

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Навчально-науковий центр заочної форми навчання
(повна назва)

Кафедра Інформаційних управляючих систем
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)

Дослідження методів аналізу збитків при розробці інформаційної
(тема)

системи виробництва виробів із нержавіючої сталі

Виконав:

здобувач 2 року навчання,

групи IУСТзм-24-1

Єлизавета ШКРЕДОВА

(власне ім'я, прізвище)

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Інформаційні управляючі
системи та технології

(повна назва освітньої програми)

Керівник: проф. каф. ІУС Ірина ПАНФЬОРОВА
(посада, власне ім'я, прізвище)

Допускається до захисту

Завідувач кафедри ІУС

(підпис)

Костянтин ПЕТРОВ

(власне ім'я, прізвище)

2025 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Навчально-науковий центр заочної форми навчання

Кафедра Інформаційних управлюючих систем

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки
(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Інформаційні управлюючі системи та технології
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри Марк
(підпись)

« 24 » листопада 2025 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

здобувачеві Шкредовій Єлизаветі Ярославовні

Шкредовій Єлизаветі Ярославовні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження методів аналізу збитків при розробці інформаційної системи виробництва виробів із нержавіючої сталі

затверджена наказом університету від « 24 » листопада 2025 р. № 201Стз

2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії **« 17 » грудня 2025 р.**

3. Вихідні дані до роботи методи аналізу збитків, правила для написання рекомендацій, дані про збитки від простоїв, дані про збитки від браку, дані про збитки від втрати матеріалів, дані про збитки через логістичні проблеми, дані про збитки через перевиробництво, каталог виробів, матеріали передається іншої практики, наукові публікації та інтернет-джерела з тематики аналізу збитків на виробництві.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі опис бізнес-процесу аналізу збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі, опис підприємства, опис недоліків існуючого бізнес-процесу, опис ІС аналізу збитків, опис методів аналізу збитків, формулювання задачі дослідження, аналіз методів вирішення задачі аналізу збитків, розробка комбінованого методу аналізу збитків, експериментальна перевірка працездатності комбінованого методу аналізу збитків, оцінювання точності рішення, формування висновків.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Дослідження бізнес-процесу аналізу збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі	24.11.2025 – 25.11.2025	Виконано
2	Опис ІС аналізу збитків	26.11.2025 – 27.12.2025	Виконано
3	Опис методів аналізу збитків для виробництва виробів із нержавіючої сталі	28.11.2025 – 29.11.2025	Виконано
4	Постановка задачі дослідження	30.11.2025 – 01.12.2025	Виконано
5	Обґрунтування вибору методів аналізу збитків	02.12.2025 – 03.12.2025	Виконано
6	Розробка комбінованого методу для вирішення задачі аналізу збитків	04.12.2025 – 05.12.2025	Виконано
7	Проєктування та опис підсистеми аналізу збитків при розробці ІС виробництва виробів із нержавіючої сталі	06.12.2025 – 07.12.2025	Виконано
8	Обґрунтування вибору технічного забезпечення підсистеми аналізу збитків	08.12.2025 – 09.12.2025	Виконано
9	Експериментальна перевірка працездатності комбінованого методу аналізу збитків та оцінювання точності запропонованого рішення	10.12.2025 – 11.12.2025	Виконано
10	Оформлення пояснівальної записки	12.12.2025 – 13.12.2025	Виконано
11	Оформлення додатків	14.12.2025 – 15.12.2025	Виконано
12	Попередній захист	16.12.2025	Виконано

Дата видачі завдання 24 листопада 2025 р.

Здобувач Селін Крех
(підпис)

Керівник роботи Марія проф. каф. ІУС Ірина ПАНФЬОРОВА
(підпис) (посада, власне ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи: 107 с., 20 рис., 17 табл., 3 дод., 31 джерела.

АНАЛІЗ ЗБИТКІВ, ЗБИТКИ НА ВИРОБНИЦТВІ, ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ПІДПРИЄМСТВА, КОГОРТНИЙ АНАЛІЗ, МЕТОДИ АНАЛІЗУ, МЕТОД ПАРЕТО, ПРИЧИННИ ЗБИТКІВ.

Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи є процес аналізу збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі.

Предметом дослідження є методи аналізу збитків, які застосовуються для зменшення фінансових витрат і прийняття управлінських рішень щодо управління збитками.

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження методів аналізу збитків для розробки комбінованого методу аналізу збитків, що дозволить комплексно аналізувати різні типи збитків, виявляти причини їх виникнення для прийняття управлінських рішень та мінімізувати вплив збитків на фінансові втрати підприємства.

Для дослідження процесу аналізу збитків проаналізовано основні методи аналізу збитків та визначено комбінований метод аналізу збитків з урахуванням особливостей виробництва виробів із нержавіючої сталі.

У роботі розглянуто опис підприємства, бізнес-процес підприємства, що займається аналізом збитків, та недоліки цього процесу. Проаналізовано інформаційні системи, що використовують для аналізу збитків, методи аналізу, сформульовано задачу для комбінованого методу аналізу збитків та надано теоретичний опис. Здійснено практичну реалізацію поставленої задачі, спроектовано підсистему аналізу збитків та експериментально перевірено запропоноване рішення аналізу збитків.

ABSTRACT

Master's thesis: 107 pages, 20 figures, 17 tables, 3 appendices, 31 sources.

ANALYSIS OF LOSSES, ANALYSIS METHODS, CAUSES OF LOSSES, COHORT ANALYSIS, ENTERPRISE INFORMATION SYSTEM, PARETO METHOD, PRODUCTION LOSSES.

The object of the research of this qualification work is the process of loss analysis in the production of stainless-steel products.

The subject of the research is the methods of loss analysis used to reduce financial costs and support managerial decision-making regarding loss management.

The qualification work aims to research the methods of loss analysis in order to develop a combined loss analysis method that yields a comprehensive analysis of various types of losses, identify the causes of their occurrence for management decision-making, and minimize the impact of losses on the financial losses of the enterprise.

To investigate the loss analysis process, the primary loss analysis methods were examined, and a combined loss analysis method was identified that accounts for the specific features of stainless-steel product manufacturing.

The work includes a description of the enterprise, the business process related to loss analysis, and the shortcomings of this process. Information systems used for loss analysis and relevant analysis methods were examined. The task for the combined loss analysis method was formulated, and its theoretical description was provided. A practical implementation of the proposed solution was performed, a loss analysis subsystem was designed, and the proposed approach was experimentally validated.

ЗМІСТ

	C.
Скорочення та умовні познаки	8
Вступ.....	9
1 Опис та аналіз існуючих методів аналізу збитків на виробництві та формулювання задачі дослідження	11
1.1 Дослідження процесу аналізу збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі «KREDO»	11
1.2 Опис проблеми вибору методу аналізу збитків на виробництві.....	20
1.3 Аналіз існуючих ІС аналізу збитків на виробництві.....	22
1.4 Огляд існуючих методів аналізу збитків для виробництва виробів із нержавіючої сталі	25
1.5 Висновки та формування задачі дослідження	27
2 Дослідження методів аналізу збитків при розробці ІС виробництва виробів із нержавіючої сталі	29
2.1 Аналіз методів вирішення задачі аналізу збитків.....	29
2.2 Розробка комбінованого методу для вирішення задачі аналізу збитків	32
2.3 Висновки до другого розділу	35
3 Інформаційна технологія дослідження методів аналізу збитків при розробці ІС виробництва виробів із нержавіючої сталі	37
3.1 Розробка підсистеми «Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі» з використанням комбінованого методу	37
3.2 Особливості впровадження та експлуатації підсистеми «Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі»	39
3.3 Опис алгоритму роботи підсистеми «Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі».....	40

4 Експериментальна перевірка розробленого комбінованого методу та оцінка точності запропонованого рішення.....	44
4.1 Обґрунтування вибору платформи програмного забезпечення	44
4.2 Опис вимог до програмного забезпечення.....	45
4.3 Експериментальна перевірка отриманих результатів	47
4.4 Висновки до четвертого розділу.....	63
Висновки	64
Перелік джерел посилання	67
Додаток А Документ «Правила для написання рекомендацій»	71
Додаток Б Програмний код реалізації комбінованого методу аналізу збитків.....	72
Додаток В Графічний матеріал кваліфікаційної роботи	76

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

БД – база даних

ІС – інформаційна система

ПЗ – програмне забезпечення

СУБД – система управління базами даних

ERP – Enterprise Resource Planning

OEE – Overall Equipment Effectiveness

QMS – Quality Management Systems

SADT – Structured Analysis and Design Technique

SAP – System Analysis Program Development

SVM – Support Vector Machine

UML – Unified Modeling Language

ВСТУП

Аналіз збитків на виробництві є одним із найважливіших елементів забезпечення ефективної роботи сучасного промислового підприємства. Збитки, що виникають у процесі виготовлення продукції, можуть мати різне походження – від нераціонального використання матеріалів і порушень у технологічному процесі до простоїв обладнання або людських помилок. Вчасне виявлення збитків на виробництві та точне визначення їх причин є критичними для зменшення фінансових втрат і підвищення якості продукції.

Особливої актуальності ця проблема набуває для підприємств, що працюють із дорогими матеріалами, зокрема з нержавіючою сталлю. Будь-який брак, виробничі відходи, логістичні проблеми, простої або неефективне використання сировини призводять до значних збитків. У таких умовах важливо не лише фіксувати збитки, а й аналізувати їх причини, щоб вчасно вживати заходи для їх усунення і запобігти повтору аналогічних ситуацій у майбутньому. Це дозволить підприємству не лише зменшити фінансові витрати, а й підвищити загальну продуктивність і конкурентоспроможність підприємства.

Для реалізації цього завдання необхідне використання сучасних методів аналізу збитків, що дозволяють обробляти великі обсяги виробничих даних, виявляти закономірності та надавати управлінські рекомендації. Кожен метод аналізу збитків має свої переваги та обмеження, а тому вибір найбільш доцільного методу для аналізу збитків є надзвичайно важливим завданням. Основна проблема полягає в тому, що у виробничому процесі можуть виникати різні типи збитків, кожен із яких потребує застосування окремого методу аналізу збитків. Оскільки універсального методу аналізу збитків, який однаково ефективно працював би для всіх типів збитків, не існує, актуальним є розробка комбінованого методу аналізу

збитків, який враховує специфіку виробництва та підходить для кожного типу збитків.

Метою дослідження є дослідження методів аналізу збитків для розробки комбінованого методу аналізу збитків, що дозволить комплексно аналізувати різні типи збитків, виявляти причини їх виникнення для прийняття управлінських рішень та мінімізувати вплив збитків на фінансові втрати підприємства. Запропонований підхід передбачає розробку комбінованого методу аналізу збитків для формування відомості з результатами аналізу збитків за період, за типом збитків і за моделлю виробів і відомості з рекомендаціями щодо управління збитками.

Автоматизація процесу аналізу збитків не лише скорочує витрати часу та зусиль фахівців, а й зменшує ймовірність помилок, спричинених суб'єктивністю людського аналізу. Це сприяє впровадженню прозорої підсистеми контролю та покращенню загального управління виробництвом. Крім того, така підсистема може бути інтегрована у вже існуючі інформаційні системи (ІС) підприємств, підвищуючи їхню функціональність і адаптивність до змін.

Результати цього дослідження можуть стати основою для створення універсального рішення з аналізу збитків, яке буде застосовним не лише у виробництві виробів із нержавіючої сталі, а й в інших галузях промисловості, де питання мінімізації збитків має ключове значення для забезпечення стабільного розвитку підприємства.

1 ОПИС ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ЗБИТКІВ НА ВИРОБНИЦТВІ ТА ФОРМУЛОВАННЯ ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Дослідження процесу аналізу збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі «KREDO»

Сучасне виробниче підприємство – це складна система, у якій поєднуються десятки паралельних процесів: від постачання сировини, обробки матеріалів і технічного контролю до зберігання готової продукції та логістики. На кожному з цих етапів можуть виникати збої, що призводять до фінансових втрат, і які мають назву «збитки».

У технічній термінології «збитки» – це втрати активів або грошей, обумовлені чиємсь протиправними діями. Збитки виникають унаслідок неефективної організації процесів, технічних несправностей, людських помилок, зовнішніх обставин або управлінських недоліків. У підприємництві під цим терміном часто розуміють витрати підприємства, що перевищують фактичні доходи [1].

У сучасних умовах ринку, де посилюється конкуренція та щороку зростають вимоги до ефективності виробництва та мінімізації витрат, особливої уваги набуває аналіз збитків, що виникають у виробничій діяльності підприємств. Це має особливе значення для галузей, які працюють з високовартісними матеріалами, такими як нержавіюча сталь.

Виробництво виробів із нержавіючої сталі є технологічно складним і багатоетапним процесом, який вимагає точності, дотримання стандартів якості та ефективної організації кожної операції [2]. Висока ціна матеріалів, вимоги до виробничих процесів зумовлюють те, що навіть короткий простій, додатковий прохід шліфування або невдалий розкрій миттєво перетворюються на фінансові втрати. На кожному етапі виробництва – від постачання сировини до виготовлення готової продукції – можуть виникати різні типи збитків, які впливають на прибутковість виробництва.

У науковій літературі [3, 4] існує велика кількість підходів до класифікації збитків, які виникають у діяльності підприємств. Фундаментальний підхід до класифікації виробничих збитків у виробництві бере свій початок від роботи Сейічі Накадзіми, який визначив набір збитків, широко відомих як «шість великих збитків», що складають основу для метрики Overall Equipment Effectiveness (OEE) [5]. «Шість великих збитків» включають незаплановані простої через несправність або аварії обладнання, планові зупинки через налаштування та планове технічне обслуговування обладнання, незначні зупинки та холостий хід, повільний цикл роботи обладнання через брудне або зношене обладнання, погане змащення обладнання, неякісні матеріали, дефекти виробничого процесу та зниження виходу продукції, що впливає на показники якості. Ці збитки групуються у три основні категорії, що відповідають компонентам OEE: доступність, продуктивність та якість. Подальші дослідження вказали на обмеженість класифікації шести основних типів збитків у відображені всіх можливих збитків, що виникають у сучасних виробничих умовах. У статті [6] наголошується на включені додаткових факторів, таких як час очікування вхідних матеріалів, зупинки виробничого потоку, людські помилки, помилки планування та проблеми з якістю, які традиційно не охоплюються шістьма основними категоріями.

Отже, сьогодні не існує єдиної класифікації виробничих збитків, яка повною мірою охоплювала різноманітність збитків на підприємстві. У різних дослідженнях та стандартах використовуються відмінні критерії класифікації, орієнтовані на конкретні галузі, типи продукції або бізнес-моделі. У контексті виробництва виробів із нержавіючої сталі збитки мають свою специфіку, обумовлену високою вартістю сировини, багатоступеневими технологічними процесами та підвищеними вимогами до якості. Зважаючи на це, у межах дослідження кваліфікаційної роботи пропонується використовувати таку класифікацію типів збитків, яка адаптована до особливостей підприємства, яке спеціалізується на

виготовленні продукції з нержавіючої сталі, та використовується для подальшого аналізу збитків.

В результаті дослідження існуючих класифікацій типів збитків виокремлено п'ять основних типів збитків, які найчастіше зустрічаються на виробництві виробів із нержавіючої сталі та мають суттєвий вплив на фінансові втрати підприємства. До таких типів збитків було віднесено:

- збитки від простою [7], які виникають унаслідок зупинки виробництва через несподівані несправності обладнання, перебої в електропостачанні, відсутність персоналу (через хворобу або інші обставини), а також затримки у постачанні сировини та через очікування попереднього етапу на виробництві;
- збитки від втрат матеріалів, що обумовлені псуванням сировини, крадіжками, неправильним зберіганням або транспортуванням готової продукції, форс-мажорними обставинами [8], нераціональним використанням залишків або помилками у виробничих етапах (через людський фактор або через несправність обладнання);
- збитки від браку [7, 9], які поділяють на технічно неминучий невиправний брак та непередбачений внутрішній брак, що може виникнути через працівників підприємства (некваліфіковані дії персоналу, неуважність), постачальників матеріалів, унаслідок виробничих факторів (неточної роботи обладнання), форс-мажорних обставин;
- збитки через логістичні проблеми, які пов’язані з порушеннями у ланцюгу постачання сировини, збоями у транспортуванні готової продукції, неефективним маршрутом перевезення або затримками на митниці;
- збитки через перевиробництво [10], що виникають через неточне прогнозування попиту або потреби замовника або несвоєчасне виконання замовлення, через що продукція виявилася на складі.

Документаційні збитки, що виникають унаслідок використання застарілої технічної документації, невідповідності креслень фактичним параметрам продукції, помилок у розрахунках, та енерговтрати, що

зумовлені надмірним споживанням електроенергії через застаріле обладнання або людський фактор, не було розглянуто в кваліфікаційній роботі, бо ймовірність виникнення цих збитків є малою.

Своєчасне виявлення збитків і аналіз їх причин дозволяє підприємству вчасно вживати заходів для їх усунення, зменшувати фінансові витрати та покращувати показники роботи.

Одним із підприємств, яке активно впроваджує елементи автоматизованого аналізу збитків при розробці ІС виробництва виробів із нержавіючої сталі, є компанія «KREDO». Підприємство спеціалізується на виготовленні професійних виробів із нержавіючої сталі, таких як сходи та сходові конструкції, перила для балконів і терас, меблі, рушникосушарки, дистиллятори та інше обладнання.

Організаційна структура компанії охоплює 8 відділів, а саме адміністрацію, відділ кадрів, відділ виробництва, відділ постачання та логістики, господарський відділ, відділ якості, відділ фінансів і відділ маркетингу та продажів. Адміністрація підприємства відповідає за стратегічне управління, ухвалення управлінських рішень, а також координацію роботи між усіма відділами. Відділ кадрів здійснює підбір, оформлення та супровід працівників, а також слідкує за дотриманням норм трудового законодавства. Виробничий відділ безпосередньо відповідає за виготовлення продукції та веде облік збитків від простою, втрат матеріалів, браку та тих, що виникають через перевиробництво.

Відділ постачання та логістики займається закупівлею сировини й комплектуючих, а також організовує транспортування матеріалів і готової продукції. Тут фіксуються логістичні збитки, затримки поставок або пошкодження під час транспортування. Господарський відділ забезпечує технічне обслуговування та функціонування інфраструктури підприємства.

Відділ якості проводить вхідний і вихідний контроль продукції та реєструє випадки браку. Після внесення даних начальниками відділів про збитки до бази даних (БД) підсистеми «Облік збитків» ІС підприємства

фінансовий відділ здійснює розрахунок вартості збитків, формує підсумкові відомості про збитки за типами, а також бере участь у плануванні бюджету з урахуванням збитків. Відділ маркетингу та продажів опрацьовує зворотній зв'язок від клієнтів, який може бути джерелом інформації про приховані або пізно виявлені дефекти.

На підприємстві «KREDO» процес фіксації та аналізу збитків розподілено між кількома відділами: відповідальні особи – начальники відділу виробництва, постачання та логістики, а також відділу якості – вносять дані про факти збитків до БД підсистеми «Облік збитків» ІС підприємства. Після збору даних фінансовий аналітик (фінансист) виконує аналіз даних про збитки, обирає необхідний метод аналізу, проводить аналіз збитків і їх причин та формує відомості про збитки, які надалі використовуються керівництвом для прийняття рішень щодо усунення причин збитків. Роль цього фахівця є ключовою, оскільки саме він на основі даних, внесених начальниками відділів виробництва, постачання, логістики і якості, формує висновки щодо збитків і їх собівартості. Усі дані надходять до фінансиста у структурованому вигляді – за партіями виробів, з деталізацією моделей виробів, типу збитків, їх причин, дати та вартості. На основі цієї інформації фінансист за допомогою програми Microsoft Excel застосовує різні методи аналізу для кожного типу збитків, що дозволяє врахувати специфіку їх виникнення та наслідків.

Для збитків від простою та логістичних втрат фінансист застосовує метод Парето [11], оскільки в цих випадках важливо швидко визначити, яка частка інцидентів є найвитратнішою. Метод дозволяє виділити критичні джерела проблем – певні ділянки виробництва, де найчастіше виникають затримки або конкретні етапи транспортування, на яких систематично відбуваються зризи постачань. При аналізі збитків від браку та втрат матеріалів використовується когортний аналіз [12]. У цьому випадку фінансист групует дані за моделями виробів або за конкретними виробничими процесами, щоб простежити закономірності у виникненні

дефектів або пошкоджень. Такий підхід дозволяє виявити певний тип обладнання, пов'язаний з певним типом браку, або періоди навантаження на склад, які призводять до втрат матеріалів. Для збитків через перевиробництво використовується аналіз динамічних рядів [13], що дозволяє оцінити обсяги накопичення готової продукції на складах та виявити періоди з найбільшою невідповідністю між попитом і фактичними виробничими обсягами.

Після завершення аналізу збитків фінансист формує відомості з результатами аналізу збитків, що містять оцінку фінансових втрат через збитків за конкретний період, основні причини збитків для кожного типу збитків і для конкретної моделі виробів. На основі отриманих результатів аналізу збитків він переходить до етапу формування відомості з рекомендаціями. Для цього фінансист формує документ, у якому прописує рекомендації щодо управління збитками, використовуючи результати аналізу збитків. Рекомендації прописуються згідно з документом підприємства «Правила для написання рекомендацій» (додаток А).

Для бізнес-процесу «Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі», що виконується на підприємстві «KREDO», створено візуальну модель за методологією структурного аналізу і проєктування Structured Analysis and Design Technique (SADT) [14]. Контекстна модель бізнес-процесу представлена на рисунку 1.1.

Для реалізації бізнес-процесу «Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі» враховано набір ключових вхідних даних, що забезпечують коректність і повноту аналізу. До них належать:

- тип збитків, який дозволяє зосередити аналіз на певному типі збитків (наприклад, простої, брак тощо);
- період аналізу, що задає часові межі, в рамках яких здійснюється аналіз;
- модель виробів, для якої треба визначити типи збитків та їх причини.

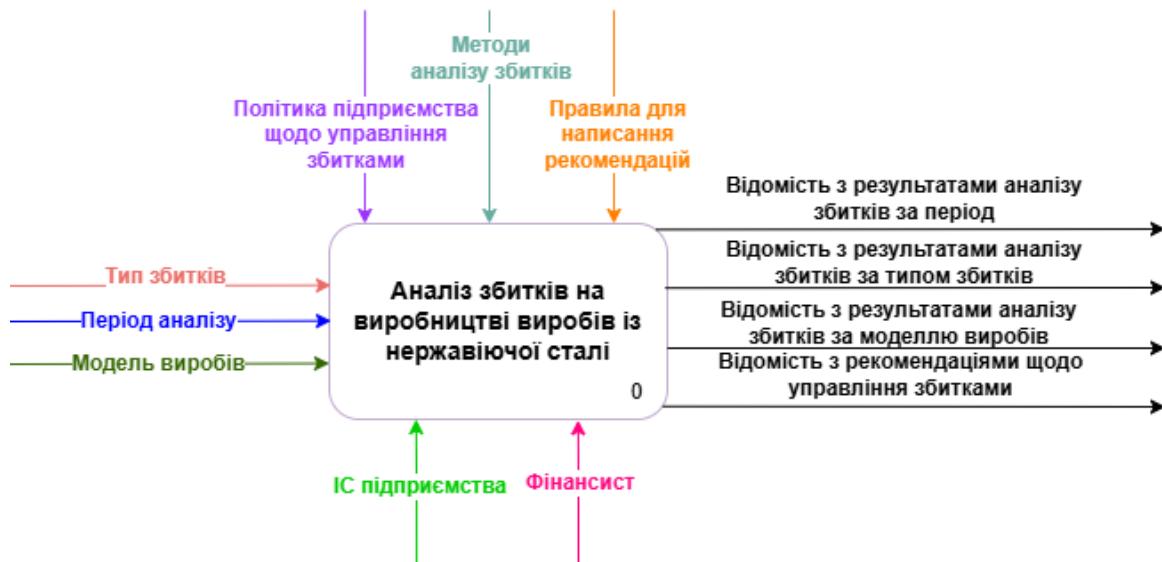


Рисунок 1.1 – Бізнес-процес «Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі» (контекстна діаграма)

Завершення процесу передбачає формування відомості з:

- результатами аналізу збитків за період, в якій вказано звітній період, дату формування документа, користувача підсистеми, типи збитків, дати виникнення збитків, причини типів збитків, вартість збитку і відсоткову частку, номери партій, що постраждали, відповідальних осіб, текстовий опис збитку та результати аналізу;
- результатами аналізу збитків за типом збитків, в якій містяться дані про тип збитків, звітній період, дату формування документа, користувача підсистеми, причини збитків і дати їх виникнення, відсоткові показники та вартість збитків, номери партій, що постраждали, відповідальних осіб, а також текстовий опис збитку та результати аналізу;
- результатами аналізу збитків за моделлю виробів, в якій вказано дані про модель виробів, дату формування документа, користувача підсистеми, типи та причини збитків, дати виникнення збитку, відсоткові показники збитків, вартість збитків, показник постраждалих виробів, відповідальних осіб, текстовий опис збитку та результати аналізу;
- рекомендаціями щодо управління збитками, яка містить

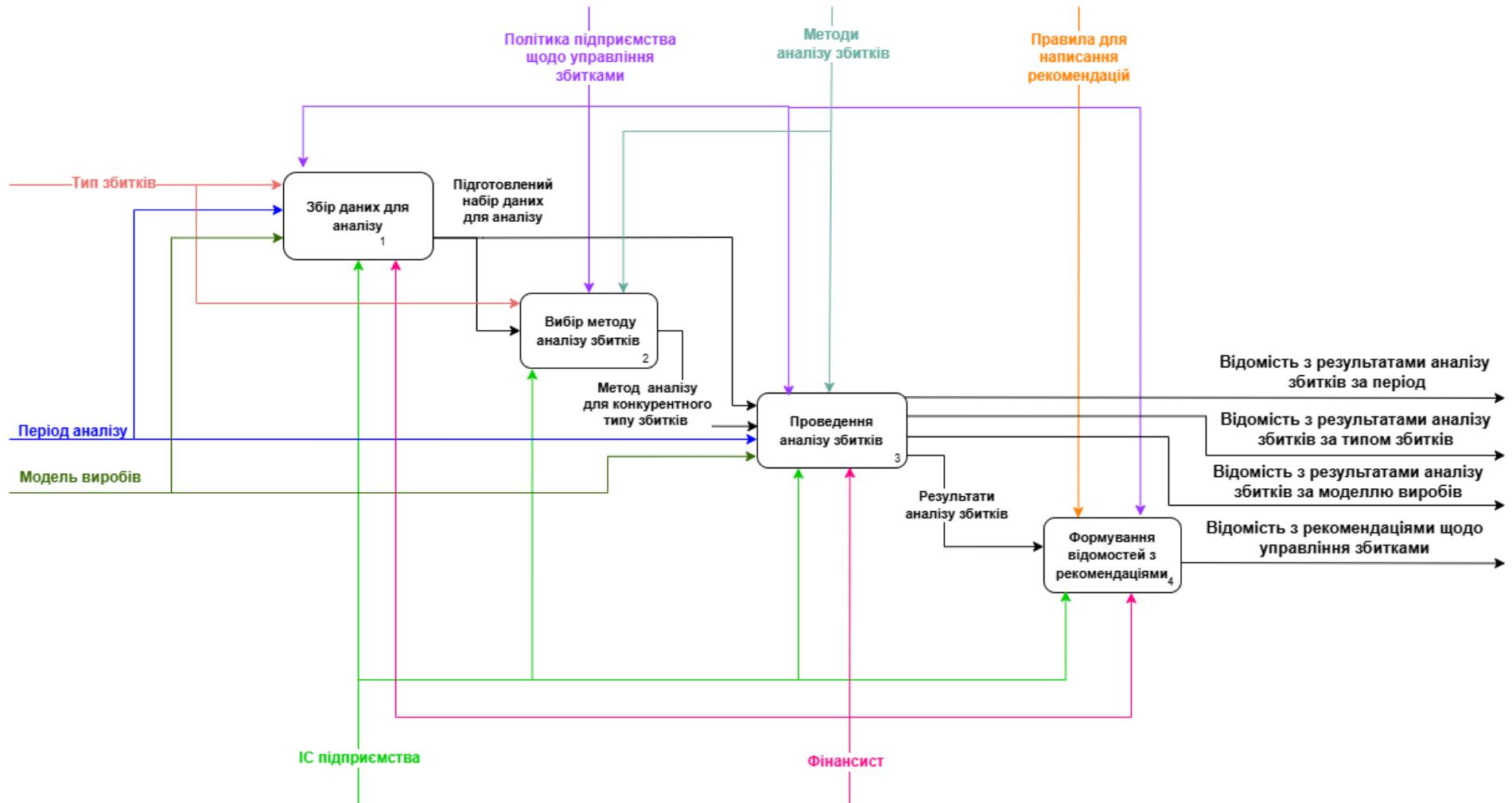
рекомендації, сформованих за результатами аналізу збитків, і є основою для подальших управлінських рішень.

На рисунку 1.2 наведено діаграму декомпозиції першого рівня бізнес-процесу «Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі».

Такий підхід, коли для кожного типу збитків фінансист застосовує окремий метод аналізу, здається логічним і ефективним, адже дозволяє використовувати методи, адаптовані до специфіки кожного типу збитків. Однак на практиці він має низку суттєвих недоліків, що обмежують його універсальність і знижують якість та точність роботи з даними про збитки.

По-перше, використання різних методів для кожного типу збитків ускладнює уніфікацію процесу аналізу. Фінансисту доводиться постійно перемикатися між різними алгоритмами, форматами обробки даних і підходами до візуалізації результатів. Це збільшує часові витрати та підвищує ризик виникнення помилок через відсутність єдиного стандарту.

По-друге, такий підхід не завжди дозволяє якісно обробляти комплексні випадки, коли один інцидент охоплює кілька типів збитків одночасно. Наприклад, затримка транспортування (логістичні проблеми) може привести до простою виробничого процесу, що формально належить до іншого типу збитків. Окремий аналіз таких ситуацій за різними методами призводить до фрагментації інформації та ускладнює формування цілісної картини щодо збитків на виробництві. Також, обираючи метод аналізу, фінансист може сфокусуватися на певному типі збитків, який видається йому найбільш значущим, але згодом з'ясовується, що цей тип збитків складає лише незначну частку у загальному обсязі збитків. Це призводить до неефективного використання трудових ресурсів і затримує прийняття управлінських рішень, спрямованих на усунення основних причин збитків.



По-третє, різнорідність методів створює додаткові витрати часу на навчання персоналу. Щоб упевнено працювати з Microsoft Excel, фінансист має володіти широким спектром навичок – від побудови діаграм Парето до глибинного когортного аналізу або аналізу динамічних рядів. Для невеликих підприємств це може бути надмірним і ресурсовитратним.

Крім того, такий підхід не дозволяє автоматизувати аналіз збитків у повному обсязі. Кожен метод вимагає своєї логіки обробки даних, що ускладнює створення єдиної програмної реалізації та інтеграції до ІС підприємства. Як наслідок, підприємство залишається залежним від ручної роботи фінансиста та його індивідуального досвіду.

Саме тому виникає потреба у створенні комбінованого методу аналізу збитків, який поєднує сильні сторони існуючих методів, але водночас має єдину структуру обробки даних. Такий метод дозволить застосовувати його до всіх типів збитків, забезпечуючи єдиний алгоритм групування та аналізу збитків, а також можливість інтеграції з ІС підприємства, що розроблюється. У результаті фінансист отримає універсальний метод, що скорочує час аналізу, зменшує вплив людського фактору та підвищує точність прийняття управлінських рішень.

1.2 Опис проблеми вибору методу аналізу збитків на виробництві

На виробництві виробів із нержавіючої сталі аналіз збитків є одним із ключових етапів контролю роботи виробництва та прийняття управлінських рішень. Відділ фінансів, який відповідає за облік та аналіз збитків, отримує дані від керівників підрозділів (виробничого, логістичного і постачання, контролю якості), що фіксують випадки збитків, дефектів або відхилень від плану у БД підсистеми «Облік збитків» ІС підприємства. Наразі вибір методу аналізу здійснюється вручну – на підставі досвіду фінансиста,

специфіки ситуації та типу збитків. Такий підхід ґрунтуються на індивідуальній оцінці й передбачає використання найпростіших методів.

Однак у процесі аналізу збитків виникає проблема вибору методу аналізу збитків, бо існує велика кількість різних методів, кожен з яких має свої переваги та недоліки залежно від типу збитків, структури й повноти даних, особливостей технологічного процесу та організації виробництва. У реальних умовах підприємства збитки можуть бути пов'язані з різними моделями виробів, кваліфікацією та діями окремих працівників, етапами технологічного ланцюжка (зварювання, складання, сортування, контроль якості тощо), а також із різними типами збитків. Це призводить до того, що вибір методу аналізу збитків, який забезпечить найточніші та найстабільніші результати в конкретній ситуації, стає складним завданням, особливо коли необхідно опрацьовувати великі масиви даних із багатьма ознаками та взаємозв'язками. Ручний вибір методу аналізу збитків має низку недоліків:

- суб'єктивність прийняття рішень, бо результати аналізу залежать від інтуїції та досвіду фінансиста, що може призводити до викривлень у висновках;
- трудомісткість процесу через те, що для кожного типу збитків фінансисту необхідно вручну порівнювати декілька варіантів і приймати рішення;
- зниження точності при узагальненому підході, бо використання одного методу аналізу для всіх випадків може дати прийнятні результати в одній ситуації, але бути неефективним для іншої, наприклад, аналіз простоїв і браку потребує різних методів аналізу.

У зв'язку з цим постає завдання розробки комбінованого методу аналізу збитків, який враховував специфіку конкретного виробництва, типи збитків, структуру наявних даних та можливості їх подальшого опрацювання. Автоматизований аналіз збитків на виробництві дозволить знизити ризик помилок, пов'язаних із людським фактором, значно

прискорити процес формування відомостей за рахунок автоматичного опрацювання великих масивів даних, підвищити якість результатів аналізу завдяки застосуванню комбінованого методу аналізу збитків, адаптованого до конкретних умов виробництва, та надати керівництву об'єктивні та обґрунтовані рекомендації щодо управління збитками.

1.3 Аналіз існуючих ІС аналізу збитків на виробництві

У сучасних умовах впровадження цифрових технологій у промислові підприємства дедалі більшого значення набувають ІС, що забезпечують підтримку управлінських рішень на основі аналізу даних. Одним із напрямів застосування таких систем є аналіз збитків, що виникають у процесі виробництва. Враховуючи складність технологій виготовлення виробів із нержавіючої сталі, багатофакторність причин збитків і високу вартість сировини, аналіз збитків є критично важливою умовою для зменшення фінансових витрат підприємства.

Існує низка програмних продуктів, які частково або повністю реалізують функції збирання, фіксації, обліку та аналізу збитків. Серед таких систем можна виділити Quality Management Systems (QMS) [15, 16], System Analysis Program Development (SAP) Enterprise Resource Planning (ERP) [17], Siemens Teamcenter та інші системи, що містять функціонал для обробки інформації про збитки, контроль якості та підтримку прийняття рішень на основі аналізу збитків. В таблиці 1.1 наведено порівняння ІС QMS, SAP ERP та Siemens Teamcenter за критеріями – опис системи, наявність автоматизації аналізу, переваги та недоліки.

Таблиця 1.1 – Порівняння ІС аналізу збитків

Назва системи	Критерії порівняння	Характеристика
1	2	3
QMS	Опис системи	QMS – це система управління якістю, яка забезпечує моніторинг невідповідностей, контроль дефектів, управління аудитами та запобіжними заходами.
	Наявність автоматизації аналізу	QMS підтримує інструменти для аналізу причин дефектів (Fishbone, 5Why), генерацію звітів, контрольні карти та моніторинг показників якості.
	Переваги	QMS надає деталізований контроль якості, наочність у візуалізації причинно-наслідкових зв’язків.
	Недоліки	Недоліками QMS є обмежена інтеграція з фінансовими модулями та відсутність врахування економічної оцінки збитків.
SAP ERP	Опис системи	SAP ERP – це програмне забезпечення (ПЗ) для управління бізнес-процесами підприємства, що охоплює фінансовий облік, управління виробництвом, складом, постачанням, а також модулі для моніторингу та аналізу збитків.
	Наявність автоматизації аналізу	SAP ERP забезпечує часткове автоматичне збирання та обробляння даних про виробничі збитки, формування звіти за типами, причинами та місцями виникнення збитків, інтегрування результатів з фінансовими показниками.
	Переваги	До переваг SAP ERP можна віднести інтеграцію з усіма бізнес-процесами, модульність і можливість масштабування.
	Недоліки	Недоліками SAP ERP є висока вартість впровадження та обслуговування, значні вимоги до кваліфікації персоналу, складність налаштування під специфічні процеси.
Siemens Teamcenter	Опис системи	Siemens Teamcenter – програмна платформа для управління повним життєвим циклом продукції, яка включає модулі для управління якістю, документацією, процесами та виробничими даними, а також інструменти для контролю дефектів і відстеження їх причин.

Кінець таблиці 1.1

1	2	3
Siemens Teamcenter	Наявність автоматизації аналізу	Siemens Teamcenter підтримує автоматичне збирання даних із виробничого обладнання, модулі для аналізу невідповідностей, побудову діаграм та інтеграцію з системами автоматизованого проектування та комп’ютерного інженерного аналізу.
	Переваги	Перевагами Siemens Teamcenter є інтеграція з інженерними системами, висока точність даних, підтримка складних виробничих процесів, можливість проведення аналізу ще на етапі проектування.
	Недоліки	Недоліками Siemens Teamcenter є висока вартість ліцензії та впровадження, складність налаштування для невеликих підприємств.

Порівняльна таблиця 1.1 надає комплексний огляд трьох провідних ІС, що використовуються для аналізу збитків на виробництві: QMS, SAP ERP та Siemens Teamcenter. Вибір найкращого рішення для аналізу збитків на виробництві залежить від масштабів підприємства, його бюджету, вимог до аналітики, інтеграції та гнучкості. SAP ERP є універсальним рішенням для великих і середніх підприємств, яке забезпечує повну інтеграцію бізнес-процесів. QMS ефективна у випадках, коли акцент робиться на якості продукції та відповідності стандартам, однак не вирішує завдань глибокого аналізу збитків. У свою чергу, Siemens Teamcenter демонструє найвищий рівень інтеграції та точності, проте потребує значних ресурсів для впровадження та обслуговування.

Незважаючи на переваги кожної з систем, жодна з них не враховує специфіку різних типів збитків: простоїв, браку, втрат матеріалів, логістичних проблем і перевиробництва. Крім того, існуючі рішення не враховують детальні виробничі особливості, наприклад – маркування партій, зв’язок із конкретними етапами виробництва або відповідальними особами. У зв’язку з цим розробка власного комбінованого методу є

доцільною та обґрунтованою. Такий підхід дозволить врахувати як виробничу специфіку підприємства, так і потребу в гнучкому, адаптивному підході до аналізу збитків.

1.4 Огляд існуючих методів аналізу збитків для виробництва виробів із нержавіючої сталі

На сучасних виробничих підприємствах управління витратами є неможливим без системного аналізу збитків. Такий аналіз дозволяє виявити проблемні ділянки виробничого процесу, зменшити кількість дефектів, поліпшити логістичні ланцюги та підвищити відповідальність працівників. Проте існує велика кількість методів, що використовуються для аналізу збитків, кожен із яких орієнтований на певний тип збитків або має обмеження у застосуванні в контексті конкретного виробництва. Серед найбільш поширених методів аналізу збитків можна виділити ABC-аналіз, метод Парето та когортний аналіз. Кожен із них має переваги, але й обмеження, які знижують точність аналізу збитків у реальних умовах.

ABC-аналіз застосовується для класифікації об'єктів за їхнім внеском у загальний результат [18, 19]. У контексті аналізу збитків він дозволяє розподілити всі типи збитків на три групи, а саме А – найзначущі збитки, що формують основну частину загальних втрат, В – середньої важливості, С – незначні, але численні. Хоча метод дає змогу швидко визначити пріоритетні збитки для зниження фінансових втрат, його недоліком є високий рівень узагальнення. ABC-аналіз не показує причин виникнення збитків і не враховує взаємозв'язки між типами. У результаті підприємство може помилково зосередити ресурси на усуненні не найвитратніших збитках.

Метод Парето ґрунтуються на відомому принципі «80/20», відповідно

до якого близько 80 % наслідків зумовлюються 20 % причин [20]. У контексті збитків на виробництві цей метод використовується для визначення найвитратніших типів збитків, які формують основну частину загальних фінансових втрат підприємства. Основна перевага методу Парето – це його наочність і простота застосування. Результати можна представити у вигляді діаграми Парето, що дозволяє легко визначити найвитратніші збитки. Обмеження методу полягає в тому, що він показує лише розподіл за значимістю збитків, не розкриваючи глибинних причин виникнення збитків.

На відміну від попередніх методів когортний аналіз застосовується для вивчення поведінки груп даних, які об'єднуються за певною ознакою (когортю) [12, 21]. У випадку виробництва виробів із нержавіючої сталі такими когортами можуть бути моделі виробів, причини збитків, відповідальні працівники або постачальники. Метод дозволяє виявляти закономірності: наприклад, що певний тип браку виникає переважно у конкретній зміні або що втрати матеріалів зростають при роботі з конкретним постачальником. Водночас, когортний аналіз не завжди забезпечує швидке визначення найвитратніших типів збитків, оскільки фокусується більше на їхній структурі та динаміці, ніж на фінансових втратах. Його недоліком є складність інтерпретації через велику кількість когорт.

Отже, кожен із розглянутих методів забезпечує лише часткове розв'язання задачі аналізу збитків і не дає змоги комплексно охопити всі аспекти формування збитків на виробництві. АВС-аналіз та метод Парето ефективні для попереднього ранжування збитків за рівнем їхньої значущості та виділення найвитратніших типів збитків, однак вони майже не враховують причинно-наслідкові зв'язки й специфіку технологічних процесів. Натомість когортний аналіз дозволяє глибше дослідити причини збитків, пов'язати їх із конкретними моделями виробів, працівниками, постачальниками чи робочими змінами, але потребує значних аналітичних зусиль і не забезпечує ідентифікацію найвитратніших типів збитків.

У реальних умовах виробництва, де збитки утворюються під впливом багатьох факторів, застосування одного методу аналізу збитків призводить до неякісних результатів аналізу. Усі розглянуті методи розв'язують окремі задачі, але не забезпечують комплексного підходу до аналізу збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі. Це підкреслює необхідність розробки комбінованого методу аналізу збитків, який інтегруватиме переваги існуючих методів, адаптуватиме їх під специфіку типів збитків та дозволить формувати уніфіковані відомості в межах розроблюваної ІС підприємства.

1.5 Висновки та формування задачі дослідження

Проведений у першому розділі аналіз виробництва виробів із нержавіючої сталі та огляд існуючих ІС аналізу збитків і методів аналізу збитків показав, що на підприємствах відсутній єдиний підхід, здатний комплексно враховувати особливості різних типів збитків. Існуючі рішення часто орієнтовані на один або декілька типів збитків або надають результати, що не враховують багатофакторну природу причин їх виникнення. Додатковою складністю є необхідність роботи з даними моделей виробів, які містять різні за структурою відомості – від характеристик моделі виробів до детальної інформації про етапи виробництва та відповідальних осіб.

Об'єктом дослідження є процес аналізу збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі.

Предметом дослідження є методи аналізу збитків із використанням даних виробничих партій.

Мета роботи полягає у дослідженні методів аналізу збитків для розробки комбінованого методу аналізу збитків, що дозволить комплексно

аналізувати різні типи збитків, виявляти причини їх виникнення для прийняття управлінських рішень та мінімізувати вплив збитків на фінансові втрати підприємства. Комбінований метод дозволить підприємству своєчасно ідентифікувати критичні зони ризику виникнення збитків, мінімізувати їхній вплив на фінансові втрати підприємства та забезпечити обґрунтоване прийняття управлінських рішень щодо усунення причин збитків.

Для досягнення мети у кваліфікаційній роботі необхідно виконати такі завдання дослідження:

- аналіз існуючих методів вирішення задачі аналізу збитків;
- розробка комбінованого методу вирішення задачі аналізу збитків;
- розробка практичної реалізації вирішення задачі аналізу збитків;
- проведення експериментальної перевірки отриманих результатів дослідження та порівняння запропонованого комбінованого методу аналізу збитків з існуючим.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ЗБИТКІВ ПРИ РОЗРОБЦІ ІС ВИРОБНИЦТВА ВИРОБІВ ІЗ НЕРЖАВІЮЧОЇ СТАЛІ

2.1 Аналіз методів вирішення задачі аналізу збитків

Аналіз збитків на виробництві є одним із ключових завдань для забезпечення конкурентоспроможності підприємства. Для дослідження основних типів збитків і причин їх виникнення використовуються різні методи аналізу. Серед основних методів аналізу збитків можна виділити метод Парето та когортний аналіз, які відрізняються універсальністю у різних сферах, зокрема у промисловості, економіці та бізнес-аналітиці.

Метод Парето ґрунтуються на відкритті італійського економіста Вільфредо Парето. Він встановив, що приблизно 80 % земель в Італії належали лише 20 % населення [22]. Американський спеціаліст з управління якістю Джозеф Джуран узагальнив цю ідею у сфері менеджменту, ввівши термін «правило 80/20» [23]. Він показав, що у виробництві приблизно 80 % дефектів зумовлені 20 % причин.

На виробництві основна мета методу Парета полягає у виявленні ключових типів збитків, на які необхідно спрямувати увагу керівництва для прийняття управлінських рішень. На першому етапі методу Парето дані сортуються за вартістю збитків за спаданням. Після чого для кожного типу збитків розраховується його частка у загальній сумі збитків за формулою:

$$S_j = \frac{C_j}{\sum_{j=1}^k C_j} \times 100, \quad (2.1)$$

де S_j – частка j -го типу збитків у загальній сумі збитків, %;

C_j – вартість j -го типу збитків, грн;

k – кількість типів збитків.

Після обчислення часток кожного типу збитків розраховується їхня

кумулятивна частка, що дозволяє визначити сукупний вплив основних типів збитків. Для цього використовується формула кумулятивної частки:

$$P_j = P_{j-1} + S_j, \quad j = 1, 2, \dots, k, \quad P_0 = 0, \quad (2.2)$$

де P_j – кумулятивна частка j -го типу збитків, %;

S_j – частка j -го типу збитків, %;

k – кількість типів збитків.

Наступним етапом застосовується правило відбору, що базується на пороговому значенні (80%). Правило відбору найвитратніших типів збитків полягає в тому, що до переліку включаються всі типи збитків, поки їхня кумулятивна частка не досягне встановленого довірчого інтервалу порогового значення $[L, T]$. Оптимальним індексом j^* є індекс, при якому кумулятивна частка P_{j^*} потрапляє в довірчий інтервал порогового значення $[L, T]$ і при цьому є мінімальною (P_{j^*} перетнуло нижню межу L). Таким чином, до переліку основних типів збитків включаються всі типи збитків від першого до j^* -го. Це дозволяє виділити основні типи збитків, які спровокають найбільший вплив на фінансові втрати підприємства. Правило відбору найвитратніших типів збитків представлено формулою:

$$j^* = \arg \min \{ P_j \mid L \leq P_j \leq T \}, \quad (2.3)$$

де j^* – індекс найвитратніших типів збитків;

P_j – кумулятивна частка j -го типу збитків, %;

L – нижня межа порогового значення, %;

T – верхня межа порогового значення, %.

Результати методу візуалізуються у вигляді діаграми Парето, що показує розподіл збитків від найвитратніших до менш витратних і демонструє відповідну кумулятивну криву збитків. Обмеження методу

полягає в тому, що він показує лише основні типи збитків, але не розкриває внутрішніх причин збитків.

Когортний аналіз є методом, що знайшов широке застосування у різних сферах – від медицини та демографії до бізнес-аналітики та промисловості. У бізнес-аналітиці метод був адаптований для дослідження поведінки клієнтів у часі [21]. В подальшому його почали застосовувати й у промисловості, де когортами можуть виступати партії виробів, групи обладнання або виробничі процеси.

Суть когортного аналізу полягає у поділі загальної вибірки даних на окремі групи (когорти) за спільною ознакою. У технічному описі алгоритму когортного аналізу [24] для виробництва виробів із нержавіючої сталі можна виділити кілька етапів:

- визначення критерію формування когорт;
- обчислення розміруожної когорти;
- визначення періоду звітності;
- розрахунок метрик дляожної когорти.

На етапі визначення критерію формування когорт визначається, за якою ознакою будуть об'єднані дані. У випадку аналізу збитків ознаками можуть бути причини збитків (несправність обладнання, відсутність персоналу, помилки у виробничому етапі тощо), номер партії виробів або моделі виробів. Наприклад, якщо когорта визначається за моделлю виробів, то всі збитки, що стосуються цієї моделі, об'єднуються в одну когорту.

Обчислення розміруожної когорти – це етап, коли дляожної когорти визначається її кількість або обсяг. У випадку з виробництвом це може бути кількість інцидентів збитків, що відбулися в межах когорти, або загальна вартість цих збитків. Наприклад, когорта «несправність обладнання» може містити 3 випадки із загальною вартістю 7 тисяч гривень.

На наступному етапі визначається період звітності, за який здійснюється аналіз когорт. Це може бути місяць, квартал, рік або інший період залежно від потреб підприємства. Визначення періоду дає змогу

простежити динаміку появи збитків у часі. Наприклад, повторюється певна причина збитків упродовж кількох місяців або вона є поодиноким випадком. Для виробництва виробів із нержавіючої сталі це особливо важливо, адже певні проблеми можуть мати сезонний характер (наприклад, перебої з постачанням у зимовий період) або бути пов'язаними з виробничими етапами.

Останнім етапом є розрахунок метрик для кожної когорти. До таких метрик можуть належати сумарна вартість збитків у межах когорти, частка збитків когорти та інше. Наприклад, якщо аналізується когорта «Рушникосушарка Змійовик ø 33», то визначається сумарна вартість збитків по цій моделі виробів, розраховується частка причин збитків (у межах когорти за формулою 2.1).

Когортний аналіз на виробництві виробів із нержавіючої сталі дозволяє не лише групувати дані за ключовими ознаками, але й виявляти закономірності та порівнювати вплив різних збитків на фінансові втрати підприємства. Це створює підґрунтя для ухвалення управлінських рішень, спрямованих на зменшення повторюваних збитків і підвищення стабільності виробничих процесів.

Отже, метод Парето забезпечує виявлення найкритичніших типів збитків, а когортний аналіз дозволяє дослідити їх причини. Проте використання цих методів окремо не забезпечує комплексного підходу для аналізу збитків, що підкреслює доцільність розробки комбінованого методу.

2.2 Розробка комбінованого методу для вирішення задачі аналізу збитків

Комбінований метод – це метод, що передбачає інтеграцію кількох окремих методів аналізу в єдиний метод для досягнення більш

комплексного та об'єктивного результату аналізу. Необхідність у комбінованому методі зумовлена тим, що окремі методи аналізу збитків дають лише часткове уявлення про ситуацію. Комбінований метод інтегрує різні методи аналізу у єдиний метод і забезпечує комплексний підхід для аналізу збитків.

Основна перевага комбінованого методу полягає у тому, що він дає можливість виділити найкритичніші типи збитків і деталізувати причини їх виникнення. Результати аналізу збитків комбінованим методом перетворюються на практичні рекомендації для прийняття управлінських рішень.

На першому етапі дані про збитки спочатку групуються за типами збитків, після чого сортуються у порядку спадання вартості збитків за формулою:

$$C_j \geq C_{j+1}, \quad j = 1, 2, \dots, k, \quad (2.4)$$

де C_j – вартість j -го типу збитків, грн;

k – кількість типів збитків.

Далі розраховується частка кожного типу збитків за формулою 2.1. Потім дані відсортуваються за бінарним показником пріоритету Z_j кожного типу збитків. Бінарний показник пріоритету Z_j має значення 1 для керованих збитків та 0 для некерованих або форс-мажорних збитків. Таким чином, якщо частки S_j двох або більше типів збитків є однаковими, пріоритет надається типу збитків звищим показником Z_j . Це гарантує, що типи збитків, на які підприємство може вплинути, раніше увійдуть до кумулятивної частки.

Після відсортування даних розраховується кумулятивна частка кожного типу збитків, що дозволяє визначити сукупний вплив основних типів збитків. Для цього використовується формула кумулятивної частки 2.2. Далі застосовується правило відбору найвитратніших типів

збитків за формулою 2.3 та довірчого інтервалу порогового значення [70%; 90%]. Для методу Парето було використано не фіксоване значення 80%, а довірчий інтервал від 70% до 90 %, оскільки співвідношення «80/20» є емпіричним і може змінюватися залежно від специфіки процесів на підприємстві. Такий інтервал дозволяє точніше відобразити реальний розподіл збитків у конкретних умовах виробництва [25, 26].

На другому етапі для кожного з найвитратніших типів збитків, які були визначені на попередньому етапі, застосовується когортний аналіз. У межах цієї роботи когортний аналіз модифіковано для аналізу причин найвитратніших типів збитків і для аналізу збитків для конкретної моделі виробів. У першому випадку когортами виступають причини збитків конкретного типу збитків. Усі збитки з однаковою причиною об'єднуються в одну когорту. Дляожної причини підраховується кількість інцидентів та їх загальна вартість. Період звітності зазначається підприємством. Метриками для когорт при аналізі причин виступають дати виникнення збитків, частка причини збитків від загальної вартості конкретного типу збитків. При розрахунках частки причин збитків використовується формула 2.1. Такий підхід дозволяє виявити приховані закономірності, наприклад, що більшість простоїв виникають через несправності конкретного обладнання.

У другому випадку когортами виступають моделі виробів. Усі дані про збитки групуються за моделями виробів, що дозволяє визначити основні типи та причини збитків дляожної моделі виробів. Дляожної моделі визначається кількість інцидентів причин збитків та їхня сукупна вартість. Моделі виробів можуть аналізуватися у розрізі місяців або кварталів, що дозволяє визначати найбільш проблемні проміжки часу. Метриками для когорт при аналізі моделі виробів є дати виникнення збитку та частка причин збитків від загальної вартості всіх типів збитків для конкретної моделі виробів.

Завершальним етапом є формування рекомендацій за результатами аналізу збитків комбінованим методом. Принцип формування рекомендацій побудовано за правилом «якщо-то»: для кожного виявленого випадку збитків визначається відповідна управлінська рекомендація.

Таким чином, комбінований метод працює за принципом послідовної інтеграції:

- етап 1 є застосування методу Парето для визначення найвитратніших типів збитків;
- етап 2 є використання модифікованого когортного аналізу для деталізації причин збитків для найвитратніших типів збитків і для оцінювання збитків для конкретної моделі виробів;

Додатково відбувається обробка результатів аналізу збитків на основі правил з таблиці рішень (Decision Table) для формування рекомендацій щодо управління збитками.

Запропонований комбінований метод усуває основні недоліки окремих підходів і дозволяє створити уніфіковану процедуру аналізу збитків для всіх їхніх типів. Інноваційним є поєднання результатів методу Парето з когортним аналізом для формування рекомендацій.

2.3 Висновки до другого розділу

У ході роботи було проведено огляд методів, що застосовуються для вирішення задачі аналізу збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі. Розглянуто метод Парето та когортний аналіз, які продемонстрували точність у виявленні основних типів збитків, визначені їхніх причин і трансформації результатів у практичні управлінські рекомендації.

Метод Парето дозволив відокремити найвитратніші типи збитків, що формують значну частку загальних збитків. Когортний аналіз у

модифікованому вигляді був використаний для деталізації причин збитків і аналізу збитків за моделлю виробів. Водночас результати дослідження показали, що використання кожного методу окремо має свої обмеження, тому жоден із методів не забезпечує комплексного підходу до аналізу збитків.

Запропонований комбінований метод вирішує проблему застосування кожного методу окремо завдяки інтеграції розглянутих методів у єдиний метод. Він забезпечує уніфікацію обробки даних, підвищує точність результатів аналізу збитків, зменшує залежність від суб'єктивності фінансиста та надає можливість формування відомостей, що є основою для прийняття управлінських рішень. Таким чином, результати другого розділу підтверджують доцільність розробки комбінованого методу.

З ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ЗБИТКІВ ПРИ РОЗРОБЦІ ІС ВИРОБНИЦТВА ВИРОБІВ ІЗ НЕРЖАВІЮЧОЇ СТАЛІ

3.1 Розробка підсистеми «Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі» з використанням комбінованого методу

Для підприємства «KREDO» розробка підсистеми «Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі» є важливим етапом у підвищенні точності та якості аналізу збитків та вдосконаленні бізнес-процесів підприємства. Існуючий процес аналізу збитків, що базується на ручних розрахунках фінансиста за допомогою електронних таблиць Microsoft Excel, є трудомістким, фрагментарним і залежним від суб'єктивного підходу. Тому виникає потреба у розробці підсистеми, яка автоматизує розрахунки за допомогою комбінованого методу та надасть готові управлінські рекомендації для керівництва.

Підсистема «Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі» складається з 4 ключових модулів, кожен із яких виконує важливу роль у забезпеченні комплексного аналізу збитків. Перелік модулів та їхній опис наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Опис модулів підсистеми «Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі»

Назва модуля	Опис функціоналу модуля
1	2
Модуль збору та обробки даних	Забезпечується імпорт даних із БД підсистеми «Облік збитків» ІС підприємства та їх перевірку на коректність.
Модуль аналізу збитків	Реалізується метод Парето та когортний аналіз, формує проміжні результати аналізу збитків (діаграми, таблиці, відсоткові співвідношення).

Кінець таблиці 3.1

1	2
Модуль рекомендацій	Використовуючи правила рекомендацій з Decision Table у Excel, автоматично формуються текстові рекомендації для керівництва за результатами аналізу.
Модуль виведення результатів	Візуалізація результатів у графіках та таблицях, формування відомостей для користувачів.

Першим модулем є модуль збору та обробки даних, який відповідає за імпорт усіх необхідних даних із БД підсистеми «Облік збитків» ІС підприємства. На цьому етапі здійснюється перевірка коректності даних, усунення можливих пропусків і помилок, а також попереднє структурування інформації за моделями виробів та типами збитків. Висока якість вхідних даних є критичною умовою для подальшого аналізу.

Другим модулем підсистеми виступає модуль комбінованого методу, який реалізує поєднання методу Парето та когортного аналізу. На основі методу Парето відбираються найвитратніші типи збитків, після чого за допомогою когортного аналізу здійснюється деталізація причин їх виникнення та визначення збитків для моделі виробів. Вихідними результатами цього модуля є аналітичні таблиці, діаграми та відсоткові співвідношення.

Третім модулем підсистеми є модуль рекомендацій, який функціонує на основі підходу правил «якщо-то». У Decision Table у Excel зберігаються правила рекомендацій для типових випадків збитків. Наприклад, якщо причиною простою є несправність конкретного обладнання, модуль пропонує провести його технічне обслуговування або модернізацію. Завдяки цьому модуль автоматично формує набір практичних рекомендацій, що додає результатам аналізу прикладну цінність.

Останнім модулем підсистеми «Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі» є модуль виведення результатів, який відповідає за візуалізацію даних і формування відомостей. Він забезпечує

побудову діаграм Парето, таблиць, а також створює відомості для керівництва у форматі PDF. Таким чином, користувач отримує візуальне представлення результатів аналізу і готові документи для прийняття управлінських рішень.

3.2 Особливості впровадження та експлуатації підсистеми «Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі»

Впровадження підсистеми «Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі» вимагає ретельного планування, узгодження з розроблюваною ІС підприємства та врахування специфіки виробничих процесів. Оскільки підсистема інтегрується з ІС підприємства «KREDO», ключовим завданням на етапі впровадження є забезпечення коректного обміну даними між підсистемою «Облік збитків» ІС підприємства та модулем збору та обробки даних. Для цього необхідно налаштувати інтерфейси доступу до даних у режимі «тільки для читання» з метою збереження цілісності та безпеки інформації.

Однією з особливостей є необхідність попередньої підготовки та стандартизації даних, що вносяться начальниками відділів виробництва, постачання та логістики, а також відділу контролю якості. Для коректної роботи підсистеми «Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі» потрібно уніфікувати формати введення: визначити обов'язкові поля (тип збитку, дата збитку, причина збитку, вартість, номери постраждалих партій) та забезпечити унікальність ідентифікаторів моделей виробів.

Особливу увагу слід приділити модулю рекомендацій, для якого необхідне коректне формування правил у Decision Table, яка буде містити типові сценарії реагування на різні причини збитків. Регулярна актуалізація цих правил і контроль їх узгодженості забезпечують точність рекомендацій.

Важливою особливістю є також гнучкість у використанні – підсистема «Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі» може функціонувати як окремий модуль для фінансового аналітика, так і бути інтегрована у загальну ІС підприємства. У першому випадку результати аналізу формуються у вигляді відомостей та PDF-звітів, у другому – вони автоматично передаються до інших модулів, наприклад, ІС планування виробництва чи управління запасами.

На етапі експлуатації необхідно враховувати й питання безпеки та захисту даних. Усі відомості, що формуються підсистемою, повинні зберігатися у захищенному середовищі з обмеженим доступом. Особливо це стосується відомостей із деталізацією за працівниками або відповідальними особами, що може належати до категорії конфіденційної інформації.

Таким чином, впровадження та експлуатація підсистеми «Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі» потребує комплексного підходу: технічного налаштування, стандартизації вхідних даних, формування та постійної підтримки бази правил, інтеграції з розроблюваною ІС підприємства та організації безпечного зберігання відомостей.

3.3 Опис алгоритму роботи підсистеми «Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі»

Алгоритм роботи підсистеми «Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі» забезпечує автоматизацію всіх етапів обробки даних, їх аналізу та формування управлінських рекомендацій для підприємства «KREDO». Процес виконується у кілька послідовних кроків, які включають збір та обробку даних, застосування комбінованого методу, формування рекомендацій та генерацію відомостей.

Алгоритм починається зі збору даних із БД підсистеми «Облік збитків» ІС підприємства. Користувач через інтерфейс підсистеми обирає період аналізу, тип збитків або модель виробів для аналізу збитків. На цьому етапі підсистема здійснює перевірку введених даних на коректність. У разі виявлення помилок користувач отримує повідомлення про некоректне введення. Якщо дані введено правильно, підсистема формує запит до підсистеми «Облік збитків» ІС підприємства.

Далі виконується перевірка наявності даних у БД підсистеми «Облік збитків». Якщо відповідні дані відсутні, процес завершується повідомленням про неможливість виконання аналізу. Якщо дані наявні, підсистема переходить до головного етапу – проведення аналізу збитків комбінованим методом, який базується на поєднанні методу Парето та когортного аналізу. На цьому етапі здійснюється поділ аналітичного процесу на три паралельні гілки:

- аналіз збитків за період;
- аналіз збитків за типом збитків;
- аналіз збитків за моделлю виробів.

Кожна гілка передбачає виконання етапу «Формування рекомендацій відповідно до результатів аналізу». окремо для гілки «Аналіз збитків за період» та «Аналіз збитків за типом збитків» виконується етап «Формування рекомендацій щодо управління збитками». Після формування рекомендацій виконується генерація відомостей. У результаті роботи підсистеми «Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі» формується чотири типи вихідних документів: «Відомість з результатами аналізу збитків за період», «Відомість з результатами аналізу збитків за типом збитків», «Відомість з результатами аналізу збитків за моделлю виробів» та «Відомість з рекомендаціями щодо управління збитками».

Таким чином, підсистема «Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі» забезпечує повну автоматизацію процесу аналізу, від збору даних до формування рекомендацій та генерації відомостей, що

дозволяє підприємству виявляти найвитратніші типи збитків, їхні причини та формує практичних рекомендацій. Це мінімізує часові витрати на обробку даних, знижує ризик людських помилок і забезпечує керівництво обґрунтованим аналізом для прийняття управлінських рішень.

Діаграма активності (Activity Diagram) у нотації Unified Modeling Language (UML) використовується для моделювання послідовності дій та процесів у підсистемах [27]. Вона дає змогу наочно відобразити логіку виконання бізнес-процесів, починаючи з моменту ініціації події і завершуючи досягненням кінцевого результату. Діаграму активності підсистеми «Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі» представлено на рисунку 3.1.

Робота підсистеми починається з того, що користувач задає параметри аналізу: обирає період, тип збитків або модель виробів. Після цього виконується перевірка коректності введених даних. Якщо дані некоректні, процес завершується (користувач має повторити введення). Якщо дані коректні, підсистема переходить до взаємодії з БД підсистеми «Облік збитків» ІС підприємства. У підсистемі «Облік збитків» здійснюється збір даних про збитки з БД та перевірка їх наявності. Якщо потрібних даних немає, процес також завершується. Якщо дані наявні, вони передаються в підсистему аналізу, де виконується аналіз збитків комбінованим методом.

Далі процес розгалужується на три напрямки, а саме аналіз збитків за періодом, за типом збитків і за моделлю виробів.

Результати аналізу за періодом і за типом збитків використовуються не лише для побудови відповідних відомостей, але й для формування узагальненої відомості з рекомендаціями щодо управління збитками, яка відображає пріоритетні напрями для прийняття управлінських рішень. Аналіз за моделлю виробів завершується формуванням відомості за моделями та рекомендацій щодо оптимізації виробництва окремих виробів.

Після формування всіх необхідних відомостей і рекомендацій робота підсистеми завершується, а згенеровані результати можуть бути

використані керівництвом підприємства для прийняття управлінських рішень.

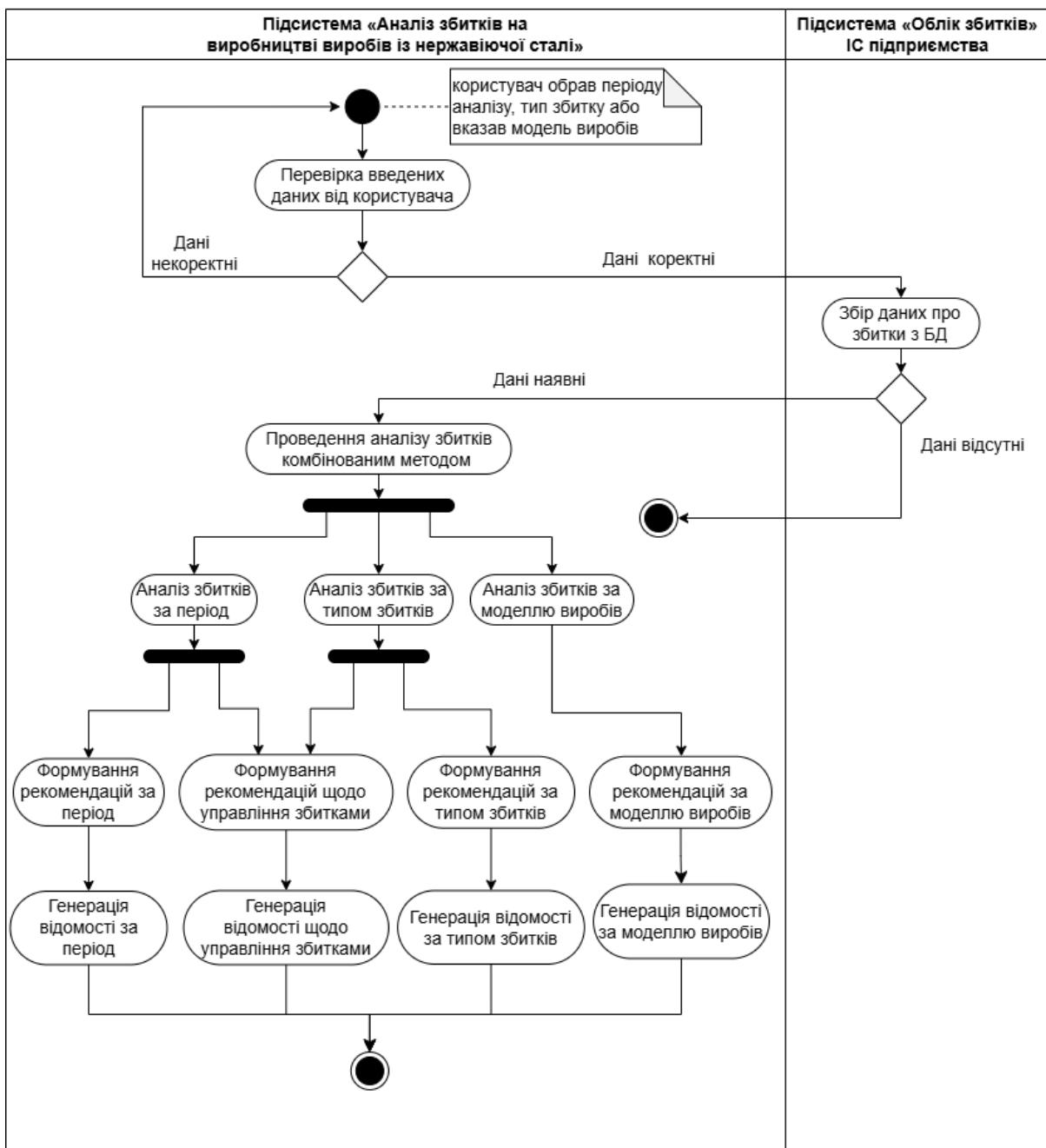


Рисунок 3.1 – Діаграма активності підсистеми «Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі»

4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА РОЗРОБЛЕНого КОМБІНОВАНОГО МЕТОДУ ТА ОЦІНЮВАННЯ ТОЧНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНОГО РІШЕННЯ

4.1 Обґрунтування вибору платформи програмного забезпечення

Вибір платформи ПЗ є одним із ключових етапів розробки підсистеми «Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі», оскільки від нього залежать продуктивність, надійність та інтеграційна сумісність з розроблюваною ІС підприємства. Для реалізації комбінованого методу аналізу збитків (метод Парето, когортний аналіз) та використання модулю рекомендацій, підсистема «Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі» потребує стабільного середовища, здатного працювати з великими обсягами даних, виконувати статистичні розрахунки, будувати аналітичні графіки та формувати відомості у зручному для користувача форматі.

Для реалізації підсистеми «Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі» було обрано мову програмування Python [28], яка є універсальним середовищем програмування з відкритим кодом і підтримкою великої кількості бібліотек для аналітики, статистики та візуалізації. Її використання забезпечує простоту інтеграції з ІС підприємства, гнучкість у реалізації аналітичних алгоритмів та низькі витрати на розробку й супровід.

До основних переваг використання мови програмування Python належить її універсальність і широкий набір інструментів для реалізації аналізу збитків. Для обробки великих обсягів даних, що надходять з БД підсистеми «Облік збитків» ІС підприємства, використовуються бібліотеки pandas та NumPy, які забезпечують швидку фільтрацію та групування даних, обчислення часток і кумулятивних показників, які необхідні для реалізації комбінованого методу аналізу збитків. Для візуалізації даних

застосовуються бібліотеки matplotlib та seaborn, які дають змогу побудувати діаграми Парето.

Важливим етапом у підсистемі «Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі» є формування відомостей. Для генерації автоматичних PDF-звітів використовується бібліотека ReportLab, яка дозволяє інтегрувати графічні елементи, таблиці та текстові висновки в єдиний документ. Це значно полегшує процес підготовки управлінських відомостей і робить результати аналізу доступними для перегляду.

Модуль рекомендацій підсистеми побудований на принципах rule-based систем і реалізується з використанням бібліотеки experta, яка забезпечує підтримку логіки правил типу «якщо-то». Усі правила рекомендацій зберігаються в таблиці Microsoft Excel, яка виконує роль Decision Table. Для зчитування даних із цих таблиць використовується бібліотека openpyxl, що дозволяє легко оновлювати набір правил без зміни програмного коду, забезпечуючи простоту масштабування та підтримки.

Для зберігання результатів аналізу та рекомендацій обрано систему управління базами даних (СУБД) MySQL, яка має високу продуктивність, підтримує багатокористувачкий доступ і добре інтегрується з Python через бібліотеки SQLAlchemy або mysql.connector. Це забезпечує централізоване управління даними, підвищує безпеку та зручність у подальшій експлуатації підсистеми.

Програмний код реалізації комбінованого методу аналізу збитків наведено у додатку Б.

4.2 Опис вимог до програмного забезпечення

Розробка підсистеми «Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі» потребує чіткого визначення вимог до ПЗ, оскільки саме

вони формують основу для її подальшої реалізації, тестування та впровадження. Усі вимоги умовно поділяються на дві категорії – функціональні та нефункціональні, які спільно забезпечують коректність, продуктивність і зручність роботи ІС.

Функціональні вимоги описують, що саме має виконувати ІС. Основна її функція полягає в виконані повного циклу аналізу збитків – від збору вихідних даних до формування відомостей та рекомендацій. підсистемі «Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі» повинна автоматично імпортувати дані з БД підсистеми «Облік збитків» ІС підприємства, де містяться записи про типи збитків, їх причини, вартості, номери партій, що постраждали, дати виникнення збитків, відповідальних осіб, а також текстовий опис збитку. Після отримання даних підсистема застосовує комбінований метод аналізу. Після виконання аналізу збитків підсистема переходить до етапу формування рекомендацій. Модуль рекомендацій зчитує правила з Decision Table у форматі Excel та автоматично генерує текстові висновки для керівництва. Це дає змогу скоротити час на формування рішень і підвищити об'єктивність управлінських рекомендацій. Далі підсистема автоматично створює відомості у форматі PDF, які містять результати аналізу, графічні матеріали та сформовані рекомендації.

Нефункціональні вимоги до підсистеми «Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі» визначають її якість і надійність. Підсистема повинна бути швидкою, стабільною та безпечною. Вона має забезпечувати обробку великих обсягів даних у короткий проміжок часу, не перевищуючи 10 секунд для середнього запиту. Безпека гарантується аутентифікацією користувачів. Важливою вимогою є сумісність підсистеми з різними операційними середовищами (Windows, Linux, macOS) та можливість інтеграції з іншими модулями ІС підприємства.

Оскільки підсистема може використовуватися кількома користувачами одночасно, передбачено зберігання даних у СУБД MySQL із

можливістю резервного копіювання. Для підтримки й оновлення програмного коду використовується система контролю версій GitHub, що забезпечує надійне зберігання та зручність командної розробки.

Таким чином, розроблене ПЗ має забезпечувати комплексний аналіз збитків, високу швидкість обробки даних, стабільність і безпеку роботи.

4.3 Експериментальна перевірка отриманих результатів

Експериментальна перевірка є завершальним етапом розроблення підсистеми «Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі» і має на меті перевірити працездатність створеного програмного рішення, коректність реалізації комбінованого методу, точність отриманих результатів аналізу, а також правильність формування відомостей.

Для демонстрації функціональності підсистеми було проведено моделювання бізнес-процесу аналізу збитків на прикладі даних виробництва виробів із нержавіючої сталі. Результатом роботи підсистеми є відомості, які містять дані для аналізу, таблиці з результатами аналізу, графічні діаграми та автоматично сформовані рекомендації, що дають змогу користувачеві приймати управлінські рішення.

На рисунку 4.1 подано приклад інтерфейсу підсистеми «Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі», який дозволяє вносити параметри для аналізу збитків і формувати відомості з результатами аналізу збитків та рекомендаціями. На рисунку 4.2 наведено приклад сформованого PDF-документа «Відомість з результатами аналізу збитків за період», який містить інформацію про період звітності, дата формування відомості, користувача, таблицю з даними про збитки за період, діаграму Парето та рекомендації.



ТОВ «KREDO»

Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі

Аналіз збитків

за періодом
 за типом збитків
 за моделлю виробів
 формування рекомендацій

Період аналізу: Дата початку аналізу Дата кінця аналізу

Тип збитку: Обрати тип збитку

Модель виробів: Обрати модель виробів

Обрати формат відображення результату PDF

[Переглянути наявні відомості](#) [Переглянути](#)

Формування відомості

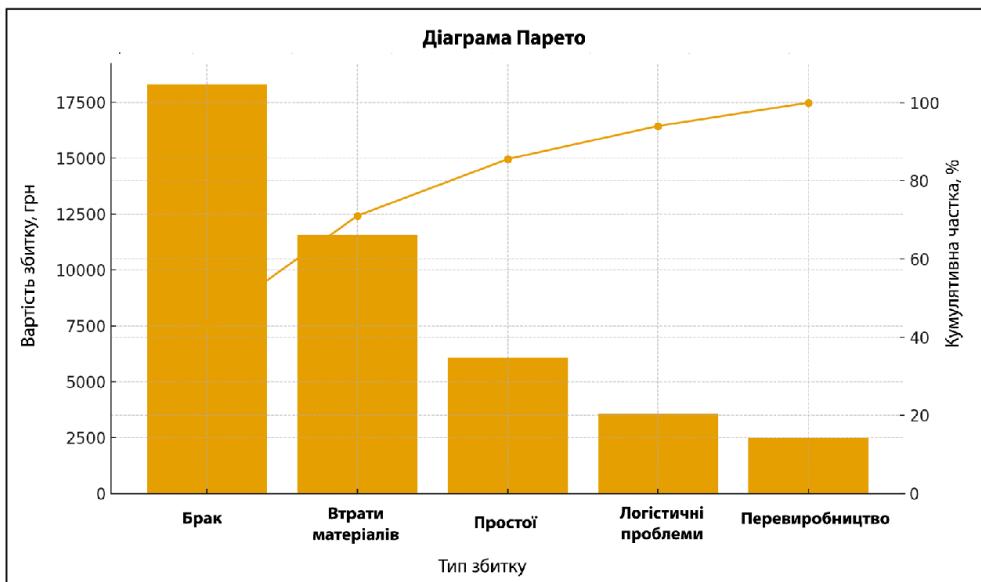
Рисунок 4.1 – Інтерфейс підсистеми «Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі»

Відомість з результатами аналізу збитків з 01.07.2025 по 30.09.2025

Дата формування відомості: 01.10.2025 Заступник директора з виробництва: Чуйко В.М.

№	Тип збитку	Дата виникнення	Причина збитку	Вартість збитку	Частка збитку	Номер партії	Відповідальна особа	Текстовий опис збитку
1	Брак	15.07.2025	Несправність роботи обладнання	18 320 грн.	43.56%	№ 9455	Мартинюк А.В.	Некоректно виставлено параметри шва, що призвело до внутрішнього браку 15 одиниць продукції.
		02.08.2025	Некваліфіковані дії персоналу			№ 9469	Матюшков О.В.	Ручне шліфування деталей виконано з порушенням технології (невправний брак).
2	Втрати матеріалів	20.08.2025	Псування сировини	11 570 грн.	27.51%	—	—	Хімічне забруднення та пошкодження пасивуючого шару
		10.09.2025	Нераціональне використання залишків			№ 9491	Микитенко П.Л.	Залишки нержавіючої сталі використано неоптимально.
3	Простої	01.07.2025	Несподівані несправності обладнання	6 100 грн.	14.50%	—	—	Зупинка лінії різання на 1 годину через раптову поломку датчика.
		25.07.2025	Відсутність персоналу (хвороба)			—	Сидоренко Т.Ю.	Простій виробничої лінії протягом 4 годин через невихід на роботу оператора (тимчасова непрarezдатність через хворобу).
4	Логістичні проблеми	15.08.2025	Затримка у постачанні сировини	3 560 грн.	8.46%	—	ТОВ «Santan» Степанова І.П.	Затримка відвантаження 3 замовлень клієнтам через 3-денну затримку постачання.
		28.08.2025	Збої у транспортуванні готової продукції			№ 9482, № 9483	Назаров Б.В.	Пошкодження продукції при перевезенні.
5	Перевиробництво	29.09.2025	Несвоєчасне виконання замовлення	2 510 грн.	5.97%	№ 9501	Кулик О.П.	Товар пішов на склад через відмову клієнта.

Рисунок 4.2 – Вихідний документ «Відомість з результатами аналізу збитків за період»



Найвитратніші типи збитків:

1. Брак
 - 1.1 Несправність роботи обладнання
 - 1.2 Некваліфіковані дії персоналу
2. Втрати матеріалів
 - 2.1 Псування сировини
 - 2.2 Нераціональне використання залишків

Рекомендації:

- 1.1 Впровадити обов'язкову процедуру валідації/верифікації параметрів зварювального обладнання перед початком кожної партії. Налаштувати автоматичний моніторинг ключових параметрів процесу для негайногопроповіщення про відхилення.
- 1.2 Запровадити програму сертифікації для персоналу, що виконує критичні ручні операції (шліфування, полірування) та встановити стандартні операційні процедури (СОП) з візуальними зразками допустимого/неприпустимого браку.
 - 2.1 Впровадити суворий контроль вхідного матеріалу та зон зберігання. Заборонити використання інструментів з чорних металів поблизу нержавіючої сталі та забезпечити ізоляцію від хлорид-вмісних хімікатів. Проводити навчання щодо правил пасивації після обробки.
 - 2.2 Впровадити програмне забезпечення для оптимізації розкрою (Nesting Software) для мінімізації відходів. Запровадити процедуру обов'язкової каталогізації та швидкого використання малих залишків.

Рисунок 4.2, аркуш 2

На рисунку 4.3 зображено приклад сформованого PDF-документа «Відомість з результатами аналізу збитків за типом збитків «Брак», який містить інформацію про тип збитку, період звітності, дата формування відомості, користувача, таблицю з даними про збитки за типом збитків, діаграму Парето та рекомендації. Приклад сформованого PDF-документа «Відомість з результатами аналізу збитків за моделлю виробів «Квадростиль» представлено на рисунку 4.4. В ньому відображені інформацію про модель виробів, період звітності, дату формування відомості, користувача, таблицю з даними про збитки за моделлю виробів, діаграму Парето та рекомендації.

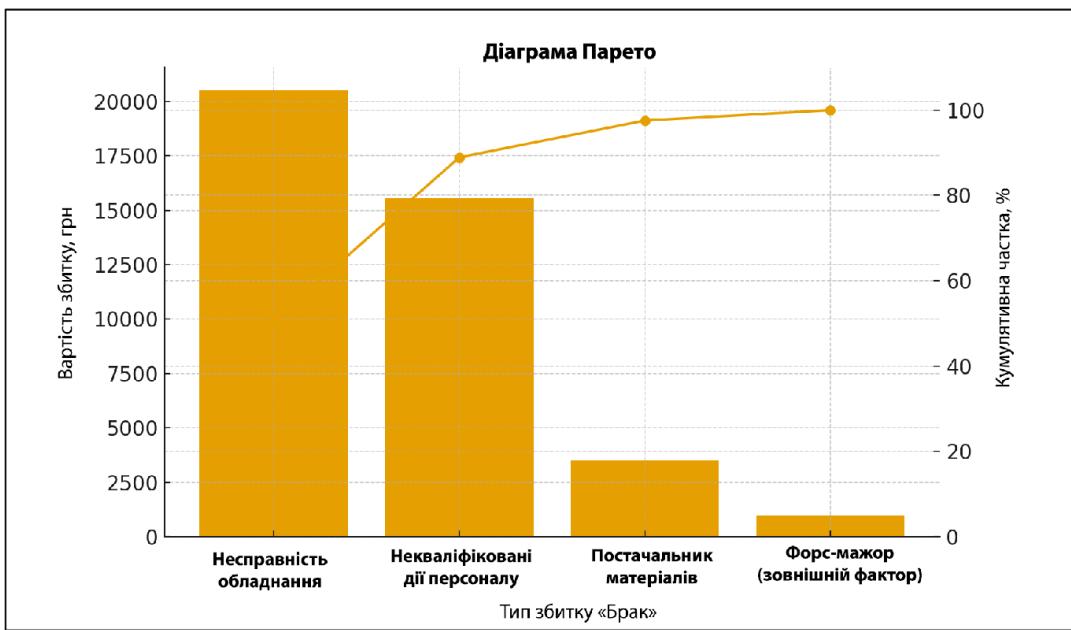
Останнім вихідним документом є «Відомість з рекомендаціями щодо управління збитками», який містить рекомендації щодо управління збитками і є основою для подальших управлінських рішень. Приклад сформованого PDF-документа «Відомість з рекомендаціями щодо управління збитками» надано на рисунку 4.5.

Відомість з результатами аналізу збитків за типом збитків «Брак»

Період звітності: 01.09.2025 – 01.11.2025 Дата формування відомості: 02.11.2025 Заступник директора з виробництва: Чуйко В.М.

№	Причина збитку	Дати виникнення	Вартість збитку	Частка збитку	Номери партій	Відповідальні особи	Текстовий опис збитку
1	Несправність обладнання	03.09.2025	20 535 грн.	50.61%	№ 9485	Матюшков О.В.	Температурний режим печі.
		05.10.2025			№ 9501	Кутов П.Р.	Вібрація верстата лазерної різки.
		15.10.2025			№ 9512	Кужель А.Г.	Несправність манометра захисного газу.
2	Некваліфіковані дії персоналу	18.09.2025	15 540 грн.	38.31%	№ 9494	Сидоренко Т.Ю.	Помилка зварювального дроту.
		22.09.2025			№ 9498	Дмитренко А.К.	Порушення технології травлення.
		28.10.2025			№ 9521	Скляров І.Д.	Неправильна фіксація заготовки.
3	Постачальник матеріалів	10.10.2025	3 500 грн.	8.63%	№ 9505	Клименко Т.Я.	Виявлення при вхідному контролі внутрішніх дефектів (тріщин) у партії сировини.
4	Форс-мажор (зовнішній фактор)	01.10.2025	1 000 грн.	2.45%	№ 9500	Слепченко О.К.	Збій у роботі автоматичного преса через короткочасний перепад напруги у зовнішній мережі.

Рисунок 4.3 – Вихідний документ «Відомість з результатами аналізу збитків за типом збитків «Брак»



Найвитратніші причини збитків

для типу збитків «Брак»:

1. Несправність роботи обладнання
2. Некваліфіковані дії персоналу

Рекомендації:

1. Впровадити систему предиктивного технічного обслуговування (ПТО), що базується на моніторингу ключових параметрів роботи обладнання. Запровадити обов'язкову, періодичну метрологічну повірку всіх критичних датчиків та контролерів, що впливають на якість продукції, щоб гарантувати точність технологічних процесів.
2. Посилити програму навчання та сертифікації робітників, особливо для критичних операцій (зварювання, травлення). Розробити та розмістити на робочих місцях чіткі Стандартні Операційні Процедури (СОП) з візуальними прикладами. Запровадити обов'язковий двоступеневий контроль (оператор + майстер/технолог) перед запуском виробничих етапів, де ризик людської помилки є найвищим.

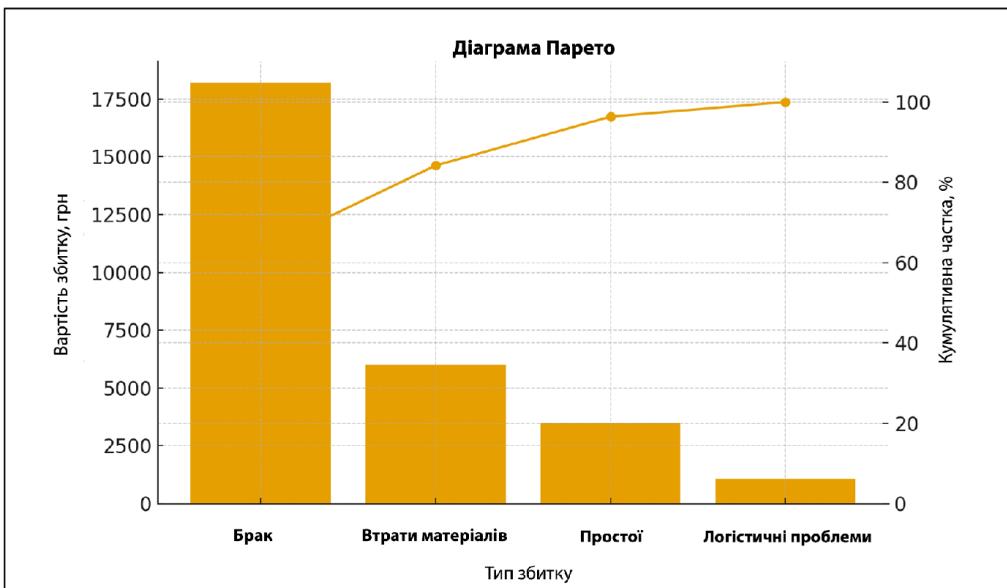
Рисунок 4.3, аркуш 2

Відомість з результатами аналізу збитків за моделлю виробів «Квадростиль»

Період звітності: 01.04.2025 – 30.06.2025 Дата формування відомості: 03.11.2025 Заступник директора з виробництва: Чуйко В.М.

№	Тип збитку	Причина збитку	Дата виникнення	Вартість збитку	Частка збитку	Постраждалі вироби	Відповідальна особа	Текстовий опис збитку
1	Брак	Дефекти зварювання	15.05.2025	18 200 грн.	63.30%	75 од. (5.0%)	Микитенко В.Л.	Неправильна подача захисного газу (argonu), що призвело до утворення пор у критичних швах.
		Некваліфіковане полірування	22.06.2025			15 од. (1.0%)	Кутов К.О.	Перегрів поверхні під час високошвидкісного полірування (високотемпературний дефект).
		Неправильна геометрія згинання	04.04.2025			10 од. (0.7%)	Савченко Д.М.	Помилка у програмі ЧПК (числове програмне керування), що спричинила неточність кутів.
2	Втрати матеріалів	Забруднення чорним металом	10.04.2025	6 000 грн.	20.87%	–	Матюшков І.Т.	Сталь забруднена іржавим пилом від суміжного зберігання.
		Нераціональний розкрій	29.05.2025			–	Щітов А.С.	Використання неоптимальної схеми розкрою, що призвело до надмірної кількості дорогих обрізків
3	Простої	Перебої в електропостачанні	18.06.2025	3 500 грн.	12.17%	–	Горбунов К.Ю.	Аварійне відключення електроенергії, що спричинило 4-годинний простій лінії зварювання.
		Несправність гідропривідального стенду	10.06.2025			–	Олізаренко О.П.	Вихід з ладу насоса високого тиску на критичному етапі контролю.
4	Логістичні проблеми	Пошкодження при упаковці	01.05.2025	1 050 грн.	3.65%	5 од. (0.3%)	Зозуля В.Л.	Деформація кріпильних елементів через невідповідну внутрішню упаковку, виявлено при відвантаженні.

Рисунок 4.4 – Вихідний документ «Відомість з результатами аналізу збитків за моделлю виробів «Квадростиль»



Найвитратніші типи та причини збитків

за моделью виробів «Квадростиль»:

1. Брак
 - 1.1 Дефекти зварювання
 - 1.2 Некваліфіковане полірування
 - 1.3 Неправильна геометрія згинання
2. Втрати матеріалів
 - 2.1 Забруднення чорним металом
 - 2.2 Нераціональний розкрій

Рекомендації:

- 1.1 Терміново перевірити та калібрувати системи контролю подачі захисного газу (argonu). Впровадити обов'язковий попередній тест на чистоту газу та його потік перед початком кожної критичної зварювальної партії.
- 1.2 Переглянути стандарти полірування: знизити швидкість абразиву або змінити тип абразивного матеріалу для запобігання високотемпературним дефектам. Провести цільове навчання операторів Кутова К.О. з акцентом на контроль температури поверхні.
- 1.3 Встановити двоступеневу валідацію програм ЧПК.
- 2.1 Фізично відокремити зони зберігання нержавіючої та вуглецевої сталі. Запровадити регулярну деферризацію (хімічну очистку) складських приміщень.
- 2.2 Впровадити або оновити програмне забезпечення для оптимізації розкрою (Nesting) для Щітова А.С. та зобов'язати його використовувати лише ті схеми, які мінімізують залишки.

Рисунок 4.4, аркуш 2

Відомість з рекомендаціями щодо управління збитками

Період звітності: 01.06.2025 – 31.07.2025 Дата формування відомості: 03.08.2025 Заступник директора з виробництва: Чуйко В.М.

- **Брак** Дефекти зварювання (10.06.2025) → Впровадити автоматичний моніторинг витрати та чистоти захисного газу (argonu) на зварювальних постах для запобігання пористості швів. Проводити вибірковий неруйнівний контроль швів для гарантії герметичності виробу.
- **Втрати матеріалів** Забруднення чорним металом (25.06.2025) → Забезпечити сувору ізоляцію зони зберігання та обробки нержавіючої сталі від ділянок роботи з вуглецевими металами. Ввести правило використання окремого, маркованого інструментарію для нержавійки, щоб не допустити потрапляння залізного порошку, який руйнує пасивуючий шар.
- **Простої** Відсутність персоналу (05.07.2025) → Розробити систему взаємозамінності та провести крос-тренінг для операторів ключових виробничих ділянок. Створити резервний пул співробітників для оперативного заміщення в разі невихід на роботу.
- **Брак** Неправильне згинання (15.07.2025) → Провести повну технічну діагностику та калібрування верстата з ЧПК. Ввести обов'язковий протокол тестової прогонки першого виробу в кожній новій партії для перевірки точності програми згинання.
- **Простої** Збій обладнання (насос) (20.07.2025) → Включити критичне обладнання (насос гідропробувального стенд) у графік предиктивного технічного обслуговування (ПТО). Забезпечити наявність на складі критичних запчастин (наприклад, запасного насоса), щоб мінімізувати час простою.
- **Брак** Некваліфіковане полірування (25.07.2025) → Ввести систему обов'язкової сертифікації персоналу по роботі з полірувальним обладнанням. Використовувати тільки спеціалізовані пасти та абразиви, призначенні для фінішної обробки нержавіючої сталі.
- **Втрати матеріалів** Нераціональний розкрій (29.07.2025) → Впровадити спеціалізоване ПЗ для оптимізації розкрою (Nesting Software) та зробити його використання обов'язковим для технолога з метою мінімізації кількості дорогих відходів.

Рисунок 4.5 – Вихідний документ «Відомість з рекомендаціями щодо управління збитками»

Для перевірки точності розробленого комбінованого методу аналізу збитків проведено експериментальну перевірку на основі узагальнених виробничих даних підприємства, що займається виготовленням виробів із нержавіючої сталі. Метою експериментальної перевірки є оцінити, наскільки точно комбінований метод аналізу збитків дозволяє виявляти найвитратніші збитки та встановлювати закономірності їх виникнення у порівнянні з існуючим методом аналізу збитків. Під час експерименту враховувалися такі показники як дата виникнення збитку, його тип, причина, вартість, дані про партії виробів та відповідальних осіб. Усі збитки було класифіковано за запропонованою класифікацією збитків. У таблиці 4.1 наведено приклад вхідних даних про збитки на виробництві виробів із нержавіючої сталі, використаних для демонстрації роботи комбінованого методу аналізу збитків.

Таблиця 4.1 – Вхідні дані про збитки на виробництві

№	Дата виникнення	Тип збитку	Причина збитку	Вартість збитку	Номер партії	Відповідальна особа
1	05.09.2025	Брак	Несправність обладнання	7 200 грн.	№ 9465	Мартинюк А.В.
2	12.09.2025	Простої	Відсутність персоналу	4 900 грн.	–	Сидоренко Т.Ю.
3	18.09.2025	Втрати матеріалів	Псування сировини	4 720 грн.	№ 9471	–
4	25.09.2025	Брак	Некваліфіковані дії персоналу	3 400 грн.	№ 9474	Матюшков О.В.
5	03.10.2025	Логістичні проблеми	Затримка у постачанні сировини	2 800 грн.	–	ТОВ «Santan» Степанова І.П.
6	17.10.2025	Брак	Несправність обладнання	2 600 грн.	№ 9479	Мартинюк А.В.
7	28.10.2025	Втрати матеріалів	Нераціональне використання залишків	1 500 грн.	№ 9482	Микитенко П.Л.

На першому етапі комбінованого методу аналізу збитків дані про збитки групуються за типами збитків і сортуються у порядку спадання вартості збитків за формулою 2.4. Далі до відсортованих даних про збитки застосовується метод Парето, який дозволяє визначити, які саме типи збитків формують найбільшу частину фінансових втрат на виробництві. Розрахунок частки кожного типу збитків здійснюється за формулою 2.1. Далі дані про збитки відсортовуються за бінарним показником пріоритету Z_j кожного типу збитків, щоб типи збитків, на які підприємство може вплинути, раніше увійшли до кумулятивної частки. Щоб визначити сукупний вплив основних типів збитків на виробництво, розраховується кумулятивна частка кожного типу збитків за формулою 2.2. Далі застосовується правило відбору, яке базується на пороговому значенні довірчого інтервалу. Пороговим значенням довірчого інтервалу обрано 70% до 90 %, оскільки такий інтервал дозволяє точніше відобразити розподіл збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі. Результати виконання первого етапу комбінованого методу представлено у таблиці 4.2 та на рисунку 4.6 відображені діаграму Парето.

Таблиця 4.2 – Найвитратніші типи збитків на виробництві

№	Тип збитку	Причина збитку	Вартість збитку	Номер партії	Відповідальна особа	Частка збитку	Кумул. частка
1	Брак	Несправність обладнання, некваліфіковані дії персоналу	13 200 грн.	№ 9465, № 9474, № 9479	Мартинюк А.В., Матюшков О.В.	48.67%	48.67%
2	Втрати матеріалів	Псування сировини, нерациональне використання залишків	6 220 грн.	№ 9471, № 9482	Микитенко П.Л.	22.93%	71.60%
3	Простої	Відсутність персоналу	4 900 грн.	–	Сидоренко Т.Ю.	18.07%	89.67%
4	Логістичні проблеми	Затримка у постачанні сировини	2 800 грн.	–	ТОВ «Santan» Степанова І.П.	10.33%	100.00%

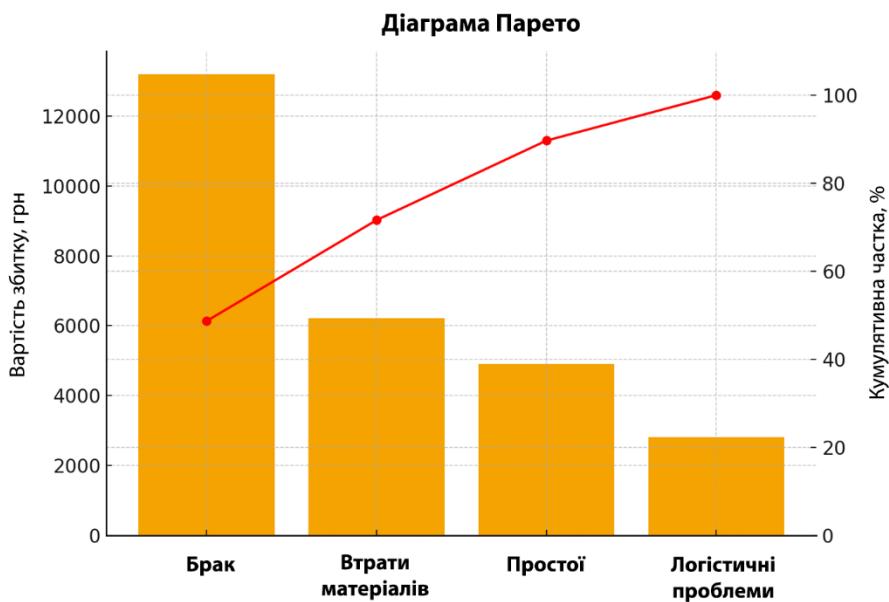


Рисунок 4.6 –Діаграма Парето найвитратніших типів збитків на виробництві

Далі застосовується правило відбору, за яким, шляхом послідовного додавання, тип збитку «Брак» перший увійшов до переліку найвитратніших типів збитків, але не досяг порогового значення встановленого довірчого інтервалу. Наступним і останнім типом збитків став тип «Втрати матеріалів», бо його кумулятивна частка (71.60%) уперше перетнула нижню межу порогового значення встановленого довірчого інтервалу від 70% до 90%.

На другому етапі комбінованого методу аналізу збитків для кожного з найвитратніших типів збитків, які були визначені на попередньому етапі, застосовується когортний аналіз. Для кожного з найвитратніших типів збитків когортами виступають причини збитків. Усі збитки з однаковою причиною об'єднуються в одну когорту і дляожної з причин збитку розраховується кількість інцидентів та їх загальна вартість. Метриками для когорт при аналізі причин збитків є дати виникнення збитків та частка причин збитків від загальної вартості конкретного типу збитків. Розрахунок частки причин збитків здійснюється за формулою 2.1.

Результати виконання другого етапу комбінованого методу аналізу збитків представлено у таблиці 4.3 для типу збитків «Брак» та у таблиці 4.4 для типу збитків «Втрати матеріалів».

Таблиця 4.3 – Причини збитків для типу збитків «Брак»

№	Дата виникнення	Причина збитку	Вартість збитку	Частка збитку	Кількість інцидентів
1	05.09.2025, 17.10.2025	Несправність обладнання	9 800 грн.	74.24%	2
2	25.09.2025	Некваліфіковані дії персоналу	3 400 грн.	25.76%	1

Таблиця 4.4 – Причини збитків для типу збитків «Втрати матеріалів»

№	Дата виникнення	Причина збитку	Вартість збитку	Частка збитку	Кількість інцидентів
1	18.09.2025	Псування сировини	4 720 грн.	75.88%	1
2	28.10.2025	Нераціональне використання залишків	1 500 грн.	24.12%	1

Результати проведеного аналізу збитків комбінованим методом показали, що основними джерелами збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі є брак та втрати матеріалів, на які припадає понад 70 % усіх фінансових втрат підприємства. Проведений когортний аналіз дозволив деталізувати причини цих збитків і визначити закономірності їх виникнення, що дає змогу сформулювати рекомендації щодо їх усунення за допомогою Decision Table. Приклад рекомендацій за результатами аналізу збитків комбінованим методом представлено у вигляді таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Рекомендації для найвитратніших типів збитків

Тип збитку	Причина збитку	Рекомендація
Брак	Несправність обладнання	Провести планове технічне обслуговування зварювального устаткування; контролювати параметри роботи обладнання; впровадити журнал технічного моніторингу для фіксації відхилень.
	Некваліфіковані дії персоналу	Організувати додаткове навчання працівників; упровадити систему періодичної атестації операторів; посилити внутрішній контроль якості на етапі зварювання та полірування.
Втрати матеріалів	Псування сировини	Оптимізувати умови складування (вологість, температура, механічне навантаження); забезпечити контроль середовища зберігання та використання захисної тари.
	Нераціональне використання залишків	Впровадити електронний облік залишків; створити базу повторного використання відходів виробництва; забезпечити планування розкрою для мінімізації відходів.

Проведене дослідження підтвердило точність комбінованого методу аналізу збитків, що поєднує метод Парето та когортний аналіз. Застосування цього методу аналізу збитків дозволило отримати детальне та комплексне уявлення про збитки на виробництві. На відміну від традиційних методів, комбінований метод аналізу збитків охоплює не лише кількісні характеристики збитків, а й якісні чинники, що визначають причини їх виникнення, повторюваність і керованість.

Результати аналізу збитків показали, що більшість фінансових втрат припадають на декілька типів збитків, що підтверджує точність принципу Парето для аналізу збитків на виробництві. Проте використання лише цього методу не дає змоги зрозуміти причини виникнення збитків і частоту їх повторення, що знижує можливість прийняття управлінських рішень. Додавання когортного аналізу на другому етапі комбінованого методу усунуло цей недолік. Завдяки когортному аналізу вдалося визначити закономірності появи збитків, простежити залежність між технічними збоями, людським фактором та умовами зберігання матеріалів. Це

дозволило перейти від простого опису збитків до детального аналізу причин виникнення цих збитків.

Важливим результатом дослідження стало формування рекомендацій за таблицею рішень (Decision Table), що дозволяє автоматизувати процес ухвалення управлінських рішень. Такий інструмент може бути інтегрований у ІС підприємства для надання рекомендацій щодо запобігання повторним інцидентам виникнення збитків.

Для оцінювання точності та якості результатів аналізу збитків запропонованого комбінованого методу аналізу збитків проведено ABC-аналіз тих самих даних, що використовувалися під час попереднього дослідження.

ABC-аналіз ґрунтуються на принципі розподілу об'єктів за ступенем їхнього впливу на загальний результат, де група А – найзначущі збитки, що формують 70–80 % загальних збитків на виробництві, група В – середньої важливості, 15–25 %, група С – незначні, але численні збитки, до 10 %. На основі розрахованих часток збитків (табл. 4.2) було отримано такі результати розподілу, а саме група А – «Брак» (48,67 %) і «Втрати матеріалів» (22,93 %), група В – «Простої» (18,07 %), група С – «Логістичні проблеми».

Порівняння результатів комбінованим методом аналізу збитків з ABC-аналізом показує, що за результатами ABC-аналізу підприємству необхідно зосередитися на усуненні збитків групи А, що співпадає з висновками комбінованого методу. Проте між двома методами є суттєва різниця. ABC-аналіз лише класифікує типи збитків за рівнем їхнього впливу, не враховуючи причин збитків, можливість керування цими збитками та частоту виникнення цих збитків. Цей метод є швидким інструментом для ранжування, але не відповідає на питання, чому виникають збитки на виробництві. Запропонований комбінований метод об'єднує кількісний підхід (через метод Парето) із якісним (через когортний аналіз), що дозволяє не лише виявити найвитратніші типи збитків, а й

детально дослідити причини їх виникнення, повторюваність, керованість збитків і розробити практичні рекомендації.

4.4 Висновки до четвертого розділу

У результаті проведеного дослідження було експериментально перевірено комбінований метод аналізу збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі, який поєднує метод Парето та когортний аналіз. Такий підхід забезпечує поєднання оцінки фінансового впливу збитків на виробництво із якісним аналізом причин їх виникнення, що дозволяє отримати комплексні результати аналізу збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі. Розроблений комбінований метод аналізу збитків дає змогу визначити основні типи збитків, які формують більшість фінансових втрат підприємства, виявити повторювані закономірності у виникненні збитків та їх ключові причини, сформувати рекомендації за таблицею рішень (Decision Table), яка забезпечує практичне використання результатів аналізу для управлінських рішень.

Порівняння комбінованого методу з ABC-аналізом показало, що запропонований комбінований метод аналізу збитків має вищу аналітичну цінність. Якщо ABC-аналіз обмежується класифікацією збитків за рівнем їхньої важливості, то комбінований метод аналізу збитків забезпечує глибший причинно-наслідковий аналіз, враховуючи як фінансову, так і процесну складову. Упровадження комбінованого методу в ІС підприємства дозволить підвищити точність аналізу збитків, зменшити вплив людського фактору при аналізі збитків та скоротити час формування рекомендацій. Таким чином, запропонований метод аналізу збитків на виробництві є універсальним інструментом для аналізу збитків, а його використання сприятиме підвищенню якості прийняття управлінських рішень.

ВИСНОВКИ

У ході виконання магістерської кваліфікаційної роботи проведено дослідження процесу аналізу збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі та методів аналізу збитків, які застосовуються для зменшення фінансових витрат і підтримки прийняття управлінських рішень. Об'єктом дослідження був процес аналізу збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі, а предметом – методи аналізу збитків. На основі проведеного дослідження методів аналізу збитків розроблено комбінований метод аналізу збитків, який враховує специфіку виробництва та дозволяє отримати точні результати для кожного типу збитків.

У першому розділі роботи проаналізовано діяльність підприємства «KREDO», що спеціалізується на виготовленні виробів із нержавіючої сталі, та досліджено бізнес-процес «Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі». На основі огляду наукових джерел про різні типи збитків запропоновано єдину класифікацію типів збитків, адаптовану до специфіки виробництва виробів із нержавіючої сталі.

У другому розділі розглянуто та проаналізовано методи, що застосовуються для вирішення задачі аналізу збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі. Зокрема, досліджено можливості методу Парето, когортного аналізу, аналізу динамічних рядів та ABC-аналізу щодо аналізу різних типів збитків. На основі порівняння переваг і обмежень існуючих методів аналізу збитків обґрунтовано доцільність використання комбінованого методу аналізу збитків, що поєднує метод Парето з когортним аналізом.

У третьому розділі розроблено інформаційну технологію реалізації комбінованого методу аналізу збитків у складі підсистеми «Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі» при розробці ІС виробництва виробів із нержавіючої сталі. Описано функціональну структуру

підсистеми, побудовану за методологією SADT, обґрунтовано вибір програмних засобів, а саме мови програмування Python та бібліотек pandas, NumPy, matplotlib, seaborn, ReportLab, experta, openpyxl, а також СУБД MySQL для зберігання результатів аналізу збитків. Реалізовано використання таблиці рішень (Decision Table) у вигляді електронної таблиці Microsoft Excel для формування рекомендацій за правилами типу «якщо-то», що забезпечує можливість оновлення правил без зміни програмного коду. Описано алгоритм роботи підсистеми «Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі», який охоплює завантаження даних із БД від системи «Облік збитків» ІС підприємства, виконання комбінованого методу аналізу збитків, формування відомостей і автоматичну генерацію PDF-документів з результатами аналізу та рекомендаціями.

У четвертому розділі проведено експериментальну перевірку розробленого комбінованого методу аналізу збитків на основі реальних даних про збитки підприємства «KREDO». Результати комбінованого методу було порівняно з результатами ABC-аналізу: обидва підходи вказали на ті самі пріоритетні напрямки скорочення збитків, проте ABC-аналіз забезпечив лише ранжування типів збитків, тоді як комбінований метод додатково виявив причини збитків, їхню керованість і частоту виникнення, що є важливим для формування практичних рекомендацій.

Отримані результати підтвердили, що розроблений комбінований метод аналізу збитків є якісним інструментом для підтримки управлінських рішень на підприємстві, яке виготовляє вироби із нержавіючої сталі. Його використання дозволяє одночасно оцінювати фінансовий вплив збитків і досліджувати причини їх виникнення, виділяти найкритичніші типи збитків та виявляти повторювані закономірності у даних за партіями виробів. Інтеграція методу до підсистеми «Аналіз збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі» створює можливості для автоматизації формування відомостей, стандартизації процесу формування рекомендацій і підвищення прозорості аналізу збитків.

Результати кваліфікаційної роботи прийнято до опублікування у журнал категорії Б «Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security» в статті «Розробка комбінованого методу аналізу збитків на виробництві виробів із нержавіючої сталі», що підтверджує наукову й практичну значущість отриманих результатів.

Магістерську кваліфікаційну роботу виконано згідно з вимогами методичних вказівок щодо розробки та оформлення кваліфікаційної роботи другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Інформаційні управлюючі системи та технології» [29] та з дотриманням положень державних стандартів ДСТУ 3008:2015 [30] і ДСТУ 8302:2015 [31].

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Що таке збитки // SmartTender URL: <https://smar ttender.biz/terminy/view/zbytky/> (дата звернення: 24.11.2025).
2. Di Schino A. Manufacturing and Applications of Stainless Steels // Metals. 2020. Vol. 10, No 3. p. 327. URL: <https://doi.org/10.3390/met10030327> (дата звернення: 24.11.2025).
3. Garza-Reyes J. A., Rocha-Lona L., Kumar V. A conceptual framework for the implementation of quality management systems // Total Quality Management & Business Excellence. 2015. Vol. 26, No 11-13. p. 1298–1310. URL: <https://doi.org/10.1080/14783363.2014.929254> (дата звернення: 24.11.2025).
4. Сердюк Б. М., Лещук А. А. Теоретичні основи класифікації збитків // Електронний журнал. 2010. № 10. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=363> (дата звернення: 25.11.2025).
5. Six Big Losses // Vorne Industries URL: <https://www.vorne.com/learn/tools/six-big-losses/six-big-losses-executive-summary.pdf> (дата звернення: 25.11.2025).
6. Bokrantz J., Skoogh A., Ylipää T., Stahre J. Handling of production disturbances in the manufacturing industry // Journal of Manufacturing Technology Management. 2016. Vol. 27, No 8. p. 1054–1075. URL: <https://doi.org/10.1108/JMTM-02-2016-0023> (дата звернення: 27.11.2025).
7. Царевська Т. Виробничі втрати // Податки & бухоблік. 2019. № 99. URL: <https://i.factor.ua/ukr/journals/nibu/2019/december/issue-99/article-105872.html> (дата звернення: 27.11.2025).
8. Міщенко К. Списання пошкоджених та знищених запасів під час воєнного стану // FactorAcademy. 2023. URL: <https://factor.academy/blog/>

spisannya-poshkodzhenix-ta-znishhenix-zapasiv-pid-chas-voyennogo-stanu/#%D0%9F%D0%94%D0%92 (дата звернення: 28.11.2025).

9. Zhang R., Zhao N., Fu L., Bai X., Cai J. Recognizing defects in stainless steel welds based on multi-domain feature expression and self-optimization // Journal of Intelligent Manufacturing. 2023. Vol. 34. p. 1293–1309. URL: <https://doi.org/10.1007/s10845-021-01849-1> (дата звернення: 28.11.2025).

10. Yashvi. The causes & dangers of over-production // Qalara. 2024. URL: <https://www.qalara.com/blog/the-dangers-of-overproduction/> (дата звернення: 29.11.2025).

11. Васильченко С. Що таке принцип Парето та як його застосувати в роботі та житті // Happy Monday. URL: <https://happymonday.ua/shho-take-pryntsyp-pareto> (дата звернення: 30.11.2025).

12. Добрянська В. В., Івасенко О. А., Чижевська М. Б., Скрильник А. С. // Маркетингові дослідження: навчальний посібник. Полтава: ПолтНТУ, 2024. с. 68-69. URL: <https://deposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/18593> (дата звернення: 30.11.2025)

13. Білобородько О. І., Ємел'яненко Т. Г. Аналіз динамічних рядів // Навчальний посібник. Дніпро: РВВ ДНУ, 2014. с. 80. URL: http://repository.dnu.dp.ua:1100/upload/bb40e3dc379f6e0736d9d88c27a31188Biloborodko_TimeSeries.pdf (дата звернення: 30.11.2025)

14. Кондіус І. Методологія SADT // Електронний посібник. Луцьк: ЛНТУ, 2022. URL: https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D0%B4%D1%96%D1%83%D1%81%D2%20%D0%B3%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B2%D0%B0/page8.html (дата звернення: 01.12.2025).

15. Garengo P., Biazzo S. From ISO quality standards to an integrated management system: an implementation process in SME // Total Quality Management & Business Excellence. 2012. Vol. 24, No 3–4. p. 310–335. URL: <https://doi.org/10.1080/14783363.2012.704282> (дата звернення: 01.12.2025).

16. Solomon N. P., Bester A., Moll C. M. Diffusion of a quality management system: a case study // The South African Journal of Industrial Engineering. 2017. Vol. 28, No 2. p. 149–164. URL: <https://doi.org/10.7166/28-2-1762> (дата звернення: 02.12.2025).
17. Natarajan D. ISO 9001 Quality Management Systems // Management and Industrial Engineering. 2017. p. 160. URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-54383-3> (дата звернення: 02.12.2025).
18. Flores B. E., Clay Whybark D. Multiple Criteria ABC Analysis // International Journal of Operations & Production Management. 1986. Vol. 6, No 3. p. 38–46. URL: <https://doi.org/10.1108/eb054765> (дата звернення: 03.12.2025).
19. Abdolazimi1 O., Shishebori D., Goodarzian F., Ghasemi P., Appolloni A. Designing a new mathematical model based on ABC analysis for inventory control problem: A real case study // RAIRO - Operations Research. 2021. Vol. 55, No 4. p. 2309–2335. URL: <https://doi.org/10.1051/ro/2021104> (дата звернення: 03.12.2025).
20. Pyzdek T. Pareto Analysis // The Lean Healthcare Handbook. 2021. p. 157–164. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-69901-7_14 (дата звернення: 04.12.2025).
21. Fukuda K. A cohort analysis of household vehicle expenditure in the U.S. and Japan: A possibility of generational marketing // Marketing Letters. 2010. Vol. 21. p. 53–64. URL: <https://doi.org/10.1007/s11002-009-9077-2> (дата звернення: 04.12.2025).
22. Dunford R., Su Q., Tamang E., Wintour A. The Pareto Principle // The Plymouth Student Scientist. 2014. Vol. 7, No 1. p. 140–148. URL: <https://doi.org/10.24382/swfr-wr17> (дата звернення: 05.12.2025).
23. Pareto principle // Wikipedia. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Pareto_principle (дата звернення: 05.12.2025).
24. Біловол М. Що таке когортний аналіз? Як отримати результат? //

Brander. 2024. URL: <https://brander.ua/blog/shcho-take-kohortnyy-analiz-yak-otrymaty-rezultat> (дата звернення: 06.12.2025).

25. Castelli P., De Ruvo A., Bucciacchio A., D'Alterio N., Cammà C., \ Di Pasquale A., Radomski N. Harmonization of supervised machine learning practices for efficient source attribution of Listeria monocytogenes based on genomic data. // BMC Genomics. 2023. Vol. 24, No 560. p. 1–19. URL: <https://doi.org/10.1186/s12864-023-09667-w> (дата звернення: 07.12.2025).

26. Singh D. The Pareto Principle: Leveraging the 80/20 Rule to Drive Business and Data Science Innovation // Medium. 2025. URL: <https://medium.com/ai-enthusiast/the-pareto-principle-leveraging-the-80-20-rule-to-drive-business-and-data-science-innovation-ed7cccd1001f4> (дата звернення: 08.12.2025).

27. Каграманова Ю. Як будувати UML-діаграми // DOU. 2022. URL: <https://dou.ua/forums/topic/40575/> (дата звернення: 09.12.2025).

28. Python documentation // Python. URL: <https://docs.python.org/3/> (дата звернення: 10.12.2025).

29. Методичні вказівки щодо розробки та оформлення кваліфікаційної роботи другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Інформаційні управляючі системи та технології» спеціальності 122 Комп’ютерні науки / Упоряд.: К.Е. Петров, В.М. Левикін, С.Ф. Чалий, М.В. Євланов, В.І. Саєнко, Д.К. Міхнов, А.В. Міхнова, О.В. Чала. Харків: ХНУРЕ, 2024. с. 24.

30. ДСТУ 3008:2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення. Чинний від 2017-07-01. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. с. 31.

31. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Чинний від 2016-07-01. – Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2016. с. 16.