14

Лог розрахунків:

```

=== Розрахунок кількісних втрат для сценарію: 125 - Генератор ===
Втрати виробництва через час перемикання: 6.33 год * 1250 кг/год = 7916.67 кг
Час простою через поломки: 96.00 год
Відсоток непланових відключень: 26.32% %
Втрати виробництва через поломки: 96.00 год * 1250 кг/год = 120000.00 кг
Загальні втрати виробництва: 7916.67 + 120000.00 = 127916.67 кг
Розрахунковий (фактичний) випуск продукції: 9142083.33 кг
=== Розрахунок втрат у штуках для сценарію: 125 - Генератор ===
Втрати через час перемикання: 6.33 год * 14706 шт/год = 93137 шт
Відсоток непланових відключень: 26.32% %
Час простою через поломки: 96.00 год
Втрати через поломки: 96.00 год * 14706 шт/год = 1411764 шт
Загальні втрати: 93137 + 1411764 = 1504901 шт
Розрахунковий (фактичний) випуск продукції: 107553922.53 шт
=== Розрахунок ОЕЕ для сценарію: 125 - Генератор ===
Базовий ОЕЕ: 78.96% (Доступність: 94.90%, Продуктивність: 85.60%, Якість: 97.20%)
Загальна тривалість відключень: 125.08 год, Кількість відключень: 76
Плановий обсяг виробництва: 10800000.00 кг
Загальний час перемикання: 6.33 год
Простій через поломки: 96.00 год
Загальний простій: 102.33 год
Скоригована доступність: 94.90% * (1 - 102.33 / 8640) = 93.78%
Скоригована продуктивність: 85.60% * (1 - 6.33 / 8640) = 84.42%
Скоригована якість: 97.20% * (1 - 0.01) = 96.46%
ОЕЕ = 93.78% * 84.42% * 96.46% = 76.36%
=== Розрахунок економічних втрат для сценарію: 125 - Генератор ===
Втрати виробництва: 127916.67 кг * 58 грн/кг = 7419166.67 грн
Відсоток непланових відключень: 26.32% %
Вартість пального: 125.08 год * 80 л/год * 55 грн/л = 550366.67 грн
Вартість поломок: 76 відключень * 10% * 100000 грн = 200000.00 грн
Вартість прибирання через зупинку лінії: 76 відключень * 15% * 3600 грн = 41040.00 грн
Додаткові інвестиції: 2542500 грн + 25000.00 грн + 13333.33 грн + 15000.00 грн = 2595833.3333333335 грн
Загальні економічні втрати: 7419166.67 + 550366.67 + 200000.00 + 41040.00 = 8210573.33 грн
Додаткові інвестиції: 2595833.33 грн
Всього: 10806406.67 грн
+++ Загальний підсумок: 125 - Генератор +++
ОЕЕ: 76.36%
Кількісні втрати: 127916.67 кг
Кількісні втрати у штуках: 1504901.00 штук
Економічні втрати: 10806406.67 грн

```

Рисунок 4. Обрахунки математичної моделі по джерелу №1, для рішення 2 «генератор»

Наскрізнi КПШ у Додатку Ж Рисунок 4

## Продовження Додатку 3

Час звіту: 2025-05-18T21:03:04

Лог розрахунків:

```

=== Розрахунок кількісних втрат для сценарію: 375 - Генератор ===
Втрати виробництва через час перемикання: 19.58 год * 1250 кг/год = 24479.17 кг
Час простою через поломки: 259.20 год
Відсоток непланових відключень: 22.98% %
Втрати виробництва через поломки: 259.20 год * 1250 кг/год = 324000.00 кг
Загальні втрати виробництва: 24479.17 + 324000.00 = 348479.17 кг
Розрахунковий(фактичний) випуск продукції: 8921520.83 кг
=== Розрахунок втрат у штуках для сценарію: 375 - Генератор ===
Втрати через час перемикання: 19.58 год * 14706 шт/год = 287990 шт
Відсоток непланових відключень: 22.98% %
Час простою через поломки: 259.20 год
Втрати через поломки: 259.20 год * 14706 шт/год = 3811764 шт
Загальні втрати: 287990 + 3811764 = 4099754 шт
Розрахунковий(фактичний) випуск продукції: 104959069.53 шт
=== Розрахунок ОЕЕ для сценарію: 375 - Генератор ===
Базовий ОЕЕ: 78.96% (Доступність: 94.90%, Продуктивність: 85.60%, Якість: 97.20%)
Загальна тривалість відключень: 374.68 год, Кількість відключень: 235
Плановий обсяг виробництва: 10800000.00 кг
Загальний час перемикання: 19.58 год
Простій через поломки: 259.20 год
Загальний простій: 278.78 год
Скоригована доступність: 94.90% * (1 - 278.78 / 8640) = 91.84%
Скоригована продуктивність: 85.60% * (1 - 19.58 / 8640) = 82.37%
Скоригована якість: 97.20% * (1 - 0.02) = 94.92%
ОЕЕ = 91.84% * 82.37% * 94.92% = 71.80%
=== Розрахунок економічних втрат для сценарію: 375 - Генератор ===
Втрати виробництва: 348479.17 кг * 58 грн/кг = 20211791.67 грн
Відсоток непланових відключень: 22.98% %
Вартість пального: 374.68 год * 80 л/год * 55 грн/л = 1648606.67 грн
Вартість поломок: 235 відключень * 10% * 100000 грн = 540000.00 грн
Вартість прибирання через зупинку лінії: 235 відключень * 15% * 3600 грн = 126900.00 грн
Додаткові інвестиції: 2542500 грн + 25000.00 грн + 13333.33 грн + 15000.00 грн = 2595833.3333333335 грн
Загальні економічні втрати: 20211791.67 + 1648606.67 + 540000.00 + 126900.00 = 22527298.33 грн
Додаткові інвестиції: 2595833.33 грн
Всього: 25123131.67 грн
+++ Загальний підсумок: 375 - Генератор +++
ОЕЕ: 71.80%
Кількісні втрати: 348479.17 кг
Кількісні втрати у штуках: 4099754.00 штук
Економічні втрати: 25123131.67 грн

```

Рисунок 5. Обрахунки математичної моделі по джерелу №2, для рішення 2 «генератор»

Наскрізні КПП у Додатку Ж Рисунок 5

## Продовження Додатку 3

Час звіту: 2025-05-18T21:14:32

Лог розрахунків:

```

=== Розрахунок кількісних втрат для сценарію: 613 - Генератор ===
Втрати виробництва через час перемикаання: 13.42 год * 1250 кг/год = 16770.83 кг
Час простою через поломки: 292.80 год
Відсоток непланових відключень: 37.89% %
Втрати виробництва через поломки: 292.80 год * 1250 кг/год = 366000.00 кг
Загальні втрати виробництва: 16770.83 + 366000.00 = 382770.83 кг
Розрахунковий (фактичний) випуск продукції: 8887229.17 кг
=== Розрахунок втрат у штуках для сценарію: 613 - Генератор ===
Втрати через час перемикаання: 13.42 год * 14706 шт/год = 197303 шт
Відсоток непланових відключень: 37.89% %
Час простою через поломки: 292.80 год
Втрати через поломки: 292.80 год * 14706 шт/год = 4305882 шт
Загальні втрати: 197303 + 4305882 = 4503185 шт
Розрахунковий (фактичний) випуск продукції: 104555638.53 шт
=== Розрахунок ОЕЕ для сценарію: 613 - Генератор ===
Базовий ОЕЕ: 78.96% (Доступність: 94.90%, Продуктивність: 85.60%, Якість: 97.20%)
Загальна тривалість відключень: 599.28 год, Кількість відключень: 161
Плановий обсяг виробництва: 10800000.00 кг
Загальний час перемикаання: 13.42 год
Простій через поломки: 292.80 год
Загальний простій: 306.22 год
Скоригована доступність: 94.90% * (1 - 306.22 / 8640) = 91.54%
Скоригована продуктивність: 85.60% * (1 - 13.42 / 8640) = 82.06%
Скоригована якість: 97.20% * (1 - 0.02) = 95.64%
ОЕЕ = 91.54% * 82.06% * 95.64% = 71.83%
=== Розрахунок економічних втрат для сценарію: 613 - Генератор ===
Втрати виробництва: 382770.83 кг * 58 грн/кг = 22200708.33 грн
Відсоток непланових відключень: 37.89% %
Вартість пального: 599.28 год * 80 л/год * 55 грн/л = 2636846.67 грн
Вартість поломок: 161 відключень * 10% * 100000 грн = 610000.00 грн
Вартість прибирання через зупинку лінії: 161 відключень * 15% * 3600 грн = 86940.00 грн
Додаткові інвестиції: 2542500 грн + 25000.00 грн + 13333.33 грн + 15000.00 грн = 2595833.3333333333 грн
Загальні економічні втрати: 22200708.33 + 2636846.67 + 610000.00 + 86940.00 = 25534495.00 грн
Додаткові інвестиції: 2595833.33 грн
Всього: 28130328.33 грн
+++ Загальний підсумок: 613 - Генератор +++
ОЕЕ: 71.83%
Кількісні втрати: 382770.83 кг
Кількісні втрати у штуках: 4503185.00 штук
Економічні втрати: 28130328.33 грн

```

Рисунок 6. Обрахунки математичної моделі по джерелу №3, для рішення 2 «генератор»

Наскрізні КПП у Додатку Ж Рисунок 6

Продовження Додатку 3

Час звіту: 2025-05-18T20:59:32

Лог розрахунків:

```

=== Розрахунок кількісних втрат для сценарію: 125 - Генератор + АВР + UPS ===
Додаткові втрати виробництва відсутні завдяки миттєвому перемиканню.
=== Розрахунок втрат у штуках для сценарію: 125 - Генератор + АВР + UPS ===
Додаткові втрати продукції відсутні завдяки миттєвому перемиканню.
=== Розрахунок ОЕЕ для сценарію: 125 - Генератор + АВР + UPS ===
Базовий ОЕЕ: 78.96% (Доступність: 94.90%, Продуктивність: 85.60%, Якість: 97.20%)
Загальна тривалість відключень: 125.08 год, Кількість відключень: 76
Плановий обсяг виробництва: 10800000.00 кг
Немає додаткового простоя чи дефектів якості завдяки миттєвому перемиканню.
ОЕЕ = 94.90% * 85.60% * 97.20% = 78.96%
=== Розрахунок економічних втрат для сценарію: 125 - Генератор + АВР + UPS ===
Втрати виробництва: 0.00 кг * 58 грн/кг = 0.00 грн
Вартість пального: 125.08 год * 80 л/год * 55 грн/л = 550366.67 грн
Вартість зарядки UPS: 76 відключень * 0.1667 год * 300 кВт * 10.86 грн/кВт·год = 41268.00 грн
Додаткові інвестиції: 2542500 грн + 225000 грн + 4110750 грн + 40000 грн + 75000 грн + 45000 грн = 7038250 грн
Загальні економічні втрати: 550366.67 + 41268.00 = 591634.67 грн
Додаткові інвестиції: 7038250.00 грн
Всього: 7629884.67 грн
+++ Загальний підсумок: 125 - Генератор + АВР + UPS +++
ОЕЕ: 78.96%
Кількісні втрати: 0.00 кг
Кількісні втрати у штуках: 0.00 штук
Економічні втрати: 7629884.67 грн

```

**Рисунок 7.** Обрахунки математичної моделі по джерелу №1, для рішення 3 «генератор + АВР + ДБЖ»

Наскрізнi КПИ у Додатку Ж Рисунок 7

**Продовження Додатку 3**

**Час звіту: 2025-05-18T21:04:07**

Лог розрахунків:

```

=== Розрахунок кількісних втрат для сценарію: 375 - Генератор + АВР + UPS ===
Додаткові втрати виробництва відсутні завдяки миттєвому перемиканню.
=== Розрахунок втрат у штуках для сценарію: 375 - Генератор + АВР + UPS ===
Додаткові втрати продукції відсутні завдяки миттєвому перемиканню.
=== Розрахунок ОЕЕ для сценарію: 375 - Генератор + АВР + UPS ===
Базовий ОЕЕ: 78.96% (Доступність: 94.90%, Продуктивність: 85.60%, Якість: 97.20%)
Загальна тривалість відключень: 374.68 год, Кількість відключень: 235
Плановий обсяг виробництва: 10800000.00 кг
Немає додаткового простоя чи дефектів якості завдяки миттєвому перемиканню.
ОЕЕ = 94.90% * 85.60% * 97.20% = 78.96%
=== Розрахунок економічних втрат для сценарію: 375 - Генератор + АВР + UPS ===
Втрати виробництва: 0.00 кг * 58 грн/кг = 0.00 грн
Вартість пального: 374.68 год * 80 л/год * 55 грн/л = 1648606.67 грн
Вартість зарядки UPS: 235 відключень * 0.1667 год * 300 кВт * 10.86 грн/кВт·год = 127605.00 грн
Додаткові інвестиції: 2542500 грн + 225000 грн + 4110750 грн + 40000 грн + 75000 грн + 45000 грн = 7038250 грн
Загальні економічні втрати: 1648606.67 + 127605.00 = 1776211.67 грн
Додаткові інвестиції: 7038250.00 грн
Всього: 8814461.67 грн
+++ Загальний підсумок: 375 - Генератор + АВР + UPS +++
ОЕЕ: 78.96%
Кількісні втрати: 0.00 кг
Кількісні втрати у штуках: 0.00 штук
Економічні втрати: 8814461.67 грн

```

**Рисунок 8.** Обрахунки математичної моделі по джерелу №2, для рішення 3 «генератор + АВР + ДБЖ»

Наскрізнi КПИ у Додатку Ж Рисунок 8

**Продовження Додатку 3**

Час звіту: 2025-05-18T21:15:39

Лог розрахунків:

```

=== Розрахунок кількісних втрат для сценарію: 613 - Генератор + АВР + UPS ===
Додаткові втрати виробництва відсутні завдяки миттєвому перемиканню.
=== Розрахунок втрат у штуках для сценарію: 613 - Генератор + АВР + UPS ===
Додаткові втрати продукції відсутні завдяки миттєвому перемиканню.
=== Розрахунок ОЕЕ для сценарію: 613 - Генератор + АВР + UPS ===
Базовий ОЕЕ: 78.96% (Доступність: 94.90%, Продуктивність: 85.60%, Якість: 97.20%)
Загальна тривалість відключень: 599.28 год, Кількість відключень: 161
Плановий обсяг виробництва: 10800000.00 кг
Немає додаткового простою чи дефектів якості завдяки миттєвому перемиканню.
ОЕЕ = 94.90% * 85.60% * 97.20% = 78.96%
=== Розрахунок економічних втрат для сценарію: 613 - Генератор + АВР + UPS ===
Втрати виробництва: 0.00 кг * 58 грн/кг = 0.00 грн
Вартість пального: 599.28 год * 80 л/год * 55 грн/л = 2636846.67 грн
Вартість зарядки UPS: 161 відключень * 0.1667 год * 300 кВт * 10.86 грн/кВт·год = 87423.00 грн
Додаткові інвестиції: 2542500 грн + 225000 грн + 4110750 грн + 40000 грн + 75000 грн + 45000 грн = 7038250 грн
Загальні економічні втрати: 2636846.67 + 87423.00 = 2724269.67 грн
Додаткові інвестиції: 7038250.00 грн
Всього: 9762519.67 грн
+++ Загальний підсумок: 613 - Генератор + АВР + UPS +++
ОЕЕ: 78.96%
Кількісні втрати: 0.00 кг
Кількісні втрати у штуках: 0.00 штук
Економічні втрати: 9762519.67 грн

```

**Рисунок 9.** Обрахунки математичної моделі по джерелу №3, для рішення 3 «генератор + АВР + ДБЖ»

Наскрізнi КПШ у Додатку Ж Рисунок 9

## Додаток И

Критичні контрольні точки (ССР) згідно за принципами системи НАССР					
	Етап процесу	Потенційна небезпека	Критична межа	Метод контролю	Частота
<b>ККТ-1Б/ ССР1</b>	Замішування тіста	Мікробіологічне забруднення води	Вода питної якості, температура не нижче 20 °С	Лабораторний аналіз, температурний контроль	Кожна зміна
<b>ККТ-2Б/ССР2</b>	Пропарювання	Розвиток та виживання патогенної мікрофлори внаслідок недостатньої термічної обробки	Температура не нижче 95 °С, 60с	Датчики температури, чек-лист	Кожна зміна
<b>ККТ-3Б/ССР3</b>	Смаження	Розвиток та виживання патогенної мікрофлори внаслідок недостатньої термічної обробки	Температура олії 160–180 °С, 75с	Автоматичний термоконтроль, зразки	Кожна партія
<b>ККТ-4Ф/ССР4</b>	Металодетекція	Металеві включення	Відсутність металу	Тест металопластиною, журнал перевірки	Кожна зміна
<b>ККТ-5Б/ ССР 5</b>	Пакування	Пил бруд сторонні включення	Відсутність фізичних частинок всередині	Візуальна перевірка кожної партії	Постійно

## Додаток К

<b>Контрольні операційні точки (QCP / OPRP)</b>					
	<b>Етап процесу</b>	<b>Контрольний параметр</b>	<b>Норма / межа</b>	<b>Метод контролю</b>	<b>Частота</b>
<b>ОПП-1/QCP 1</b>	Витримка тіста	Час витримки	180 с	Таймер, чек-лист	Щоразово
<b>ОПП-2/QCP 2</b>	Валкове розкачування	Товщина тіста	1,0 ± 0,1 мм	Щуп, візуальний контроль	Раз / годину
<b>ОПП-3/QCP 3</b>	Нарізання локшини	Ширина смужки	3–4 мм	Візуальний + штангенциркуль	Кожні 30 хв
<b>ОПП-4/QCP 4</b>	Пакування	Кількість пачок у коробці	60 шт	Зважування або ручний перерахунок	Постійно
<b>ОПП-5/QCP 5</b>	Палетування	Кількість коробок на палеті	56 коробок	Шаблон / контрольна наклейка	Постійно
<b>ОПП-6/QCP 6</b>	Етикетування	Наявність і точність маркування	Повна читабельність, дата, серія	Візуальний контроль	Постійно
<b>ОПП-7/QCP 7</b>	Складування	Розміщення за принципом FIFO	Відповідність порядку	Облік у ERP / сканер штрих-коду	Кожна палета

## Додаток Л

**“Результаті обрахунків імітаційних моделей”. Зведена таблиця результатів моделювання з точки зору ефективності роботи обладнання та втрат, по джерела №1, 2, 3 та трьох рішеннях**

Джерело	Сценарій	ОЕЕ,%	Кількісні втрати, млн шт	Втрати (втр.+інв.), млн грн	Інвестиції, млн	Збережені кошти, млн	Окупність, міс.
1*	Безд	61.97	12,6	63.8	0.0	-	-
1*	Ген.	76.36	1,5	10.8	2.6	53.0	0.6
1*	Ген.++**	78.96	0,0	7.6	7.0	56.1	1.5
2*	Безд	33.72	38,7	196.3	-	-	-
2*	Ген.	71.80	4,1	25.1	2.6	171.1	0.2
2*	Ген.++**	78.96	0,0	8.8	7.0	187.5	0.5
3*	Безд	40.79	31,5	159.3	-	-	-
3*	Ген.	71.83	4,5	28.1	2.6	131.2	0.2
3*	Ген.++**	78.96	0,0	9.8	7.0	149.5	0.6

\* 1 - (125 год / рік, 76 відключень, 26% аварійні, середня тривалість 98хв);

2 - (375 год / рік, 235 відключень, 23% аварійні, середня тривалість 91хв);

3 - (600 год / рік, 161 відключення, 38% аварійні, середня тривалість 224хв)

\*\* Генератор + АВР + ДБЖ;

## Додаток М

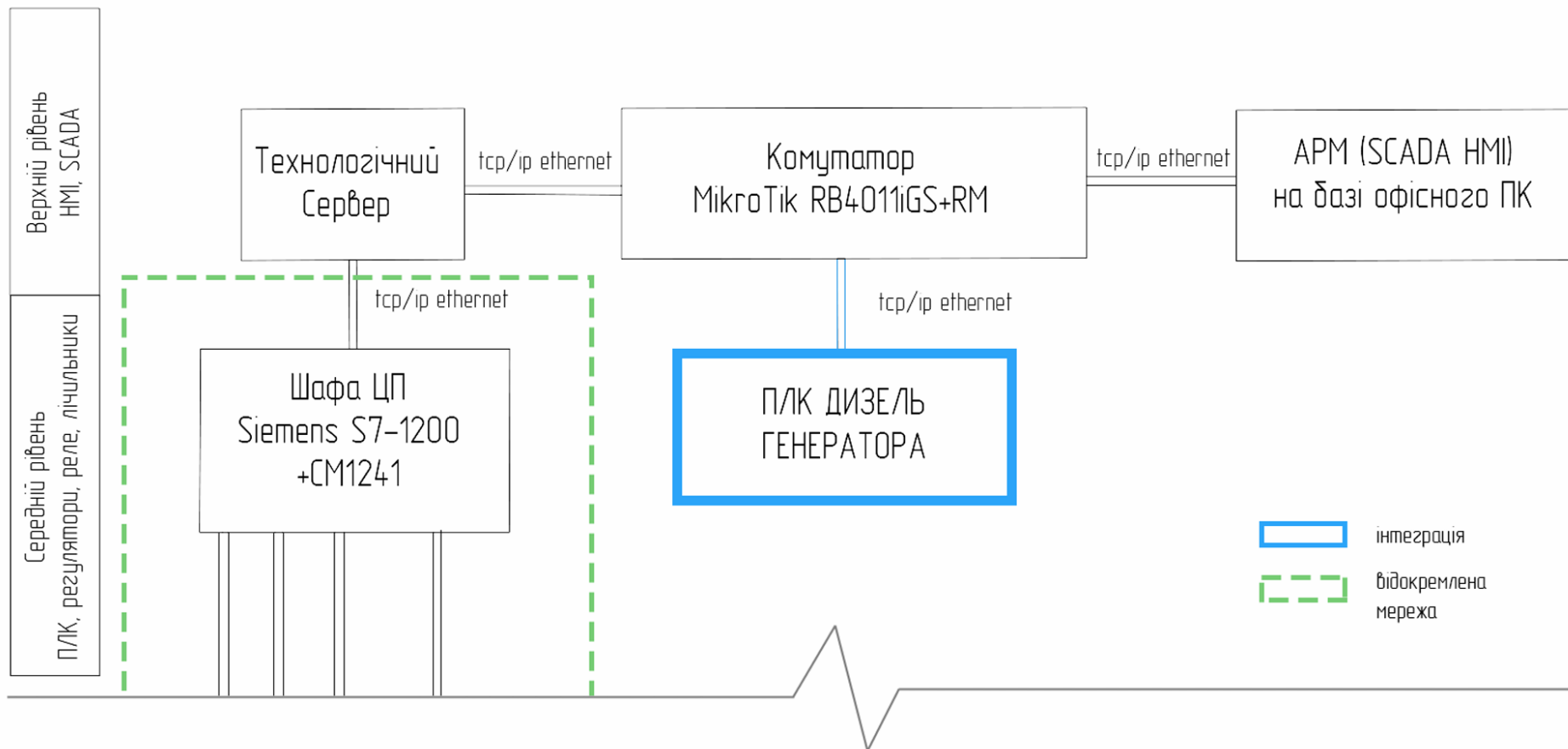
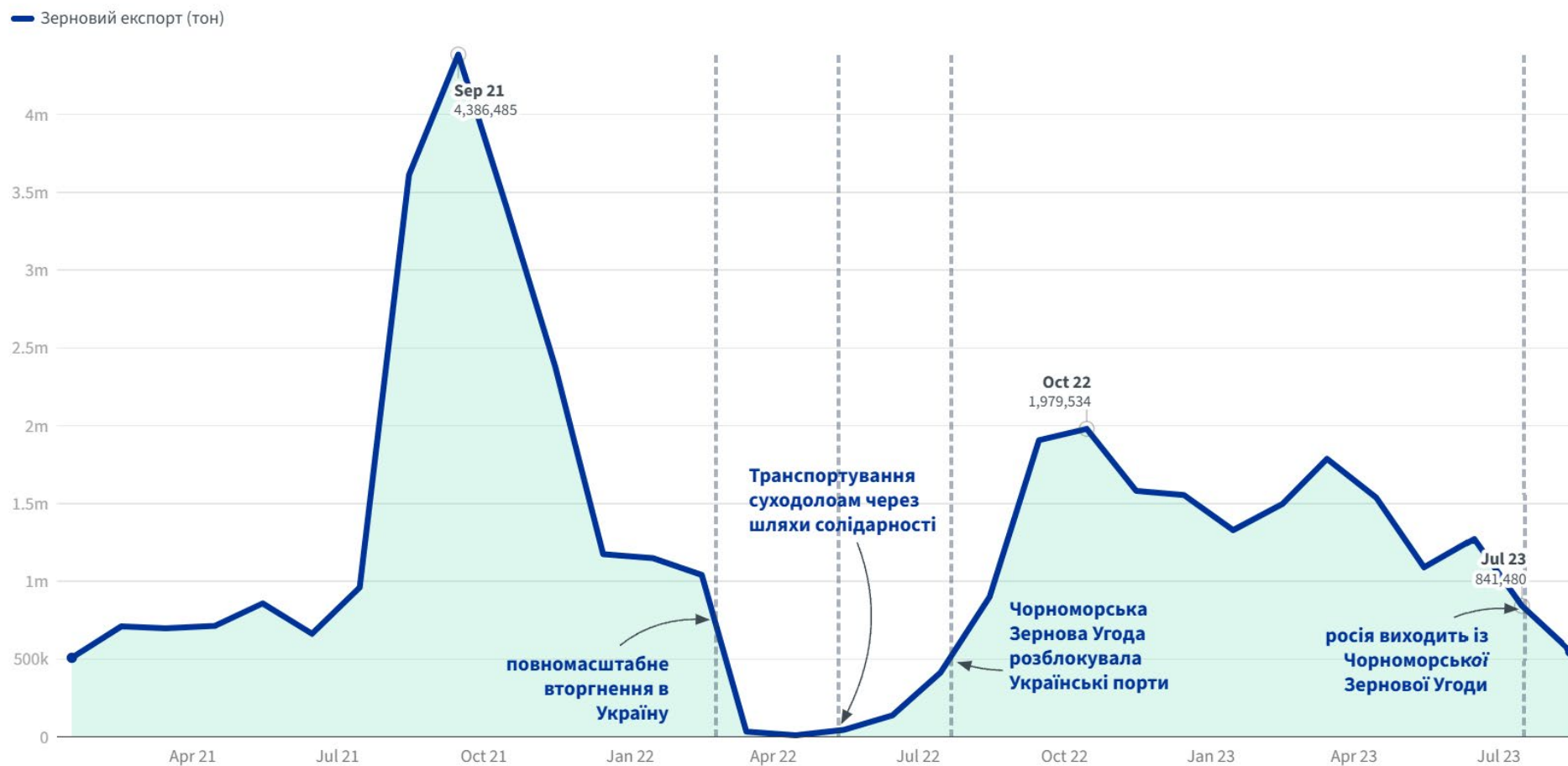


Рисунок 1. Схема інтеграції дизель генераторного ПЛК

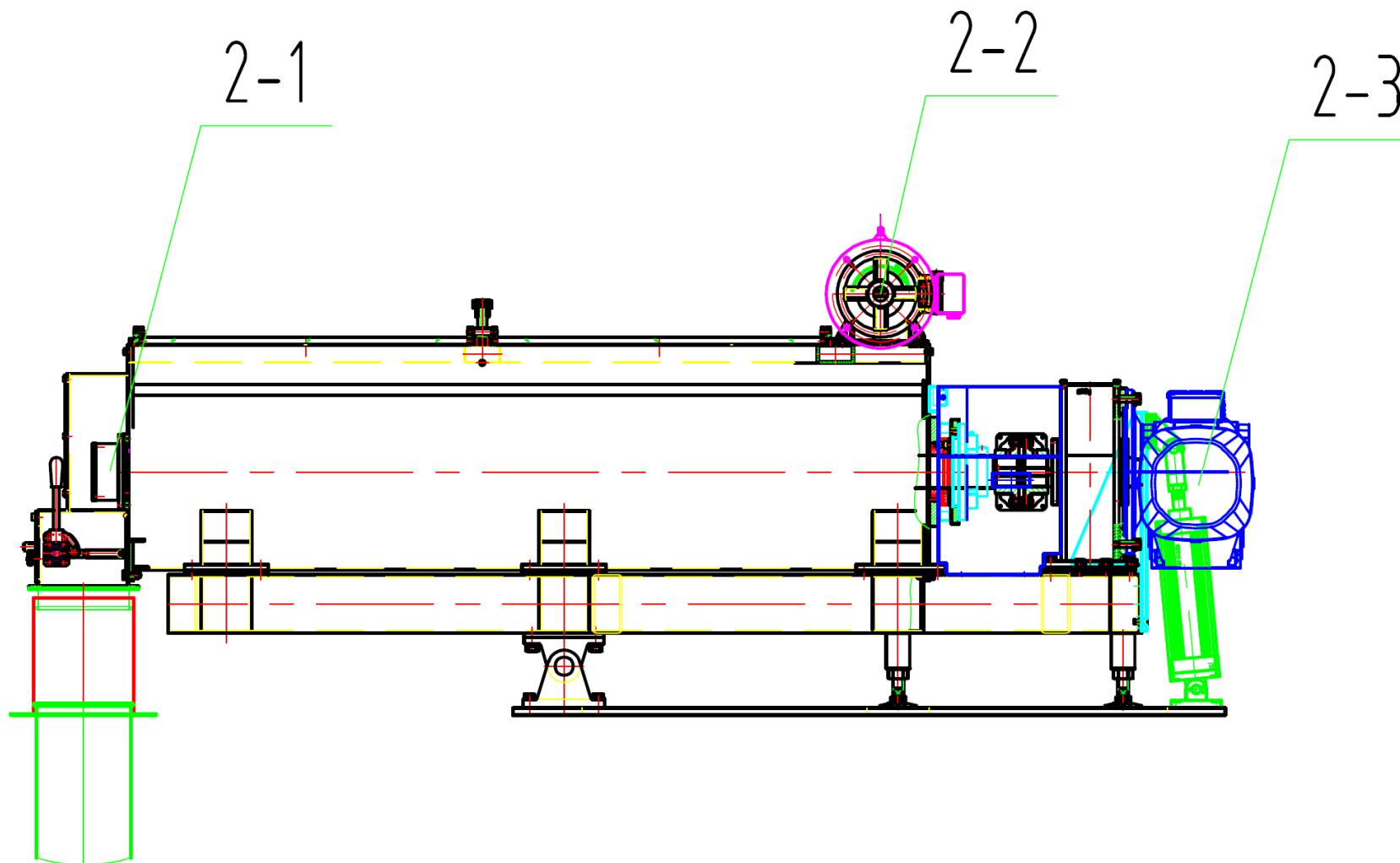
## Додаток Н



Ресурс: Міністерство аграрної політики та продовольства України

**Рисунок 1.** Експорт Української пшениці та вплив блокування Українських портів агресором, т [24]

## Додаток II



**Рисунок 1.** Тістомісильна машина безперервної дії Broaduea FM530-5.

Підшипниковий вузол (2-1), електронні системи (2-2), інші системи (2-3)

## Продовження Додатку II

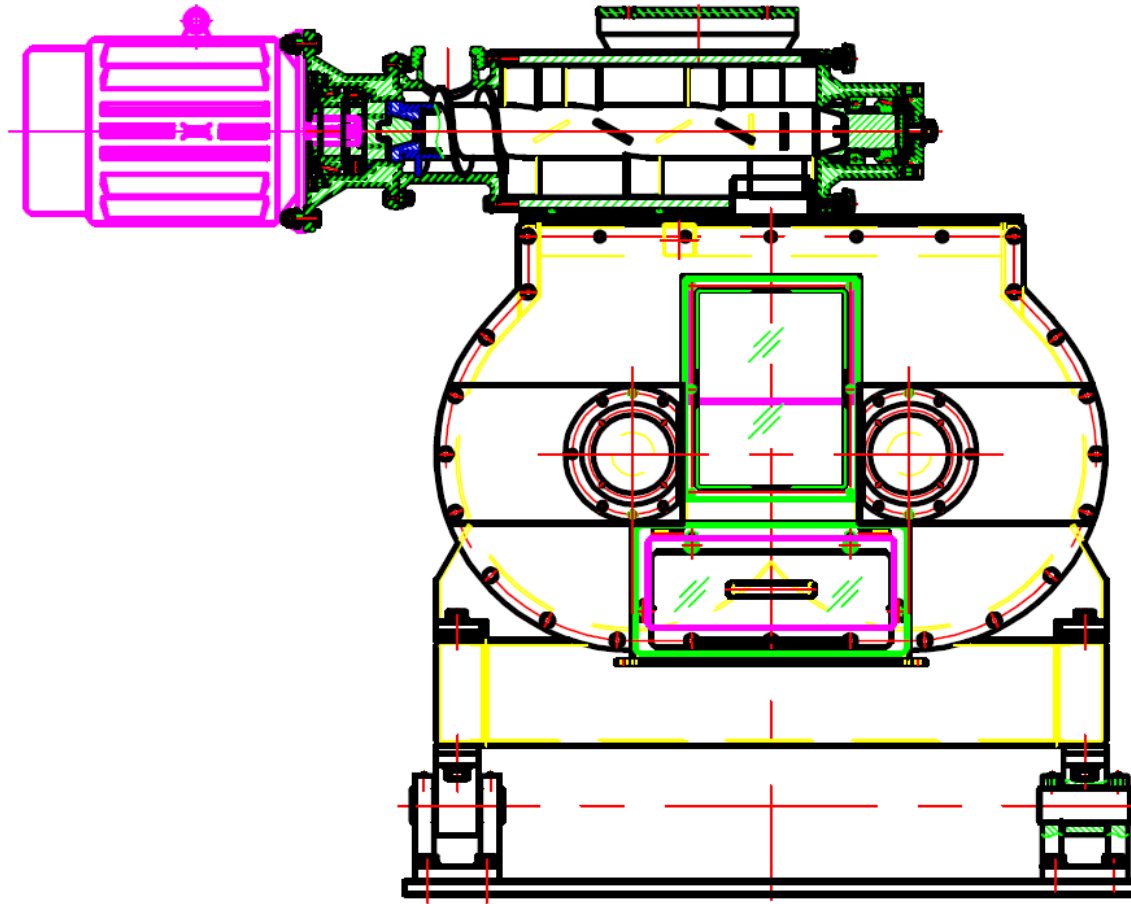
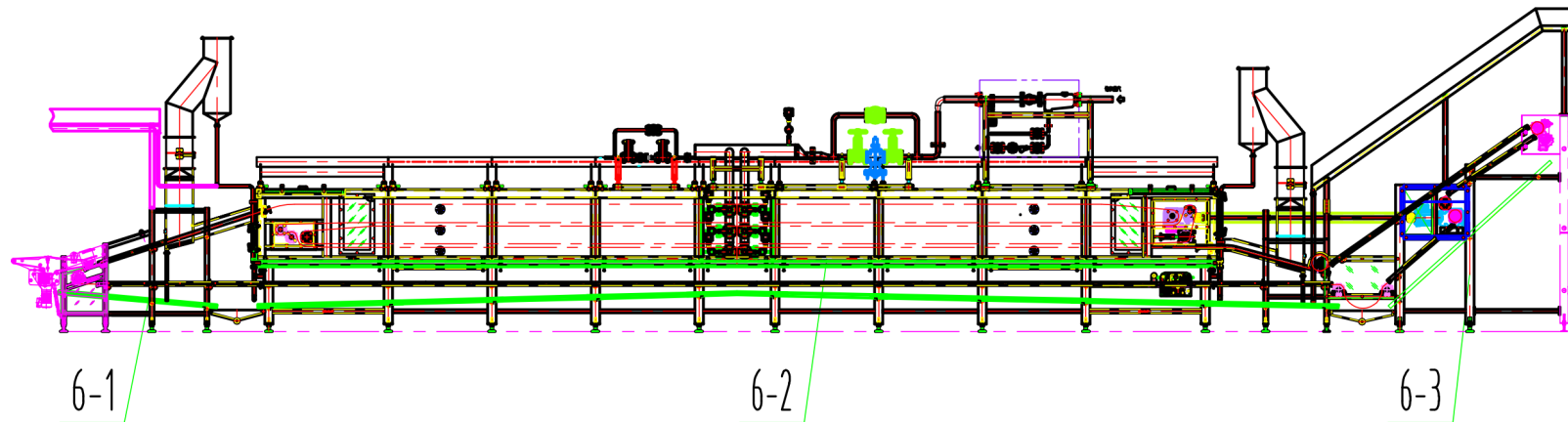


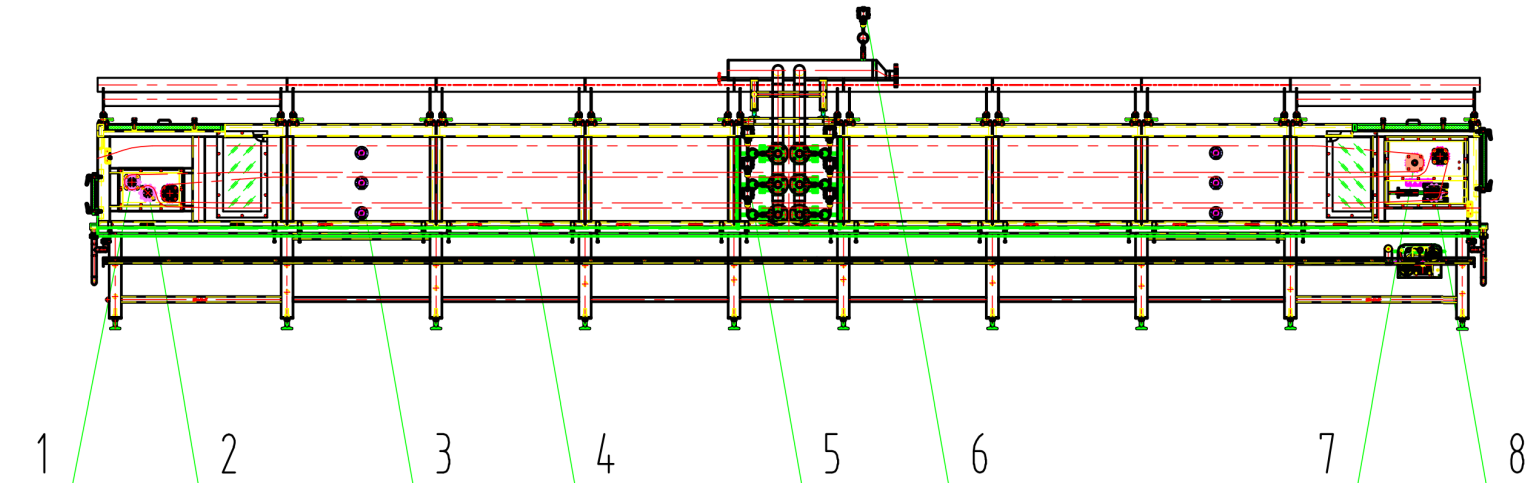
Рисунок 2. Тістомісильна машина безперервної дії Broaduea FM530-5. Вид зліва.

## Продовження Додатку II



**Рисунок 3.** Камера пропарювання Broaduea FM530-11.

Вхідна передавальна рама (6-1), середня частина (6-2), в якій відбувається основний процес етапу пропарювання, вихідна передавальна рама (6-3).



**Рисунок 4.** Середня частина 6-2 камери пропарювання Broaduea FM530-11.

## Продовження Додатку II

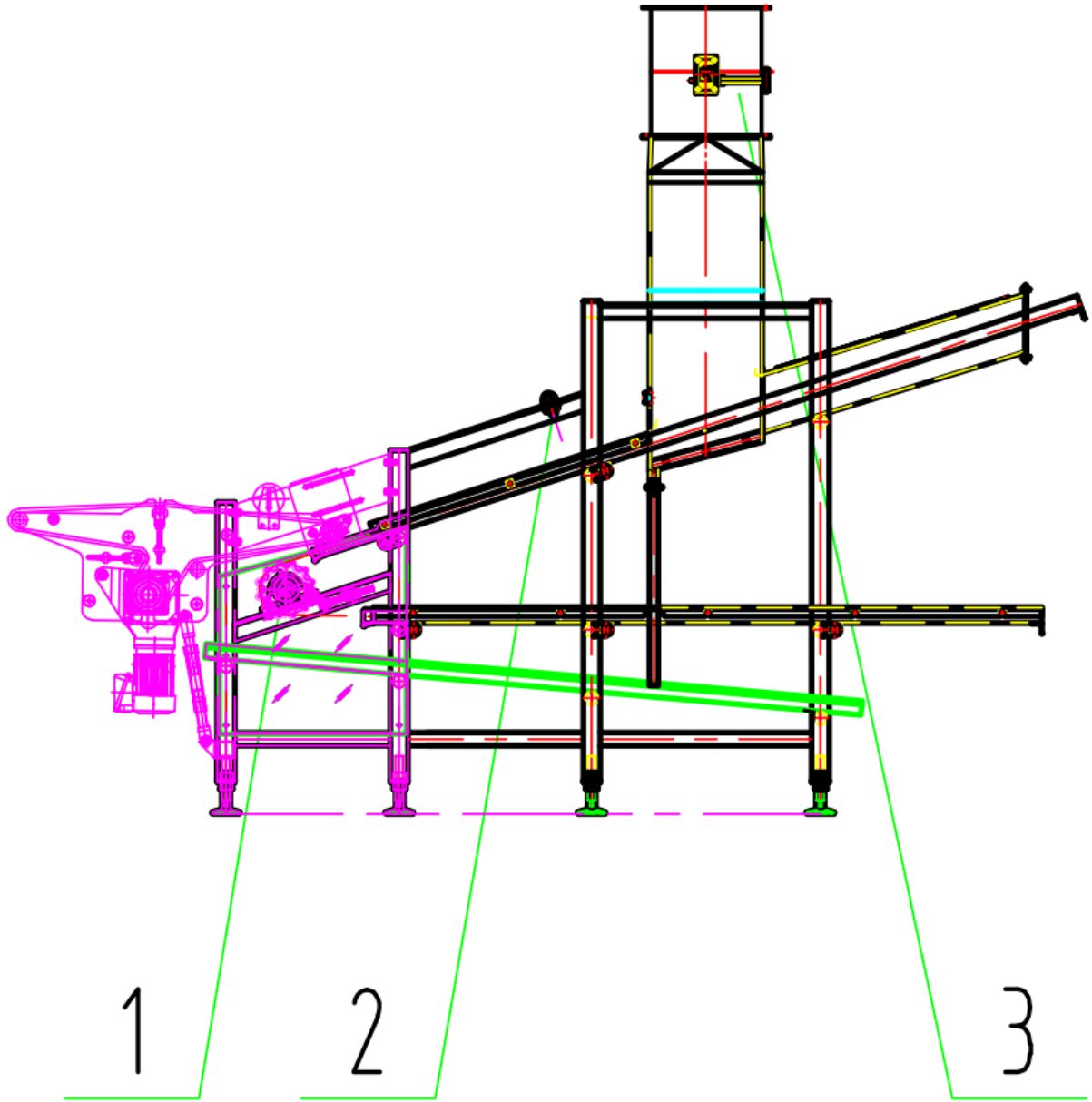
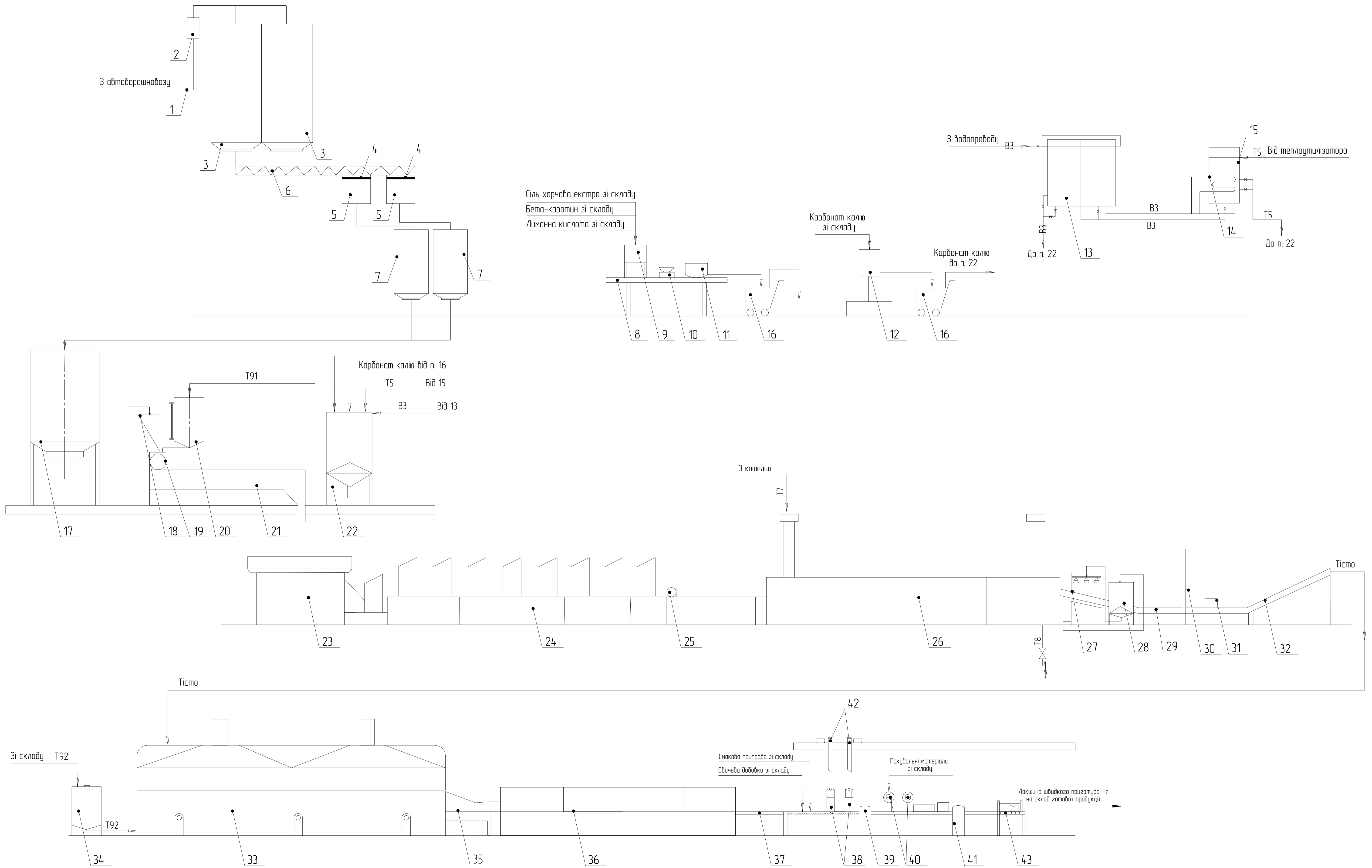


Рисунок 5. Вхідна передавальна рама камери пропарювання Broaduea FM530-11.

## Додаток Р

Джерело Рішення	1	2	3	1	2	3
<b>ОЕЕ (78,96%)</b>	Імітаційний			Відхилення (цільове 78,96%)		
Бездіяльність	61.97%	33.72%	40.79%	-21.52%	-57.29%	-48.34%
Генератор	76.36%	71.80%	71.83%	-3.29%	-9.07%	-9.03%
Генератор+АВР+ДБЖ	78.96%	78.96%	78.96%	0.00%	0.00%	0.00%
<b>Доступність (А)</b>						
Бездіяльність	85.51%	66.01%	71.34%	-9.89%	-30.44%	-24.83%
Генератор	93.78%	91.84%	91.54%	-1.18%	-3.22%	-3.54%
Генератор+АВР+ДБЖ	94.90%	94.90%	94.90%	0.00%	0.00%	0.00%
<b>Продуктивність Р (85,6%)</b>	Імітаційний			Відхилення (цільове 85,6%)		
Бездіяльність	75.71%	55.15%	60.77%	-11.55%	-35.57%	-29.01%
Генератор	84.42%	82.37%	82.06%	-1.38%	-3.77%	-4.14%
Генератор+АВР+ДБЖ	85.60%	85.60%	85.60%	0.00%	0.00%	0.00%
<b>Якість Q (92,2%)</b>	Імітаційний			Відхилення (цільове 92,2%)		
Бездіяльність	95.72%	92.63%	94.07%	-1.52%	-4.70%	-3.22%
Генератор	96.46%	94.92%	95.64%	-0.76%	-2.35%	-1.60%
Генератор+АВР+ДБЖ	97.20%	97.20%	97.20%	0.00%	0.00%	0.00%

Таблиця 1. Зведена таблиця порівняння впливу рішень на протидію характеру джерела

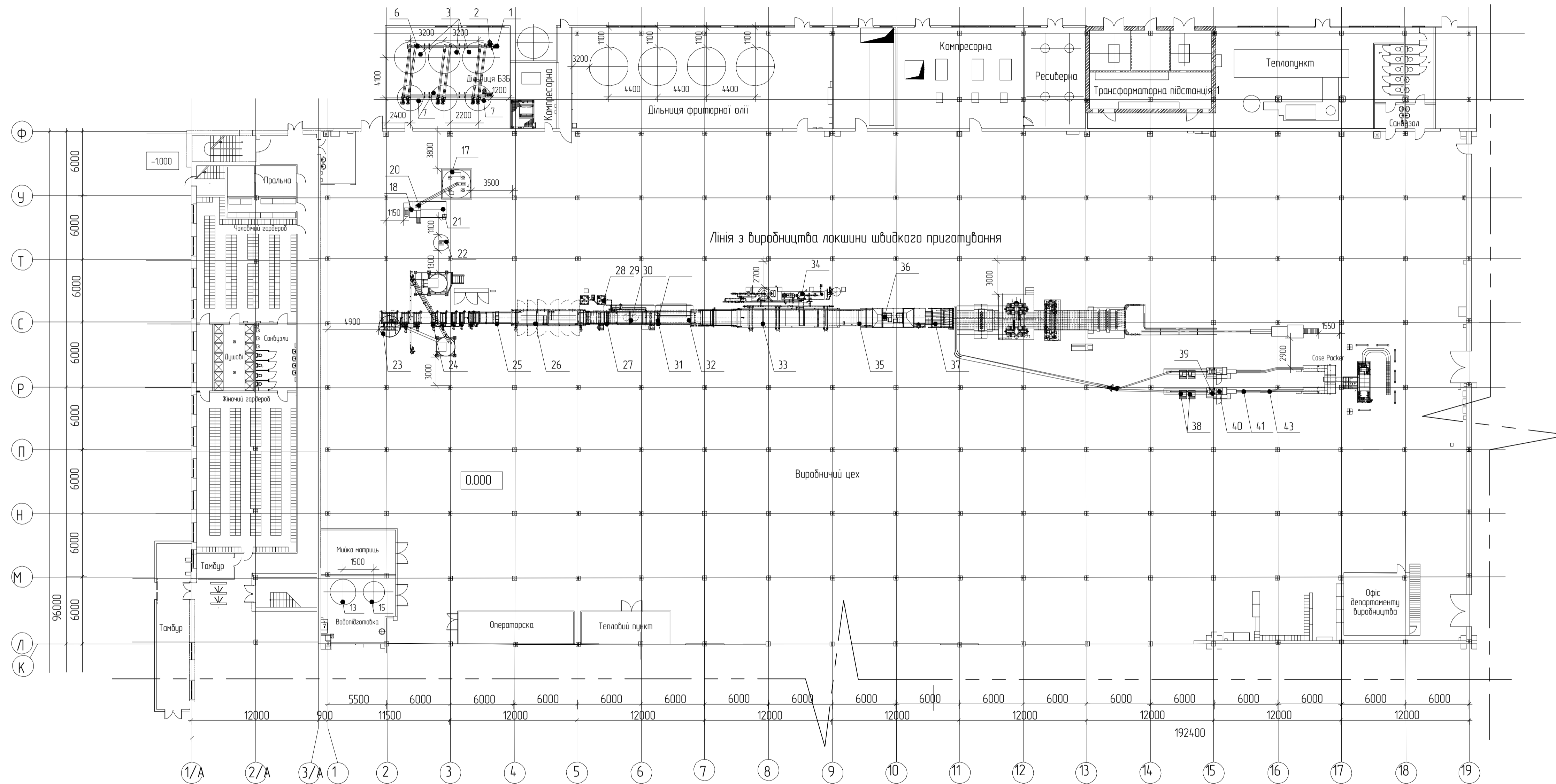


Познач.	Назва середовища, яке транспортується
—	Борошно пшеничне
B3	Вода холодна
T5	Вода гаряча
T91	Розсіл
T92	Соняшкова олія

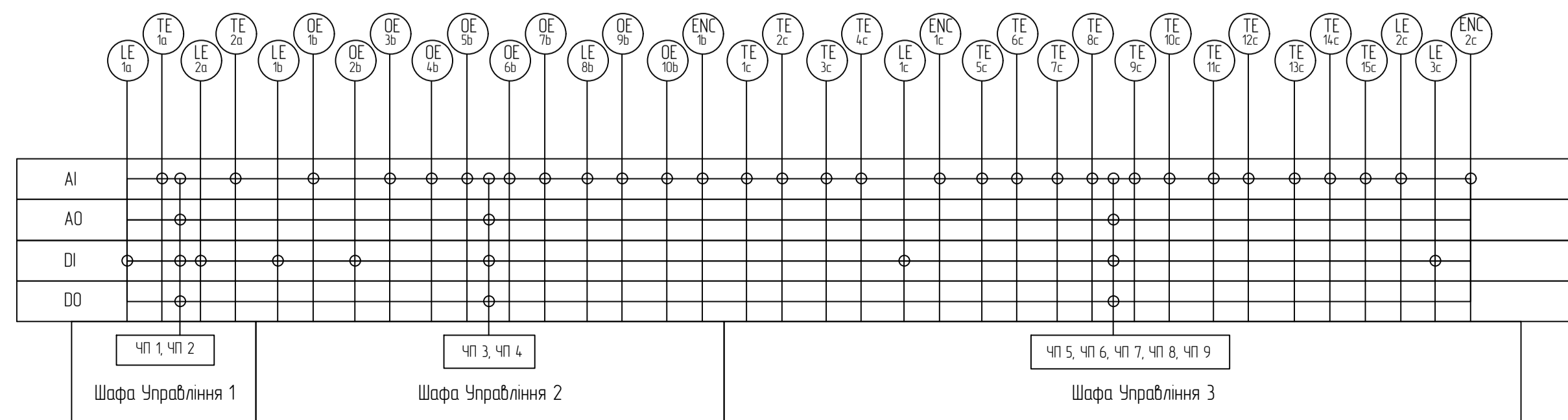
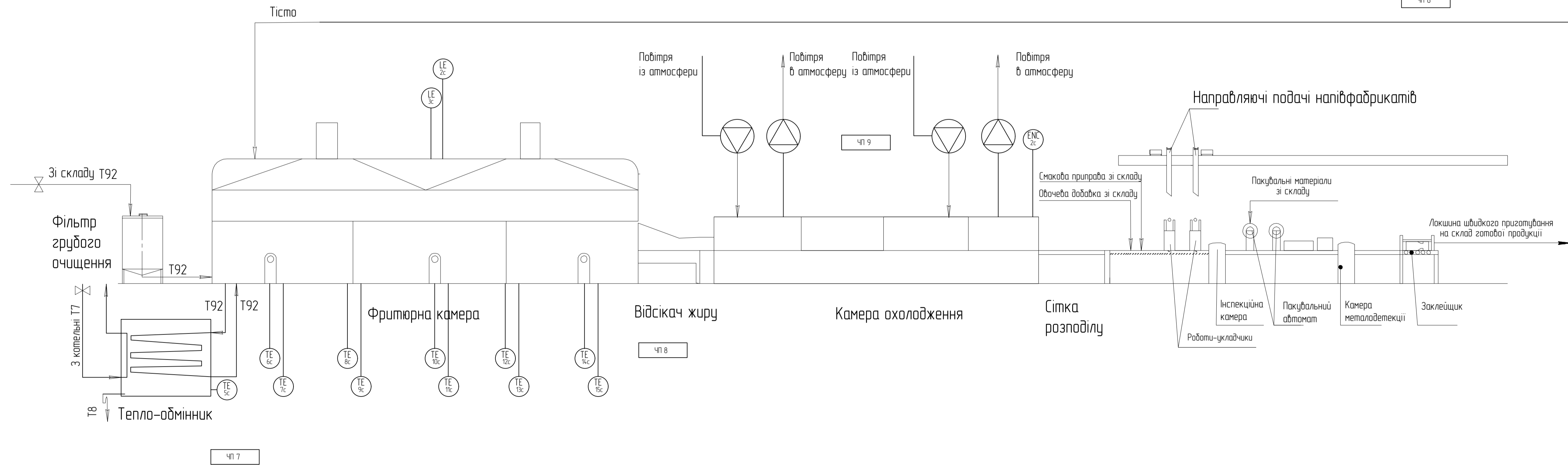
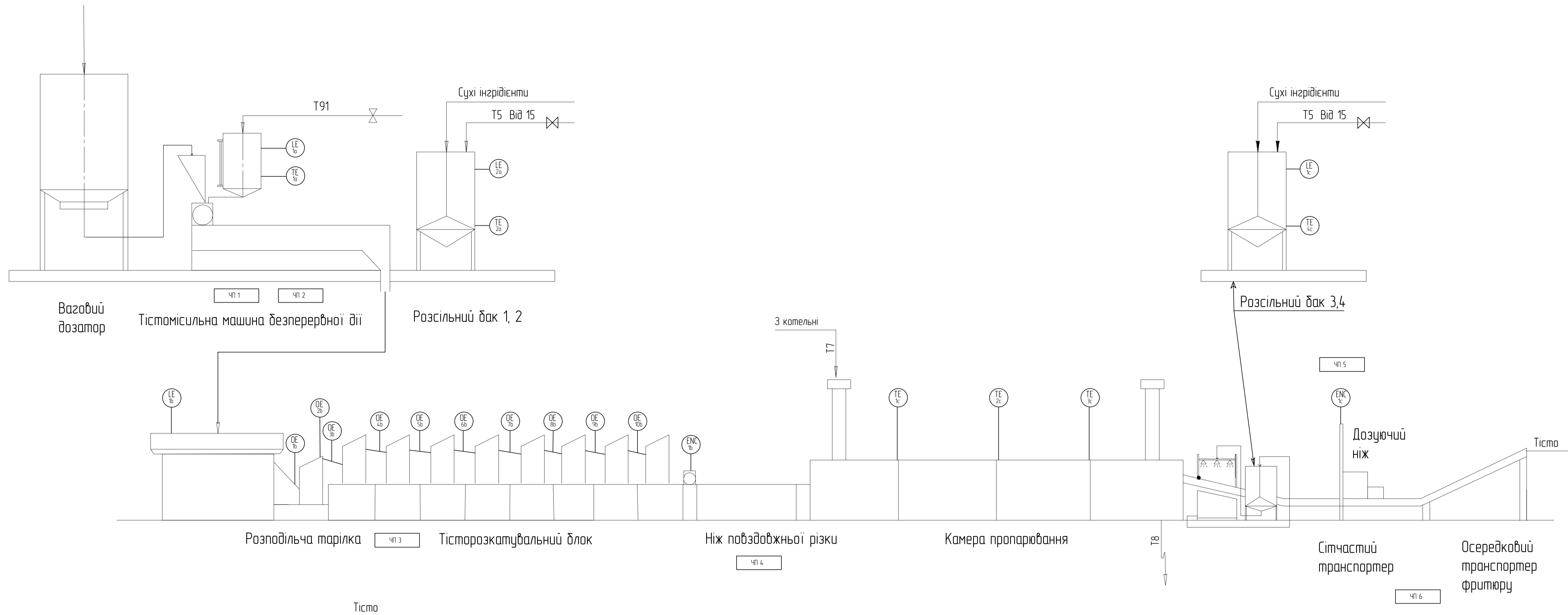
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА				Лім.	Маса	Масш.
Зм. Аркш.	№ док.	Підп.	Дата	К		Б М
Розроб.	Якименко С.І.					
Перев.	Пашенко Б.С.			Аркш	Аркш	
Т.контр.	Челенюк О.М.			ЛН-2-13М		
Н.контр.	Пупіна О.М.			Формат А1		
Затв.	Вашека О.М.					

Апаратно-технологічна  
схема виробництва вершнелі  
швидкого приготування  
"Рево з смаком гострої курки"

План на відмітці 0.000



КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА				Літ.	Маса	Масш.
Змін Аркш	№ док.	Підп.	Дата	К		1:100
Розроб.	Якименко С.І.					
Перед.	Челенжко О.М.			Аркш	Аркшів	
Т.контр.	Поценко Б.С.			ЛН-2-13М		
Н.контр.				Формат А1		
Затв.	Ващенко О.М.					



Познач.	Назва середовища, яке транспортується
	Борошно пшеничне
V3	Вода холодна
T5	Вода гаряча
T91	Розсіл
T92	Соняшникова олія

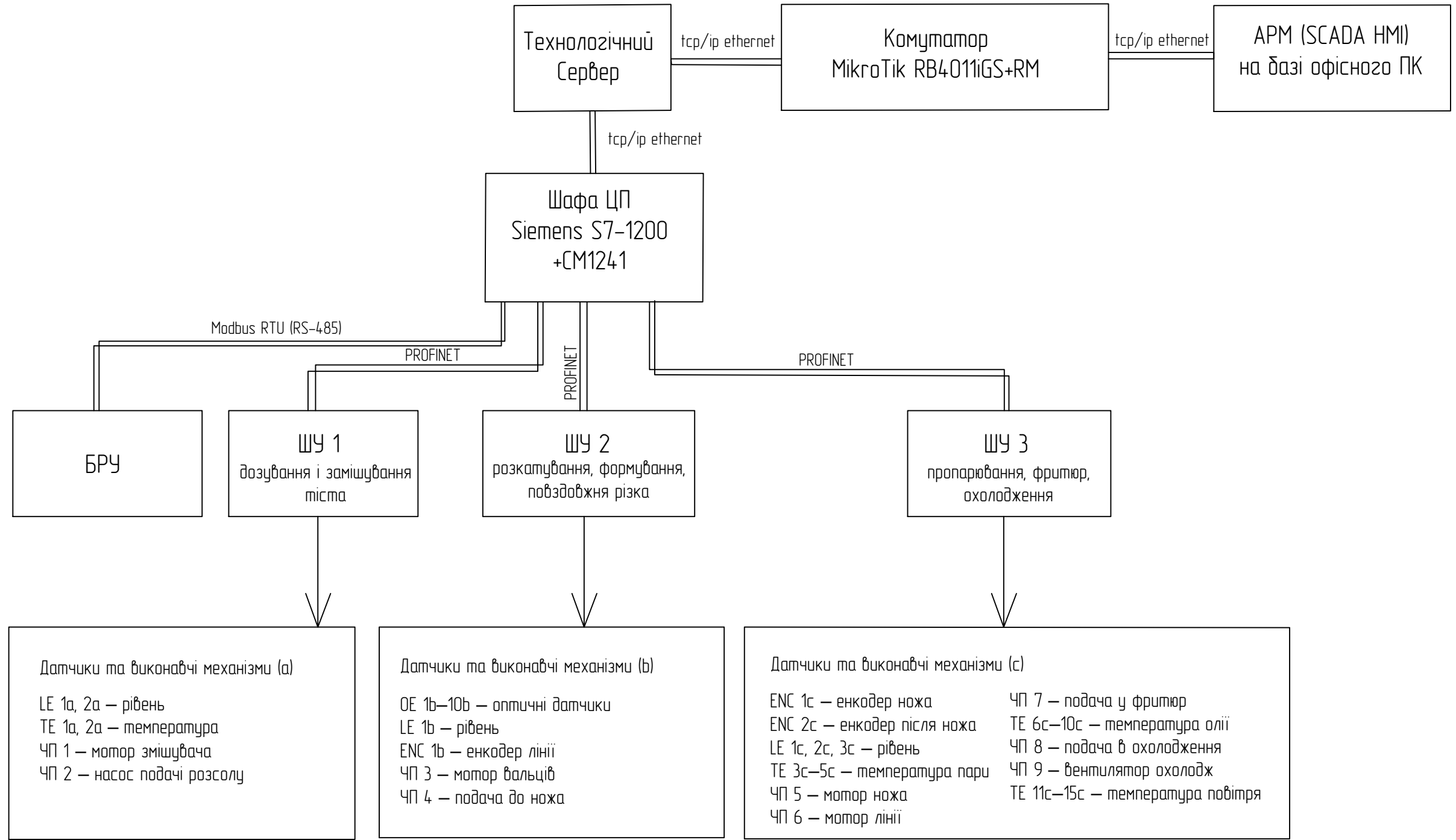
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА				Лім.	Маса	Масш.
Зам. Аркш.	№ докум.	Підп.	Дата	К		Б М
Розроб.	Якименко С.І.					
Перев.	Пулєна О.М.			Аркш.	Аркшів	
Т.контр.	Чепелюк О.М.			ЛН-2-13М		
Н.контр.	Пашенко О.М.			Формат А1		
Затв.	Вашека О.М.					

Схема автоматизації лінії виробництва вермицелі швидкого приготування "Реева зі смаком гастрої курки"

Верхній рівень  
HMI, SCADA

Середній рівень  
ПЛК, регулятори, реле, лічильники

Нижній рівень  
КВП, Датчики, Виконавчі механізми



				КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА		
				Лім.	Маса	Масш.
Змін Аркуш	№ Документа	Підп.	Дата	Комплекс Технічних Засобів лінії виробництва вермішелі швидкого приготування "Reeva зі смаком гострої курки"	K	Б М
Розроб.	Якименко С.І.				Аркуш	Аркушів
Перев.	Пупена О.М.					
Т.контр.	Пащенко Б.С.				ЛН-2-13М	
	Чепелюк О.М.					
Н.контр.						
Затв.	Вашека О.М.					