

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет менеджменту та маркетингу

Кафедра менеджменту підприємств

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

д.е.н., проф. Вікторія ДЕРГАЧОВА
10 червня 2025 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою

«Логістика»

спеціальності 073 Менеджмент

**на тему: «Оцінка ефективності автоматизації процесів сортування та
шляхи їх удосконалення»**

Виконала студентка 4 курсу, групи УЛ-11
МАЛИНОВСЬКА Дарина Ігорівна

(підпис)

Керівник доцент (професор) кафедри менеджменту підприємств
к.е.н, доц. МОХОНЬКО Ганна Анатоліївна

(підпис)

Рецензент доцент кафедри економічної кібернетики
к.е.н., доц. ДУЧЕНКО Марина Михайлівна

(підпис)

**Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає цитат та вилучень з праць
інших авторів без відповідних
посилань**

Студент(ка) _____
(підпис)

Київ – 2025 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Факультет менеджменту та маркетингу

Кафедра менеджменту підприємств

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 073 Менеджмент

Освітньо-професійна програма «Логістика»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д.е.н., проф. Вікторія ДЕРГАЧОВА

18 жовтня 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
МАЛИНОВСЬКІЙ Дарині Ігорівні**

1. Тема роботи: «Оцінка ефективності автоматизації процесів сортування та шляхи їх удосконалення»

керівник роботи к.е.н., доц. МОХОНЬКО Ганна Анатоліївна

затверджені наказом по університету від «26» травня 2025р. № 1747-с

2. Термін подання студентом роботи: 06.06.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: наукова та навчально-методична література, законодавчі й нормативні акти України, які регламентують особливості діяльності підприємства у тій чи іншій сфері, інформація про історію створення та розвиток підприємства ТОВ «Нова Пошта», фінансова звітність (форма № 1 «Баланс», форма № 2 «Звіт про фінансові результати» за 2022-2024рр.; форма № 5 «Примітки до річної фінансової звітності»); звіти про управління за 2022-2024 рр..

4. Зміст пояснювальної записки

а) теоретична частина:

- дослідити сутність та значення автоматизації процесів сортування у логістичних системах;
- розглянути методичні підходи до оцінки ефективності автоматизованих процесів сортування;

б) аналітична частина:

- здійснити організаційно-економічну характеристику діяльності ТОВ «Нова Пошта»;
- проаналізувати фактори, що впливають на ефективність автоматизованих процесів сортування;
- оцінити ефективність автоматизованих процесів сортування;

в) рекомендаційна частина:

- розробити пропозиції щодо підвищення ефективності автоматизованих сортувальних процесів,
- обґрунтувати економічну доцільність запропонованих заходів.

5. Перелік ілюстративного матеріалу

1. Організаційна структура ТОВ «Нова Пошта».
2. Динаміка фінансових результатів ТОВ «Нова Пошта» за 2022-2024 рр..
3. Показники фінансового стану підприємства за 2022-2024 рр.
4. Фактори впливу на ефективність автоматизованих процесів сортування компанії «Нова Пошта».
5. Ключові показники ефективності (KPI) автоматизованих сортувальних процесів на «Новій Пошті».
6. Фактори, що перешкоджають ефективному функціонуванню автоматизованої системи сортування на терміналі компанії «Нова Пошта».
7. Вартість впровадження запропонованого проекту.
8. Показники ефективності інвестиційного проекту.

6. Дата видачі завдання:

18 жовтня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Позначки керівника про виконання завдань
1.	Збір необхідної інформації щодо теоретичних та практичних засад	19.10.2024 – 31.12.2024	
2.	Розгляд теоретичних положень автоматизованих сортувальних процесів	01.01.2024 – 28.02.2024	
3.	Вибір підприємства – бази дослідження, дослідження досвіду та ринкового середовища функціонування підприємства	01.03.2024 – 30.04.2024	
4.	Економіко-організаційний аналіз результатів господарської діяльності підприємства ТОВ «Нова Пошта»	01.05.2025 – 05.05.2025	
5.	Аналіз та оцінка ефективності автоматизації процесів сортування ТОВ «Нова Пошта»	06.05.2025 – 07.05.2025	
6.	Визначення проблем автоматизації сортувальних процесів ТОВ «Нова Пошта»	08.05.2025 – 09.05.2025	
7.	Розроблення проєкту з впровадження нової технології на підприємстві ТОВ «Нова Пошта»	10.05.2025 – 12.05.2025	
8.	Економічне обґрунтування запропонованого проєкту	13.05.2025 – 17.05.2025	
9.	Оформлення дипломної роботи першого (бакалаврського) рівня вищої освіти	26.05.2025 – 30.05.2025	

Студент

(підпис)

Дарина МАЛИНОВСЬКА

Керівник дипломної роботи

(підпис)

Ганна МОХОНЬКО

РЕФЕРАТ

Дипломна робота на тему: «Оцінка ефективності автоматизації процесів сортування та шляхи їх удосконалення» містить 90 сторінок, 21 таблицю, 17 рисунків, 3 додатки. Перелік посилань нараховує 49 найменувань.

Метою роботи є формулювання та обґрунтування рекомендацій щодо удосконалення автоматизованих процесів сортування на логістичному підприємстві з урахуванням оцінки їх ефективності.

Об'єктом дипломної роботи є автоматизовані процеси сортування процеси на підприємстві.

Предмет дипломної роботи – ефективність функціонування автоматизованих процесів сортування та шляхи їх удосконалення з метою підвищення продуктивності та якості логістичних операцій.

Методи дослідження. У роботі застосовувалися: загально-наукові методи абстрагування, методи збору та узагальнення інформації, метод економічного аналізу, аналіз рядів динаміки, факторний аналіз, метод порівняння, табличний і графічний методи, також методи економічного моделювання та прогнозування, метод дисконтування.

Результати роботи. За результатами виконання дипломної роботи сформовано рішення для оптимізації автоматизованих процесів сортування на підприємстві, що передбачає інтеграцію комп'ютерного зору та роботизованих маніпуляторів для обробки вантажів нетипової форми. Було проведено економічну оцінку запропонованого проєкту, яка показала позитивне значення показників NPV, PI, IRR, що свідчить про економічну доцільність впровадження проєкту.

Рекомендації щодо використання результатів роботи. Матеріали дипломної роботи можуть бути використані логістичними компаніями, які прагнуть підвищити ефективність сортувальних центрів, а також у процесі підготовки управлінських рішень щодо впровадження або впровадження технологій автоматизації в умовах зростання навантаження на логістичну інфраструктуру.

Ключові слова: логістика, автоматизація, сортування, комп'ютерний зір, роботизовані маніпулятори, інновації, ефективність.

ABSTRACT

Thesis on the topic: "Evaluation of the efficiency of sorting processes automation and ways to improve them" contains 90 pages, 21 tables, 17 figures, 3 appendices. The list of references includes 49 items.

The purpose of the thesis is to formulate and substantiate recommendations for improving automated sorting processes at a logistics enterprise, taking into account the assessment of their efficiency.

The object of the research is automated sorting processes at the enterprise.

The subject of the research is the efficiency of the functioning of automated sorting processes and ways to improve them in order to increase the productivity and quality of logistics operations.

The research methods. The study employs general scientific methods of abstraction, methods of data collection and synthesis, economic analysis, time series analysis, factor analysis, comparison methods, tabular and graphical methods, as well as methods of economic modeling and forecasting, and the discounting method.

The results of the work. Based on the results of the thesis, a solution was developed to optimize automated sorting processes at the enterprise. It involves the integration of computer vision and robotic manipulators for handling irregularly shaped items. An economic evaluation of the proposed project was carried out, which showed positive values for NPV, PI, and IRR indicators, confirming the economic feasibility of the project's implementation.

Recommendations for the using the results of the work. The materials of the thesis can be used by logistics companies that seek to increase the efficiency of sorting centers, as well as in the process of preparing management decisions on the implementation or introduction of automation technologies in conditions of increasing load on the logistics infrastructure.

Keywords: logistics, automation, sorting, computer vision, robotic manipulators, innovations, efficiency.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ СОРТУВАННЯ В ЛОГІСТИЦІ.....	10
1.1. Сутність автоматизації процесів сортування в логістичних системах та її значення.....	10
1.2. Методичні підходи до оцінки ефективності автоматизованих процесів сортування.....	22
Висновки до розділу 1	30
2 АНАЛІЗ СТАНУ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ СОРТУВАННЯ У ТОВ «НОВА ПОШТА».....	32
2.1. Організаційно-економічна характеристика діяльності ТОВ «Нова Пошта»	32
2.2. Аналіз факторів, що впливають на ефективність автоматизованих процесів сортування.....	44
2.3. Оцінка ефективності автоматизованих процесів сортування	52
Висновки до розділу 2	61
3 ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ СОРТУВАННЯ У ТОВ «НОВА ПОШТА».....	63
3.1. Пропозиції щодо підвищення ефективності автоматизованих сортувальних процесів.....	63
3.2. Економічне обґрунтування доцільності запропонованих заходів	72
Висновки до розділу 3	83
ВИСНОВКИ.....	84
ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА.....	86
ДОДАТКИ	91

ВСТУП

Актуальність теми. У сучасних умовах технологічного розвитку у сфері логістики особливого значення набуває підвищення ефективності логістичних процесів. Процеси сортування вантажів є одними з ключових елементів логістичної інфраструктури – вони безпосередньо впливають на швидкість і якість обслуговування клієнтів. В умовах підвищеної конкуренції своєчасна доставка та точна обробка поштових відправлень є критичними факторами успіху діяльності підприємства.

Однією з головних проблем, що гальмує розвиток логістичної галузі України, є недостатній рівень автоматизації внутрішніх логістичних процесів, зокрема сортування. Традиційно на багатьох підприємствах ці операції виконуються людьми, залишаються трудомісткими, схильними до помилок та непродуктивними з точки зору витрат часу та ресурсів. Автоматизація процесів сортування дає змогу вирішити цю проблему, зменшуючи потребу в ручній обробці, скорочуючи час обробки відправлень і підвищуючи точність логістичних операцій.

Світові логістичні компанії активно впроваджують автоматизовані системи сортування, використовуючи сучасне обладнання та інновації. Оцінка ефективності вже впроваджених автоматизованих рішень та пошук шляхів їх удосконалення є надзвичайно актуальним завданням, тому що підвищення ефективності сортувальних процесів сприяє загальній продуктивності логістичної системи, зменшенню витрат, підвищенню рівня сервісу та конкурентоспроможності підприємства на ринку.

Метою дипломної роботи є формулювання та обґрунтування рекомендацій щодо удосконалення автоматизованих процесів сортування на логістичному підприємстві з урахуванням оцінки їх ефективності.

Основними завданнями роботи є:

- охарактеризувати теоретичні засади автоматизації логістичних процесів, а саме сортування;
- надати організаційно-економічну характеристику підприємства;

- проаналізувати та оцінити сучасний стан автоматизації процесів сортування на підприємстві;
- виявити «вузькі місця» та проблемні зони автоматизованих сортувальних процесів;
- розробити проєкт щодо підвищення ефективності автоматизованих процесів сортування та навести його економічне обґрунтування.

Об’єктом дослідження є автоматизовані процеси сортування процеси на підприємстві.

Предмет дослідження – ефективність функціонування автоматизованих процесів сортування та шляхи їх удосконалення з метою підвищення продуктивності та якості логістичних операцій.

База дослідження є ТОВ «Нова Пошта».

Методи дослідження, що застосовувалися у роботі: загально-наукові методи абстрагування, методи збору та узагальнення інформації, метод економічного аналізу, аналіз рядів динаміки, факторний аналіз, метод порівняння, табличний і графічний методи, також методи економічного моделювання та прогнозування, метод дисконтування.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ СОРТУВАННЯ В ЛОГІСТИЦІ

1.1. Сутність автоматизації процесів сортування в логістичних системах та її значення

У контексті технологічних змін, які відбуваються останніми роками, логістична галузь зазнала значних змін. Автоматизація є одним з провідних напрямів розвитку сучасної логістики, особливо в умовах високої конкуренції, зростаючих обсягів товарообігу та потреби в оперативному обслуговуванні клієнтів. Автоматизація дозволяє скорочувати витрати часу, зменшувати вплив людського чинника, підвищувати точність обробки відправлень та забезпечувати безперервність логістичних операцій.

У роботі [1], автор визначає термін «логістична система» з позиції функціонального підходу, як набір логістичних операцій, які поєднані процесом управління потоками, матеріальними чи інформаційними, від вибору та оцінювання постачальника до завершення доставки кінцевому споживачу.

У межах логістичної системи (рис. 1.1) автоматизація має найбільший вплив на складську логістику та процеси сортування, де великі обсяги вантажів вимагають швидкої та точної обробки.

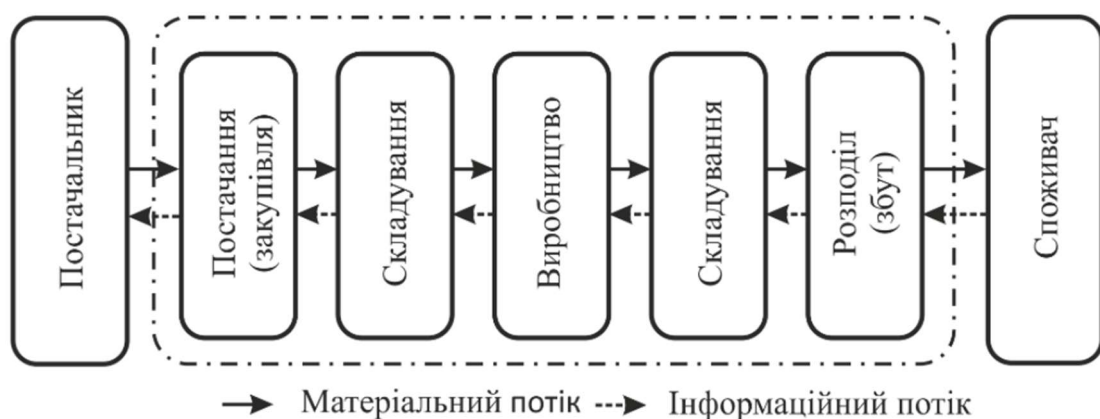


Рисунок 1.1. Приклад логістичної системи

Джерело: [1]

Під автоматизацією у загальному розумінні прийнято вважати процес заміщення або мінімізації участі людини в управлінні технологічними операціями, що забезпечується за рахунок впровадження технічних та

програмних рішень. У табл. 1.1 наведено тлумачення поняття «автоматизація» від різних авторів.

Таблиця 1.1 – Тлумачення поняття «автоматизація» у різних наукових джерелах

Автор	Визначення поняття
Барало О.В., Самойленко П.Г., Гранат С.Є., Ковальов В.О.	“Етап комплексної механізації, що характеризується звільненням людини від безпосереднього виконання функцій управління технологічними процесами і передачею цих функцій автоматичним пристроям” [2].
Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Ляшук	“Комплекс заходів з розроблення нових, прогресивних технологічних процесів і створення на їх основі нових високопродуктивних машин і систем машин” [3].
Гончаренко Б.М., Осадчий С.І., Віхрова Л.Г., Каліч В.М., Дідик О.К.	“Етап виробництва, що характеризується звільненням людини від безпосереднього виконання функцій керування виробничими процесами та переданням цих функцій технічним засобам - автоматичним пристроям і системам” [4].
Нітш Б., Штраубе Ф., Вірт М.	“Часткова або повна заміна чи підтримка фізичного або інформаційного процесу, що виконується людиною, машиною. Це включає завдання з планування, контролю або виконання фізичного потоку товарів, а також відповідних інформаційних та фінансових потоків у межах основної компанії та з партнерами по ланцюгу постачання” [5].

Джерело: складено автором

На основі проведеного аналізу понять автоматизації, наведених у табл. 1.1, можна зробити висновок щодо її сутності. Вітчизняні автори підкреслюють, що автоматизація – це етап розвитку технічних систем, у межах якого людину звільняють від безпосереднього управління технологічними чи виробничими процесами, передаючи ці функції спеціальним технічним засобам. При цьому автоматизація охоплює не лише впровадження окремих машин, а є комплексом заходів, що передбачають розробку нових технологічних рішень. У свою чергу, закордонні дослідники розглядають автоматизацію ширше – як заміну або підтримку як фізичних, так і інформаційних процесів у логістичних та виробничих системах, що забезпечує планування, контроль і виконання потоків (товарних, інформаційних, фінансових) як всередині компанії, так і між партнерами по ланцюгу постачання.

Таким чином, автоматизацію в логістиці доцільно трактувати як системне впровадження технічних і програмних засобів з метою часткового або повного заміщення людської праці у фізичних та інформаційних процесах управління

логістичними потоками, що забезпечує підвищення ефективності, точності, швидкості та надійності логістичних операцій. Вона охоплює комплексні дії, спрямовані на механізацію та комп'ютеризацію процесів зберігання, обліку, переміщення, сортування та доставки товарів.

Сортування – це класифікація, групування або упорядкування відправлень, вантажів, товарів чи документів відповідно до певних критеріїв з метою оптимізації подальшого їх переміщення або обробки. На складі це також може означати організацію товарів таким чином, щоб їх можна було легко знайти та зібрати, що означає швидко та своєчасну доставку. Сортування є невід'ємною частиною роботи сучасних логістичних компаній, оскільки воно дозволяє гарантувати, що потрібний товар або вантаж потрапить до потрібного клієнта.

Складська діяльність та її успіх чималою мірою залежить від сортувальних процесів, тобто їх ефективності та точності, особливо на тих типах складів, де сортування відіграє ключову функцію [6].

У логістиці об'єктами сортування можуть бути всі матеріальні та інформаційні одиниці, які проходять через логістичний ланцюг і потребують класифікації або упорядкування для подальшої обробки чи доставки. Їхній характер, форма та спосіб обробки можуть сильно відрізнятись залежно від сфери діяльності компанії, типу вантажу та технологій.

Найбільш поширеними є: поштові відправлення (листи, бандеролі, малогабаритні та великогабаритні вантажі, міжнародні та внутрішні відправлення), а також комерційні вантажі (палети, ящики, контейнери, техніка чи обладнання), товари електронної комерції та роздрібної торгівлі (товар, коробки з комплектованими замовленнями, повернення від клієнтів), документи (юридичні, банківські документи, договори, особисті документи, кореспонденція), продукти харчування та фармацевтика (харчові продукти з обмеженим терміном придатності, лікарські засоби, медичні засоби), будівельні матеріали і промислові товари (цегла, труби, будівельна хімія, інструменти), нестандартні та великогабаритні предмети (меблі, побутова техніка, автошини, товари із специфічною формою).

Застосовуються різні типи сортування залежно від операційних потреб:

- за напрямом (географічне) – це коли відправлення групуються відповідно до регіону, міста, відділення;
- за типом доставки – експрес-доставка, стандартна, адресна, доставка у поштомат тощо;
- за розміром та вагою – що особливо важливо при автоматизованих сортувальних лініях, адже великогабаритні вантажі не потрапляють на загальну стрічку;
- за пріоритетністю – термінові, небезпечні вантажі можуть мати окремий вид обробки;
- за типом клієнта – B2B, B2C, внутрішні перевезення між складами, аутсорсинг-фулфілмент тощо.

Процес сортування використовується на різних типах складів, залежно від їхньої функціональності та ролі в логістичному ланцюгу. Основні типи складів, де активно застосовується сортування:

1. Склади логістики постачання, де зберігають ресурси для забезпечення виробництва, включаючи сировину, матеріали, напівфабрикати, комплектуючі, обладнання, запасні частини та інші необхідні засоби праці; і виконують функції з приймання, сортування, перепакування, внутрішньо-складського переміщення та розміщення вантажів на зберігання [7].

2. Склади, що функціонують у системі розподільчої логістики, відіграють ключову роль у забезпеченні безперервного переміщення продукції від місць виготовлення до кінцевого споживача; їх використання можливе як на виробничих підприємствах у формі складів готової продукції, так і в сфері торгівлі – на оптових або посередницьких базах [7].

3. Склади, що зберігають готову продукцію, виконують кілька важливих функцій: приймають вироби з виробничих цехів, розміщують їх у відповідних зонах зберігання, забезпечують підтримання належних умов зберігання, а також здійснюють підготовку вантажів для подальшої відправки. Цей процес включає такі операції, як: сортування, нанесення маркування та поклейка етикеток, фасування, формування замовлень відповідно до

асортименту, кількості та якості, а також оформлення документації та завантаження продукції на транспорт [7].

4. Оптово-посередницькі склади виконують функцію концентрації товарних потоків: приймають вантажі, здійснюють розвантаження, внутрішньоскладське транспортування, розміщення товарів, а також формують нові товарні партії, які відповідають потребам покупців за асортиментом та обсягами [7].

5. Склади торгових підприємств, розташовані поблизу виробничих об'єктів отримують великі обсяги товарів безпосередньо від виробників; після приймання комплектують в більші партії та надсилають їх споживачам у регіони, де зосереджений попит [7].

Сортування є одним із найважливіших етапів логістичного циклу. Від ефективності сортування залежить не лише швидкість обробки посилок, а й рівень клієнтського сервісу, дотримання термінів доставки та мінімізація помилок. Тобто швидке та точне сортування забезпечує мінімізацію часу перебування вантажу у ланцюгу, чіткість сортування покращує маршрутизацію, а також знижує ймовірність запізнень або повернень, пов'язаних із помилками в логістичному потоці.

У традиційному форматі сортування передбачає участь працівників, які вручну ідентифікують відправлення, сканують коди, розміщують їх у відповідних контейнерах або направляють до конкретних маршрутів. Незважаючи на розвиток технологій, у багатьох логістичних компаніях, особливо на ділянках обробки великогабаритних або відправлень нестандартної форми, досі використовується ручне сортування. Однак ручне сортування має ряд об'єктивних недоліків. Вони пов'язані, зокрема, з людською втомлюваністю, вищою ймовірністю помилок, низькою продуктивністю, збільшеним часом обробки та вищими витратами на оплату праці. Усе це негативно впливає на загальну ефективність логістичного процесу, знижує рівень обслуговування клієнтів та ускладнює масштабування операцій у пікові періоди. Основні недоліки традиційного, ручного сортування та їх наслідки для логістичної системи узагальнено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Недоліки ручного сортування вантажів та їх наслідки

Недолік	Опис	Наслідок
Низька продуктивність	Людина фізично не може рівнятися з автоматизованими системами, ручне сортування потребує значних затрат часу, особливо коли мова йде про обробку великої кількості посилок.	Збільшення часу обробки, зниження пропускної здатності сортувального центру.
Фізичне навантаження на працівників	Обробка важких чи великогабаритних вантажів вручну створює ризики для здоров'я працівників.	Травматизм, зниження працездатності, зростання витрат на медичне обслуговування та страхування.
Низький рівень масштабованості	Зі збільшенням обсягів (наприклад, у святкові періоди) потрібно наймати додатковий персонал.	Високі операційні витрати, складність оперативного реагування на навантаження.
Відсутність прозорості	Неможливо точно відслідковувати всі етапи ручної обробки без автоматичних засобів контролю.	Ускладнене виявлення джерел помилок, низька ефективність оптимізації процесу.
Високі витрати на персонал	Зарплата, навчання, охорона праці та соціальні гарантії для великої кількості працівників.	Зростання собівартості логістичних послуг при збереженні низької продуктивності.

Джерело: складено автором

Як бачимо з таблиці, ручне сортування має низку суттєвих недоліків, які безпосередньо впливають на ефективність логістичних процесів. Усі ці фактори не лише знижують якість обслуговування клієнтів, але й стримують розвиток компаній у висококонкурентному середовищі. Саме тому логістичні оператори активно шукають рішення, здатні мінімізувати людський фактор і підвищити ефективність сортувальних центрів.

У відповідь на ці виклики дедалі більше компаній запроваджують автоматизацію сортувальних процесів. Завдяки впровадженню сучасних технологій, таких як сортувальні конвеєри, сканувальні системи, роботизовані маніпулятори, сортування стає швидшим, точнішим і надійнішим. Далі ми розглянемо їх детальніше.

Почнемо з розгляду конвеєрних систем – спеціалізованих механізмів, призначених для автоматизованого переміщення вантажів у межах логістичних об'єктів, таких як склади, виробничі майданчики сортувальні центри. Їх впровадження актуальне в складському середовищі, де значна частина операцій пов'язана з переміщенням товарів між різними зонами [8]. Конвеєри транспортують вантаж від зони приймання чи розвантаження безпосередньо до

сортувальних систем (сортерів), які ми згодом розглянемо, що дозволяє автоматизовано подавати вантажі з потрібним інтервалом. Вони також можуть бути інтегровані з зонами сканування, де вантаж сканується, визначається його вага та розміри. Після такої класифікації за певними характеристиками, вантаж спрямовується конвеєрами до потрібної зони відправки. Завдяки конвеєрним системам участь людини у цих процесах мінімізується та пришвидшується час обробки.

У діяльності складських комплексів переважно використовуються стрічкові й роликові конвеєри, рольганги, а також різні поворотні секції відповідної конструкції [8].

Наступним інструментом автоматизації процесу сортування на сучасних логістичних об'єктах є сортувальні системи (сортери) – механізовані або електромеханічні машини, які призначені для швидкого розподілу вантажів відповідно до деяких критеріїв (напрямок доставки, типу відправлення, габаритів чи пункту призначення). Сортери можуть мати різні конструкції та принцип дії в залежності від обсягів обробки, які є на об'єкті, структури логістичного потоку та специфіки компанії. Застосування таких комплексів значно зменшує час обробки, підвищує продуктивність сортувальних центрів та зменшує ймовірність помилок. Сортувальні системи (сортери) налічують доволі велику кількість різних видів, ми розглянемо основні з них:

- Paddle Sorters – сортери типу «бейсбольна бита», вони використовують поворотні лопаті або важелі, які відхиляють вантаж убік, найкраще ці сортери підходять для невеликих обсягів сортування, тому що працюють на невеликій швидкості;

- Shoe Sorter – один з найпопулярніших та найпоширеніших сортерів, який застосовується на великих сортувальних центрах, так як має велику продуктивність та пропускну здатність, принцип роботи базується на спеціальних «черевиках», що ковзають по поверхні лінії та зсувають вантаж у потрібний напрямок;

- Pop-up Wheel Sorters – вбудована на конвеєр сортувальна система, підходить для середніх обсягів навантаження, можуть бути менш ефективними на великій швидкості, принцип роботи заснований на використанні малих роликів, які можуть повертатися навколо осі [8];
- Cross-Belt Sorter – вантажі на такому сортері переміщуються на невеликих рухомих платформах, які скидують вантаж у потрібному напрямку, мають перевагу працювати на високій швидкості та з великою кількістю вантажу;
- Tilt Tray Sorter – вантажі переміщуються у лотках, які нахиляються у потрібний момент, щоб скинути вантаж у відповідний відсік, має високу продуктивність та можливість обробляти великий потік вантажу, підходить для дрібних вантажів;
- Pusher Sorter – сортувальна система, яка вбудовується у конвеєрну систему і відрізняється невеликою продуктивністю і застосовується для твердих і жорстких коробів, пластик-тари [8];
- Air Jet Sorter – використовує струмінь повітря для переміщення пакунків у заданий напрямок, рідко застосовується через обмеження за вагою вантажу, адже може обробляти тільки легкі пакунки.

На рисунку 1.2 представлено приклад сучасної сортувальної системи — Xstream Compact, розробленої компанією NPI. Це обладнання належить до типу Shoe Sorter та відзначається компактними розмірами й модульною конструкцією, що забезпечує гнучкість і можливість масштабування залежно від потреб конкретного бізнесу. Завдяки цьому сортер легко інтегрується в логістичні процеси підприємств різного масштабу.

Система Xstream Compact здатна ефективно обробляти різноманітні типи відправлень. Її пропускна здатність може сягати до 10 000 одиниць за годину, залежно від розмірів і типу посилок, що надходять на обробку. Така продуктивність робить цей сортер доцільним вибором для компаній, які прагнуть підвищити ефективність процесів сортування, зменшити час обробки та оптимізувати логістику загалом.

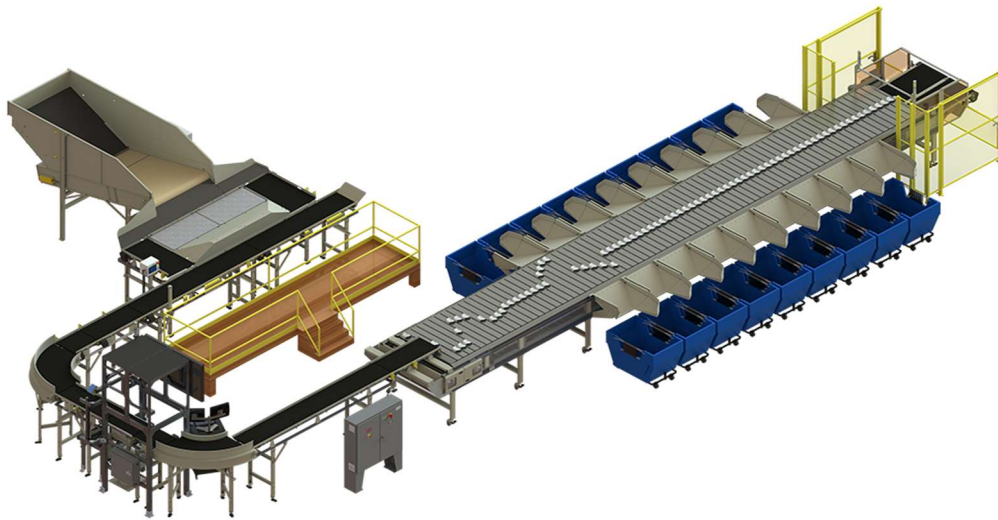


Рисунок 1.2. Сортувальна система Xstream Compact від компанії NPI

Джерело: офіційний сайт компанії NPI [9]

Наступними ми розглянемо роботів. Роботизовані технології та системи на складі застосовуються для переміщення, організації та управління вантажами, вони призначені для оптимізації та автоматизації процесів та, як наслідок, підвищення ефективності, продуктивності та швидкості роботи складу. Сьогодні існує велика кількість таких різноманітних рішень.

Мобільні роботи, до яких належать автоматизовані керовані транспортні засоби (AGV) та автономні мобільні платформи (AMR), використовуються для внутрішнього транспортування вантажів у складських приміщеннях. Завдяки своїй універсальності, такі пристрої здатні ефективно замінити традиційні конвеєрні системи. AGV переміщуються за фіксованими маршрутами, які заздалегідь програмуються, тоді як AMR мають можливість самостійно орієнтуватися у просторі за допомогою складних сенсорних систем та інтелектуального програмного забезпечення. Це робить мобільних роботів особливо корисними для автоматизації процесів обробки матеріалів, переміщення вантажів та оптимізації управління складськими запасами [10].

Роботизовані маніпулятори, або робо-руки – механізм, подібний до людської руки, який використовується для комплектування або розміщення вантажів. Такі роботизовані маніпулятори підвищують швидкість та точність виконання роботи і можуть замінити людей, які працюють над комплектуванням, розвантаженням та підготовкою замовлень.

Тому, роботизовані технології мають багато переваг у процесах сортування. Вони значно зменшують залежність від фізичної праці, забезпечують безперервність сортування, знижують кількість помилок та загалом оптимізують простір складу завдяки своїй мобільності.

Комп'ютерний зір застосовується для високоточного визначення просторового розташування об'єктів, що особливо актуально при роботі з делікатними або нестандартними вантажами. Завдяки цій технології, мобільні роботи набувають здатності ефективно орієнтуватися в навколишньому середовищі, самостійно прокладати оптимальні маршрути та уникати зіткнень із перешкодами. Інтеграція систем комп'ютерного зору у складські процеси сприяє підвищенню точності виконання операцій і забезпечує більшу адаптивність до змінного асортименту товарів [11].

Застосування Штучного Інтелекту (ШІ) у сучасних автоматизованих системах стало незворотною тенденцією розвитку. Використання штучного інтелекту в сучасних логістичних системах дозволяє підвищити ефективність роботи на 25% і скоротити логістичні витрати майже на 31%, що значно перевищує показники традиційних логістичних рішень [12]. Використання штучного інтелекту (AI) значно розширює потенціал автоматизації та вдосконалення логістичних процесів. Завдяки здатності обробляти великі масиви даних, AI дозволяє здійснювати точний прогноз попиту, будувати оптимальні маршрути доставки та надавати аналітичну підтримку для прийняття оперативних управлінських рішень у режимі реального часу [13].

Також варто згадати RFID-технології, їх зараз активно впроваджують у процеси сортування. Якщо порівнювати їх із традиційними штрих-кодами, які потрібно візуально бачити, то RFID-мітки не потребують прямої видимості для зчитування, тому їх можна автоматично і безконтактно відстежувати у режимі реального часу. Під час процесів сортування це значно підвищить точність класифікації вантажу та скоротить час обробки через більшу швидкість зчитування.

RFID-технології та їх застосування у галузі логістики та управлінні ланцюгами поставок забезпечує низку переваг, зокрема, RFID значно

підвищують ефективність обробки й зберігання вантажів, а також дозволяє здійснювати точний контроль над виробничими процесами та діяльністю підприємства загалом. Завдяки автоматичному збору даних у режимі реального часу, RFID-технології сприяє мінімізації ймовірності [14].

Інтернет речей (IoT) дозволяє об'єднати RFID-мітки, сенсори, сканери та сортувальні системи у одну мережу, де всі пристрої взаємодіють у єдиній системі і ефективно обмінюються даними. Це створює середовище, яке здатне швидко адаптовуватися до різних змін у реальному часі, виявляти та усувати збої, і звичайно ж забезпечити прозорість логістичного ланцюга. Завдяки цьому компанії, що використовують такі технології, можуть оперативно справлятися з перенавантаженням сортувальних ліній, перенаправляти потоки вантажів, оптимізувати внутрішні логістичні процеси без необхідності втручання людини, яка б мала за цим усім слідкувати.

Отже, ми розглянули технології, які дозволяють автоматизувати сортувальні процеси на складах. Конвеєрні лінії забезпечують безперервність процесу, сортувальні системи (сортери) дозволяють оперативно розподіляти вантаж за певними заданими напрямками, а роботизовані технології використовуються для переміщення вантажів без участі людини. Комп'ютерний зір допомагає ідентифікувати посилки та вантажі, а RFID-мітки та Інтернет Речей (IoT) дають змогу це робити у реальному часі без затримок. Штучний інтелект допомагає прогнозувати пікові періоди, що допомагає складам швидше реагувати на можливе перенавантаження.

Усі ці технології, якщо їх застосовувати комплексно, допоможуть повністю автоматизувати роботу сортувальних процесів на складі без втручання людини.

Підсумуємо переваги автоматизації сортувальних процесів за допомогою сучасних технологій:

- автоматизовані системи значно швидше можуть виконувати рутинні операції типу приймання до подальшого сортування та відвантаження – це скорочує час виконання замовлень та пришвидшує весь логістичний ланцюг;
- зниження помилок через людський фактор, адже автоматизовані системи працюють за заданими точними алгоритмами;

– хоча первинні інвестиції можуть бути досить великими, проте вони окупаються завдяки зменшенню витрат на персонал, простої через помилки та збої процесу;

– гарантована стабільна продуктивність, адже автоматизованим системам не потрібно відпочивати – вони працюють безперервно, що особливо важливо для великих логістичних комплексів з великим потоком вантажу;

– впровадження автоматизованих систем покращують безпеку для людини, тому що роботизовані системи можуть брати на себе важку фізичну роботу, знижуючи ризики щодо здоров'я працівників.

Попри численні переваги повної автоматизації сортувальних процесів, логістичним компаніям також важливо враховувати недоліки та обмеження, які може нести за собою впровадження таких систем. І, щоб почати роботу над автоматизацією, потрібно провести глибокий аналіз таких аспектів:

1. Автоматизовані системи потребують високих початкових витрат, а потім на підтримку та обслуговування [15].

2. Процес автоматизації вимагає детального проектування, тестування та інтеграції з існуючими системами, помилки на етапі впровадження можуть призвести до збоїв у подальшій роботі.

3. Автоматизовані системи та їх безперебійна робота – вони залежать від електроенергії, з якою через війну можуть бути проблеми. Тому для вітчизняних компаній це може стати викликом.

4. Таке обладнання потребує не тільки великих інвестицій, а й регулярне обслуговування після впровадження, що може спровокувати додаткові витрати на ремонт та персонал.

5. Автоматизація призводить до скорочення робочих місць, так як головна ідея – це буквально заміна ручної праці людей. Такі оновлення в роботі складу можуть викликати опір зі сторони персоналу.

Таким чином, значні переваги, які ми вже розглядали, існує і низка викликів, які потрібно враховувати перед впровадженням автоматизованих

систем. Високі витрати, технічна складність впровадження та можливий опір від персоналу потребують детального планування та аналізу доцільності.

1.2. Методичні підходи до оцінки ефективності автоматизованих процесів сортування

Глобалізація провокує підприємства зосередити свою увагу на максимальному задоволенні потреб клієнтів і формуванні надійного ланцюга постачання як ключового елемента збереження конкурентних позицій на ринку. Щоб підвищити ефективність функціонування логістичної мережі, компанії мають забезпечувати високий рівень якості обслуговування – оперативність, точність та результативність доставки, що дозволяє гарантувати своєчасне постачання продукції кінцевим споживачам [16]. Сучасні логістичні компанії все більше звертають увагу на автоматизацію своїх складських процесів, зокрема процесів сортування. Автоматизовані системи дають змогу підвищити пропускну здатність та продуктивність, вони зменшують час обробки та частоту помилок, що в свою чергу впливає на підвищення якості логістичних послуг. Важливо проводити оцінку та використовувати чіткі методичні підходи до аналізу доцільності та результативності таких технологій.

У контексті логістики поняття «ефективність» ми можемо визначити як таке, що означає досягнення максимального результату при оптимальному використанні ресурсів, тобто це співвідношення отриманого результату і задіяних при цьому ресурсів. Також, варто зазначити, що оцінити ефективність можна не тільки через призму фінансів, а й з технічної, організаційної сторони та часових витрат.

Для оцінки ефективності автоматизованих сортувальних процесів важливо визначити основні ключові показники ефективності (KPI). KPI (Key Performance Indicators, ключові показники ефективності) – інструмент вимірювання успішності досягнення стратегічних і оперативних цілей як на рівні компанії загалом, так і окремих її підрозділів чи співробітників [17]. Визначення KPI

дозволить об'єктивно оцінити та відслідковувати зміни, вимірювати, аналізувати та оптимізувати сортувальні процеси.

Дослідники приділяють більше уваги питанню постановки ключових показників ефективності роботи складу в цілому, ніж для його окремих процесів. У роботах [18, 19] досліджуються різні функції складського господарства на предмет визначення ключових показників ефективності (продуктивності). Автори виділяють декілька важливих показників, які ми можемо адаптувати для оцінки автоматизованих сортувальних процесів. Автор у роботі [18] досліджує пріоритизацію ключових показників ефективності і у висновку одним з головних називає пропуску здатність, а у дослідженні [19] виділяються показники продуктивності та часу обробки, точність сортування та рівень помилок. До табл. 1.3 зведемо основні показники ефективності для автоматизованих сортувальних процесів.

Таблиця 1.3 – Ключові показники ефективності (KPI) для автоматизованих сортувальних процесів

Показник 1	Розрахунок 2	Пояснення 3
Швидкість сортування	Кількість оброблених одиниць/одиницю часу.	Визначає продуктивність сортувальної системи, тобто скільки посилок чи вантажів система здатна обробити за години або зміну.
Рівень точності сортування	(Кількість правильно відсортованих одиниць/Загальна кількість одиниць)*100%.	Відображає ефективність та точність сортування без помилок. Високий рівень показника – ключ до задоволеності клієнтів.
Час циклу обробки	Середній час від приймання одиниці до завершення її сортування.	Дає змогу оцінити оперативність процесу сортування: чим менший показник – тим вище рівень ефективності.
Рівень використання потужностей	(Фактичне навантаження / Максимальна потужність) * 100%.	Дозволяє зрозуміти, наскільки ефективно використовується технічна інфраструктура без надмірного навантаження.
Рівень помилок	Кількість помилок на 1000 відправлень.	Дає змогу відслідковувати частоту помилок при сортуванні – важливо для контролю якості.
Рівень простоїв системи	(Час простою / Загальний робочий час)*100%.	Показує технічну надійність сортувального обладнання; високе значення – індикатор необхідності сервісного втручання.

Продовження таблиці 1.3

1	2	3
Кількість перенаправлень або повторного сортування	Абсолютне число або частка від загального обсягу.	Відображає кількість одиниць, які були помилково направлені та вимагали повторного сортування.
Енергоспоживання на одиницю сортування	Загальне енергоспоживання / Кількість відправлень.	Оцінка енергоефективності автоматизованої системи.
Вартість сортування одиниці вантажу	Загальні витрати на сортування / Кількість оброблених одиниць	Дає уявлення про економічну ефективність сортувального процесу.
Рівень автоматизації	(Кількість операцій, виконуваних автоматично / Загальна кількість операцій) * 100%	Характеризує ступінь впровадження автоматизації у сортувальних процесах.
Рівень задоволеності клієнтів (CSAT)	Опитування або анкети після отримання відправлення.	Опосередкований показник, що свідчить про ефективність сортування з погляду клієнтів.

Джерело: складено автором на основі [18, 19]

Такий підхід до оцінки можна назвати комплексним, адже він охоплює економічні, технічні та організаційні аспекти. Представлені ключові показники ефективності (KPI) дозволяють всебічно оцінити якість, продуктивність, стабільність та економічність роботи автоматизованих сортувальних систем.

Кожен KPI виконує окрему функцію. Наприклад, швидкість сортування характеризує здатність системи обробляти визначену кількість одиниць продукції в одиницю часу, що є критично важливим при високих навантаженнях і пікових періодах. Рівень точності сортування відображає якість роботи обладнання та програмного забезпечення – помилки на цьому етапі призводять до подальших логістичних ускладнень, затримок і зростання витрат на коригування.

Такі показники, як час циклу обробки і частота повторного сортування, допомагають оцінити внутрішню організацію процесів – наскільки злагоджено і безперервно виконується обробка вантажів, які етапи створюють затримки та чи необхідне втручання персоналу. Рівень використання потужностей демонструє ступінь завантаження сортувальної системи, а його відхилення у бік недовантаження або перевантаження можуть свідчити про неефективне планування або ризики зносу обладнання.

Також доцільним є використання показників простоїв, технічної доступності та вартості обробки одиниці вантажу, що дозволяє відстежувати

технічний стан автоматизованих систем, аналізувати ефективність капіталовкладень та планувати модернізації. У сукупності ці КРІ забезпечують комплексне бачення стану сортувальної інфраструктури та слугують базою для прогнозування і стратегічного планування розвитку логістичних потужностей.

Таким чином, КРІ автоматизованих процесів сортування виконують роль стратегічного та тактичного інструменту управління логістичною ефективністю, дозволяючи логістичним операторам досягати вищих стандартів обслуговування, знижувати витрати, скорочувати час циклу доставки та підвищувати конкурентоспроможність на ринку.

Тепер розглянемо економічний підхід, який зосереджений на фінансовій складовій автоматизації. Економічний підхід до оцінки ефективності автоматизованих процесів сортування ґрунтується на аналізі співвідношення витрат і результатів (вигод), які отримує підприємство від впровадження або функціонування таких систем. Його основна мета – з'ясувати, наскільки автоматизація сприяє зменшенню витрат, підвищенню продуктивності, скороченню часу обробки та загальному економічному зиску підприємства.

Аналіз витрат і вигод (СВА) є важливим для оцінки доцільності та цінності інвестицій в нові системи сортування. Кількісно оцінюючи фінансові наслідки та вигоди від впровадження інноваційних рішень, особи, що приймають рішення, можуть зробити обґрунтований вибір щодо розподілу ресурсів та модернізації системи [19].

Цей аналіз враховує такі фактори, як зниження витрат на оплату праці, підвищення продуктивності та економія енергії, пов'язана з автоматизованою обробкою відправлень. Основною метою аналізу витрат і вигод є встановлення фінансового обґрунтування запропонованої зміни виробництва. Це включає ретельний аналіз як початкових інвестиційних витрат, так і поточних операційних витрат, пов'язаних зі зміною [19]. Фактори, які слід враховувати під час СВА-аналізу наведені у табл. 1.4.

Таблиця 1.4. Фактори СВА-аналізу впровадження автоматизації сортувальних процесів

Фактор	Опис	Метод розрахунку
Початкові інвестиції	Початкові витрати на впровадження системи	Загальні витрати на придбання та інтеграцію системи
Експлуатаційні витрати	Поточні витрати на функціонування системи	Щомісячні/річні експлуатаційні витрати
Підвищення ефективності	Покращення швидкості та точності сортування	Збільшення кількості посилок, оброблених за годину
ROI	Загальна фінансова вигода від системи	Розрахунок прибутковості порівняно з інвестиціями

Джерело: [19]

Порівнюючи та протиставляючи витрати та вигоди різних альтернатив зміни виробництва, компанії можуть визначити найефективніший та економічніший підхід, який відповідає їхнім конкретним цілям та обмеженим ресурсам. Зрештою, добре виконаний СВА дає організаціям змогу приймати рішення на основі даних, мінімізувати ризики та максимізувати рентабельність інвестицій, що сприяє довгостроковій стійкості та конкурентоспроможності у галузі [19].

У цьому аналізі використовується показник рентабельності інвестицій. ROI (Return on Investment) - показник оцінки ефективності інвестицій, який дозволяє оцінити відношення прибутку до витрат на реалізацію заходів [20]. Розрахувати його можна за формулою (1.1):

$$ROI = \frac{\text{Прибуток від інвестицій}}{\text{Вартість інвестицій}} \quad (1.1)$$

Розрахунок показника простий та допомагає інвестору вирішити чи скористатися інвестиційною можливістю. Розрахунок також може бути показником того, як інвестиція працює. Тобто, коли показник негативний чи позитивний – це може бути важливим аспектом щодо вартості інвестицій, і тоді можна спробувати оптимізувати їх.

Головними економічними критеріями при оптимізації логістичних процесів виступають витрати та прибуток. Одним із найбільш результативних інструментів для виявлення резервів зниження собівартості продукції є

функціонально-вартісний аналіз (ФВА), який дозволяє детально оцінити витрати на окремі функції та визначити шляхи оптимізації [22].

Функціонально-вартісний аналіз являє собою всебічне системне дослідження діяльності підприємства та його окремих складових: технічних, технологічних, маркетингових, фінансових, збутових підрозділів, а також управлінських функцій. Основна мета цього аналізу – оцінити ефективність використання витрат на виконання кожної з функцій, виявити нераціональні або зайві витрати, визначити внутрішні резерви підприємства та розробити заходи для підвищення ефективності роботи і збільшення прибутку [22].

На відміну від вже згаданого СВА-аналізу, який орієнтований на визначення виправданості проєкту чи впроваджуваного рішення з точки зору прибутковості, то ФВА-аналіз дозволить оптимізувати співвідношення між функцією й вартістю. Функціонально-вартісний аналіз дасть уявлення про те, наприклад, що деякі дорогі компоненти автоматизованих систем можна замінити на дешевші без втрати продуктивності, що знизить загальні витрати на модернізацію. Тобто СВА-аналіз можна використати для оцінки загальної доцільності, а ФВА-аналіз – для оптимізації рішення.

Далі ми розглянемо техніко-технологічний підхід, який орієнтований на технічні характеристики сортувальних систем. Такий підхід фокусується на кількісних показниках, що характеризують функціонування обладнання та технологічних процесів сортування.

Головна мета – оцінити, наскільки ефективно автоматизовані системи сортування виконують свої функції з технічної точки зору та чи відповідають вони вимогам підприємства.

Продуктивність можна назвати загальним показником, який відображає, наскільки ефективно використовуються ресурси, такі як: праця, капітал, сировина, енергія, земля й інформація у процесі створення товарів і надання послуг. Показник демонструє співвідношення між обсягом і якістю виробленої продукції та витраченими на це ресурсами, крім того, дає змогу порівняти результати виробничої діяльності на різних рівнях економіки – від окремого підприємства до галузі або держави в цілому [23].

Розрахунок точності сортування покаже відсоток товарів, які були правильно відсортовані згідно із заданими критеріями (наприклад, за напрямом доставки або категорією товару) від їх загальної кількості за певний період. Висока точність сортування системою зменшує кількість посилок, повторної обробки та витрат на коригування, а також знижує ризик затримок доставки та повернення товарів.

Занесемо основні показники техніко-технологічного підходу до оцінювання ефективності автоматизованих процесів сортування до табл. 1.5.

Таблиця 1.5 – Показники ефективності за техніко-технологічним підходом

Показник	Метод розрахунку	Пояснення
Продуктивність	$P = \frac{Q}{T} \quad (1.2)$ де: P – продуктивність, Q – кількість оброблених одиниць системою, T – час, який був витрачений на обробку.	Показник демонструє кількість одиниць товару, які система здатна обробити за певний період часу, є продуктивність.
Точність сортування	$A = \left(\frac{N_{\text{correct}}}{N_{\text{total}}} \right) * 100\% \quad (1.3)$ де: A – показник точності сортування, N_{correct} – кількість правильно відсортованих одиниць, N_{total} – загальна кількість відсортованих одиниць.	Показує відсоток товарів, які були правильно відсортовані згідно із заданими критеріями (наприклад, за напрямом доставки або категорією товару).

Джерело: складено автором

Також при техніко-технологічній оцінці можна визначити надійність автоматизованих систем, тобто вимір кількості збоїв, відмов, тривалість простоїв системи або ж середній час між відмовами (Mean time between failure, MTBF).

Середній наробіток між відмовами (MTBF) – це міра надійності системи або компонента. Це вирішальний елемент управління технічним обслуговуванням, який відображає середній час роботи системи або компонента до виходу з ладу. Формула MTBF часто використовується в контексті ремонтпридатності промислових або електричних систем, де відмова компонента може призвести до значного простою або навіть ризиків для безпеки. MTBF розраховується шляхом ділення загального часу роботи на кількість

відмов, що трапляються протягом цього часу. Результатом є середнє значення, яке можна використовувати для оцінки очікуваного терміну служби системи або компонента [24].

Умови навколишнього середовища, методи технічного обслуговування та моделі використання можуть впливати на надійність системи або компонента, тому критично важливо використовувати MTBF як один з багатьох інструментів для отримання детальнішої інформації про загальний стан системи або компонента. Визначення MTBF дає нам корисну метрику кількості збоїв з часом, але не пояснює, чому виникають проблеми [24].

Гнучкість технологій – якісна характеристика, яка означає здатність сортувальної системи адаптуватися до різних змінних: упаковка, форма вантажу, зміна обсягів обробки.

В умовах сталого розвитку також варто враховувати і аспект споживання енергії автоматизованими системами, зокрема оцінити співвідношення між кількістю спожитої енергії та кількістю оброблених одиниць.

Загалом у техніко-технологічному підході можна використовувати різні методи, які дозволяють виявляти технічні недоліки, низьку продуктивність окремих елементів та визначати можливості до її оптимізації.

Імітаційно-моделювальні підходи до оцінки ефективності автоматизованих сортувальних процесів передбачають використання комп'ютерних моделей для відтворення реальних логістичних операцій, що відбуваються на складі. Завдяки таким технологіям імітації не потрібно втручатися у реальну виробничу діяльність. Вони дають можливість моделювати різні варіанти розвитку подій та оцінювати їх вплив на ефективність системи, ідентифікувати «вузькі місця» процесів, які обмежують загальну продуктивність, а також визначати найкращий розподіл ресурсів для досягнення максимального результату.

Сучасні компанії активно впроваджують концепцію цифрових двійників. Цифровий двійник є віртуальним представленням фізичного об'єкта або системи, яке постійно оновлюється на основі даних у реальному часі (IoT) і використовує машинне навчання для допомоги в прийнятті рішень [25]. Цифрові двійники автоматизованих систем беруть дані зі сканерів, RFID-міток, системи

управління складом, що дозволяє відтворити віртуальну модель з повною точністю. Такий двійник використовується не тільки для прогнозування, а й для оперативного управління, виявлення відхилень і запобігання збоям у роботі. Їх застосування дозволяє перевірити ефективність сортувальних алгоритмів, протестувати різні конфігурації обладнання або визначити оптимальні сценарії завантаження у пікові періоди.

Імітаційно-моделювальні методи є важливими інструментами оцінки ефективності автоматизованих сортувальних процесів. Вони дають змогу всебічно врахувати різноманітні фактори під час прийняття управлінських рішень, і вони виступають одним з найефективніших інструментів для аналізу складних систем і процесів

Отже, кожен з підходів має свою специфіку, методи які використовуються та показники, які дозволяють виділити слабкі місця та загалом оцінити ефективність автоматизованих сортувальних процесів. Оцінювання ефективності є важливою складовою стратегічного управління логістичними процесами у компаніях, що допомагає приймати раціональні рішення оптимізації логістичної діяльності.

Висновки до розділу 1

Автоматизація сортувальних процесів є одним з ключових елементів підвищення ефективності складу у логістичних системах: збільшення точності процесів, зменшення витрат часу та зниження рівня помилок – все це забезпечують сучасні технології. Серед найбільш використовуваних сучасними компаніями елементів автоматизації на складі є: конвеєрні та сортувальні системи, Інтернет Речей (IoT) та RFID-мітки, роботизовані технології, системи комп'ютерного зору та Штучний інтелект. Вони збільшують гнучкість процесів, зменшують витрати на оплату праці, дозволяють оптимально використовувати ресурси та приймати рішення. Зараз всі ці технології можна назвати невід'ємною складовою сучасної компанії, яка хоче залишатися конкурентоспроможною на ринку та збільшувати прихильність клієнтів до себе.

Застосування економічного, техніко-технологічного, імітаційно-моделювального підходів до оцінки ефективності автоматизованих процесів сортування є гарним інструментом для оптимізації даних процесів на складі. Кожен з підходів має певні методи та показники, які слід використовувати при аналізі та оцінці ефективності. Особливе значення потрібно надати для визначення ключових показників ефективності (КПІ) автоматизації сортувальних процесів, які дозволяють оцінити результативність за критеріями продуктивності, точності та часових характеристик.

Отже, можна зробити висновок, що впровадження автоматизації у сортувальні процеси є доцільним та необхідним кроком для компаній, що хочуть досягти високого рівня конкурентоспроможності та тримати стабільність якості логістичних послуг.

2 АНАЛІЗ СТАНУ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ СОРТУВАННЯ У ТОВ «НОВА ПОШТА»

2.1. Організаційно-економічна характеристика діяльності ТОВ «Нова Пошта»

ТОВ «Нова Пошта» – українська приватна логістична компанія, яка спеціалізується на експрес-доставці. Компанія є лідером на ринку поштових послуг України, входить до групи компаній NOVA.

Створена 19 січня 2001 року у Полтаві В'ячеславом Климовим і Володимиром Поперешнюком, які є кінцевими бенефіціарними власниками компанії із частками статутного капіталу по 50% кожен. Правова форма організації – Товариство з обмеженою відповідальністю. Компанія зареєстрована за адресою: 03026, Україна, місто Київ, Столичне шосе, будинок 103. Код ЄДРПОУ – 31316718. Розмір статутного капіталу складає 4 654 075 гривень [27].

Основним видом діяльності за КВЕД є: 52.29 Інша допоміжна діяльність у сфері транспорту, також компанія налічує ще понад 20 інших видів діяльності.

ТОВ «Нова Пошта» надає повний спектр логістичних послуг для приватних клієнтів та бізнесу. Для приватних осіб компанія пропонує доставку по Україні (відправка документів, посилок та вантажів вагою до 1000 кілограм, кур'єрська доставка «від дверей до дверей») та міжнародну доставку до США, Канади, Китаю, 25 держав Європи та інших країн. Для бізнесу компанія має рішення у сфері електронної комерції, B2B та вантажних перевезень, надає фулфілмент послуги і також можливість митного оформлення. Додатковими послугами можна виокремити: пакування, SMS-інформування, відслідковування вантажу через власний Мобільний додаток та страхування.

Компанія має велику мережу відділень та поштоматів – це дозволяє надавати свої послуги по всій території України: від великих міст до сел та селищ. Станом на початок 2025 року «Нова Пошта» налічує 13 331 відділення та 24 002 поштомати, більшість яких розташовується у середині приміщень та

житлових будинків, та менша кількість на вулицях. Динаміку зміни кількості об'єктів видачі ми можемо побачити на рис. 2.1.

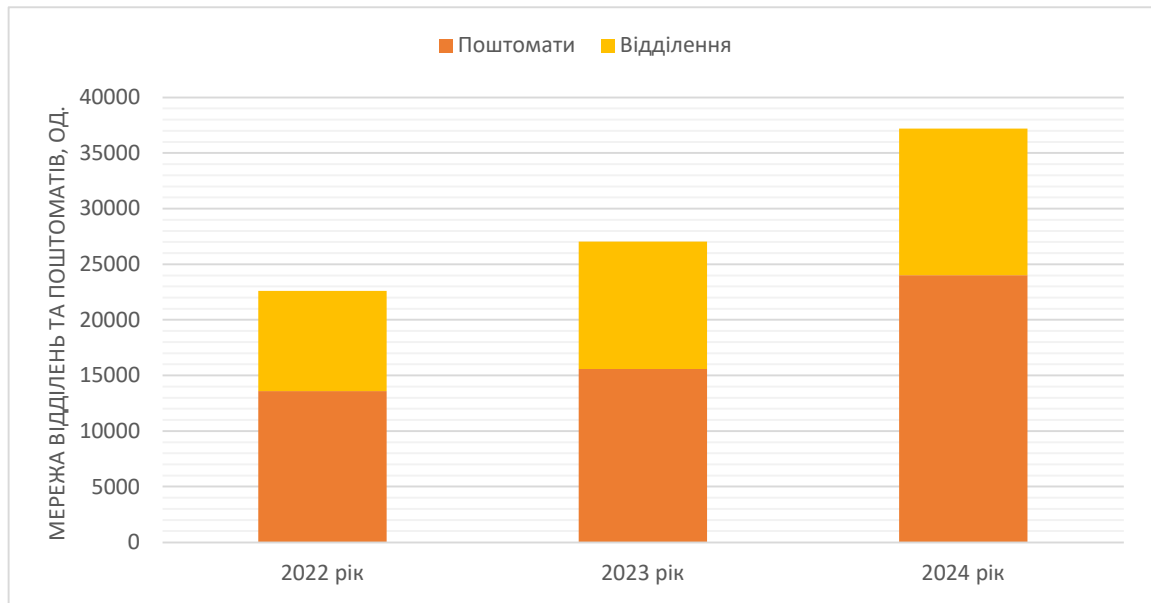


Рисунок 2.1. Мережа відділень та поштоматів ТОВ «Нова Пошта» протягом 2022-2024 рр.

Джерело: складено автором на основі [28]

Протягом останнього року компанія виділила 1,8 млрд гривень та суттєво розширила свою мережу відділень і поштоматів в Україні – кількість точок обслуговування зросла більш ніж на 10 000 і наразі становить 37 333. У 2024 році було відкрито 1 748 нових відділень та встановлено 8 412 поштоматів. Зараз відділення та поштомати «Нової Пошти» знаходяться у понад 10 000 населених пунктах України, компанія активно розвиває мережу та робить все, щоб їх послуги стали доступними у кожному куточку України, навіть у прифронтових регіонах, де ведуться регулярні обстріли.

«Нова Пошта» активно відкриває для себе міжнародний ринок. Починаючи з 2014 року, вони поширюють свою мережу і закордоном: перше відділення було відкрито у Молдові. У 2023–2024 роках компанія активізувала експансію на європейському ринку, розширивши свою присутність у Європі і вже працює в 16 країнах: Молдова, Польща, Литва, Чехія, Румунія, Німеччина, Словаччина, Естонія, Латвія, Угорщина, Італія, Іспанія, Франція, Велика Британія, Нідерланди та Австрія, у якій змінила модель роботи та почала працювати тільки з адресним обслуговуванням, без відкриття власних відділень [28]. Це свідчить про активне

розростання бізнесу та експансію на міжнародний ринок, що дозволяє «Новій Пошті» зміцнювати свій бренд не тільки на території України, а й за її межами.

Своїми стратегічними векторами розвитку «Нова Пошта» називає швидкість, доступність, абсолютну якість та гуманітарну діяльність. Одним з ключових напрямів логістичної стратегії компанії є масштабування автоматизованих процесів сортування. Це пов'язано з необхідністю забезпечити стабільну швидкість обробки великого обсягу відправлень, особливо в періоди пікового навантаження. Це критично важливо в умовах високої конкуренції, де навіть незначні затримки можуть призвести до втрати клієнтів. Завдяки автоматизованим технологіям, «Нова Пошта» підтримує стандарти швидкої доставки за 24 години для більшості внутрішніх маршрутів.

Компанія активно інвестує кошти у створення сучасних сортувальних терміналів, де використовуються автоматизовані технології сортування. У 2018 році «Нова Пошта» відкрила першу чергу Київського інноваційного терміналу (KIT), він став першим у новітній сортувальній інфраструктурі компанії, другу чергу запустили у 2022 році. У 2019 році було відкрито Хмельницький інноваційний термінал (ХІТ) з пропускною спроможністю у 14 тисяч відправлень за годину, третім став Львівський інноваційний термінал (ЛЕО), який здатний обробляти 15 тисяч посилок на годину. Зараз такі термінали розташовані у багатьох містах України: Дніпро, Запоріжжя, Харків. Також триває будівництво інноваційних терміналів у Києві та Одесі. Загалом компанія має 110 сортувальних терміналів та депо.

Ефективне функціонування будь-якого сучасного підприємства значною мірою залежить від раціонально побудованої організаційної структури управління. «Нова Пошта» є великою логістичною компанією, що має понад 35 тисяч робітників та надає послуги мільйонам клієнтів щодня – тому для такої компанії важлива гарно побудована організаційна структура.

Організаційна структура «Нової пошти» спрямована на забезпечення злагодженої взаємодії всіх підрозділів, чіткого розподілу функцій, швидкого прийняття управлінських рішень і ефективного виконання стратегічних цілей. Нижче на рис. 2.2, ми бачимо схему організаційної структури компанії.

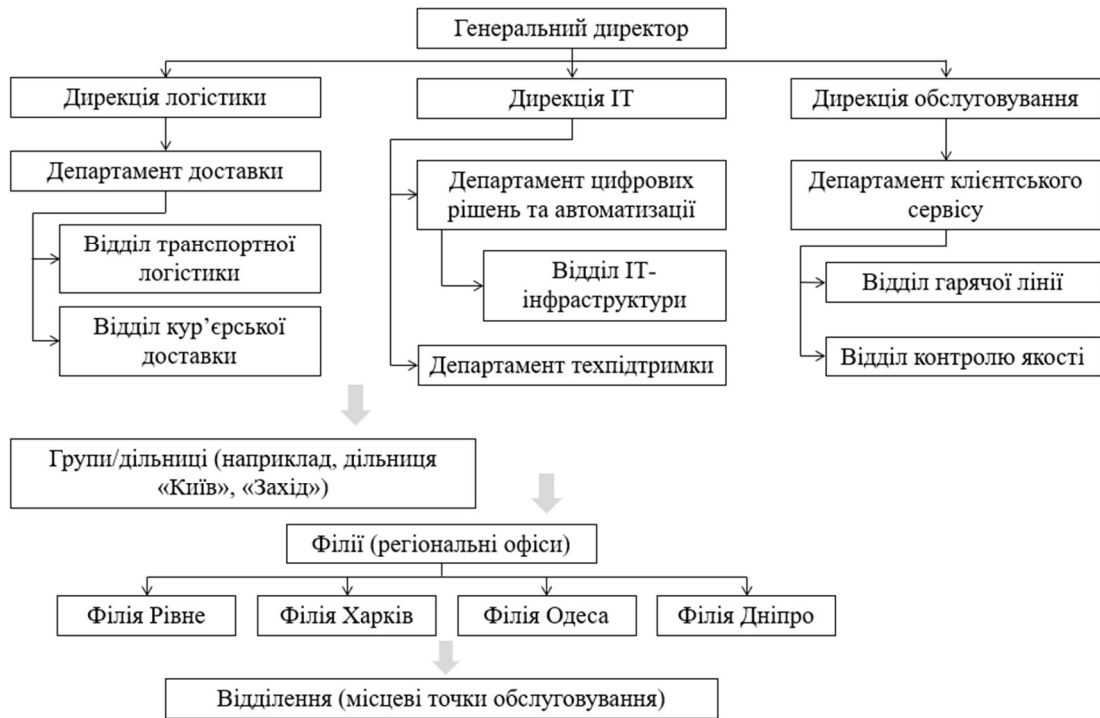


Рисунок 2.2 – Організаційна структура ТОВ «Нова пошта»

Джерело: складено автором на основі [29]

На чолі компанії стоїть Генеральний директор, який здійснює загальне стратегічне керівництво діяльністю підприємства, приймає ключові рішення та координує роботу всіх дирекцій. Йому підпорядковуються функціональні дирекції, департаменти, а також регіональні філії.

Дирекція, згідно зі Звітом про управління компанії [29], створюється тоді, коли до її складу входить щонайменше один департамент та один відділ, який не входить у цей департамент. Це забезпечує ширшу функціональну охопленість та ефективне управління.

Департаменти є структурною одиницею, що охоплює дві або більше логістичних або функціональних задач. До складу департаментів входять кілька відділів, які відповідають за вузько спеціалізовані напрями. Наприклад, одним з зображених на схемі департаментів є Департамент доставки, він включає у себе відділ кур'єрської доставки та транспортної логістики.

Відділ є базовим елементом структури та виконує одну конкретну функцію. Кожен відділ складається з фахівців, які реалізують відповідні завдання в межах своєї компетенції. Наприклад, відділ кур'єрської доставки планує та координує роботу кур'єрів.

У межах великих відділів можуть створюватися дільниці та групи. Групи – структурні одиниці з вузькою спеціалізацією, ніж відділ (наприклад, група обробки великогабаритних відправлень; а дільниці формуються за територіальним принципом.

Регіональні представництва компанії, що діють поза головним офісом компанії, називаються філіями. Вони координують роботу відділень, контролюють виконання операційних процесів і забезпечують дотримання стандартів обслуговування.

Відділення є кінцевою точкою обслуговування клієнтів, якій підпорядковуються працівники, що здійснюють: прийом та видачу посилок та комунікацію з клієнтами. Відділення є основною ланкою зв'язку між клієнтами і всією логістичною системою компанії.

Організаційна структура ТОВ «Нова пошта» поєднує функціональний підхід та територіальний, забезпечуючи баланс між централізованим управлінням і локальною автономією.

Департамент логістики є ключовим елементом операційної діяльності ТОВ «Нова Пошта». Його основне завдання – забезпечення ефективного, своєчасного та безперебійного переміщення поштових і вантажних відправлень у межах логістичного ланцюга: від моменту прийому посилки до її доставки одержувачу. Цей підрозділ виконує центральну функцію у побудові сервісу компанії, безпосередньо впливає на якість обслуговування, задоволеність клієнтів, собівартість послуг і конкурентоспроможність на ринку.

Основними функціями департаменту логістики у компанії є:

- організація транспортних перевезень: планування міжміських та регіональних перевезень, управління автопарком (власним та залученим), моніторинг завантаження транспорту, контроль витрат пального;
- координація сортувальних процесів: забезпечення функціонування сортувальних терміналів, автоматизація сортування посилок, забезпечення дотримання термінів обробки та відправлення;

- розробка маршрутів: побудова ефективних логістичних маршрутів, використання цифрових інструментів для оптимізації напрямів руху, управління доставкою у форматі «останньої милі»;
- моніторинг та аналітика: аналіз логістичних потоків, відстеження KPI (час доставки, затрати тощо), впровадження рішень для підвищення ефективності;
- співпраця з філіями та відділеннями: надання допомоги регіональним логістичним підрозділам, контроль виконання стандартів на місцях, участь у запусках нових логістичних напрямів;
- впровадження інновацій та цифрових рішень: автоматизація обробки даних, цифрове відстеження вантажів, робота з логістичними платформами та трекінг-системами.

У ТОВ «Нова пошта» департамент логістики включає у себе кілька вузких підрозділів: відділ кур'єрської доставки відповідає за кур'єрську логістику, облік доставлених посилок до клієнтів, роботу з маршрутами; відділ транспортної логістики управляє парком вантажівок, контрактами з перевізниками, ремонтом та обслуговуванням транспортних засобів; відділ сортування працює на терміналах, контролює якість сортування та швидкість проходження вантажів.

Переваги такої логістичної моделі управління зведемо до табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Переваги логістичної моделі ТОВ «Нова пошта»

Переваги	Пояснення
Уніфікація процесів	Стандарти для всієї мережі філій та відділень
Контроль ефективності	Моніторинг KPI та швидке реагування на проблеми
Оптимізація витрат	Узгоджене планування дозволяє економити ресурси
Масштабованість	Можливість швидко масштабувати операції на нові регіони

Джерело: складено автором

Попри наведені переваги, існують і недоліки, серед яких можна назвати повільне реагування на локальні виклики, тобто погодні умови та локальні свята, а також існує ризик перенавантаження аналітичних та управлінських відділів.

Департамент логістики ТОВ «Нова Пошта» є ядром операційної системи компанії, без якого її щоденна діяльність була б неможливою. Його робота впливає не лише на виконання логістичних завдань, а й на якість сервісу, фінансові результати та конкурентну позицію компанії на ринку.

Аналіз фінансових показників передбачає зосередження на оцінці фінансового стану підприємства та результатів його діяльності, де використовують спеціальні методи та аналітичні інструменти. Основним джерелом інформації при проведенні такого аналізу є звітність, яка відображає майнове становище та фінансову стійкість компанії [30].

Баланс (Звіт про фінансовий стан) компанії «Нова Пошта» за останні 3 роки наведено у Додатку А, Б; Звіт про фінансові результати (Звіт про сукупний дохід) знаходиться у Додатку В.

Для оцінки змін у структурі та обсязі активів підприємства за 2022-2024 роки було проведено горизонтальний аналіз активів (табл. 2.2). Це дозволить виявити тенденції зростання або зменшення окремих статей активів, а також оцінити динаміку загальних ресурсів компанії.

Таблиця 2.2 – Горизонтальний аналіз активів ТОВ «Нова Пошта» за 2022-2023 роки:

Показник	2022 рік, тис. грн	2023 рік, тис. грн	2024 рік, тис. грн	Абсолютний приріст, тис.грн		Відносний приріст, %	
				2023/2022	2024/2023	2023/ 2022	2024/ 2023
Нематеріальні активи	76 808,00	63 849,00	78 381,00	-12 959,00	14 532,00	- 16,9	22,8
Основні засоби	6 840 742,00	9 327 238,00	14 063 881,00	2 486 496,00	4 736 643,00	36,3	50,8
НЕОБОРОТНІ АКТИВИ	12 319 191,00	18 769 254,00	24 429 066,00	6 450 063,00	5 659 812,00	52,4	30,2
Дебіторська заборгованість за продукцію, товари, роботи, послуги	968 844,00	1 138 305,00	1 640 041,00	169 461,00	501 736,00	17,5	44,1
Дебіторська заборгованість за розрахунками: за виданими авансами	146 103,00	160 436,00	191 580,00	14 333,00	31 144,00	9,8	19,4
Гроші та їх еквіваленти	673 522,00	1 079 267,00	2 659 570,00	405 745,00	1 580 303,00	60,2	146,4
ОБОРОТНІ АКТИВИ	3 435 729,00	4 332 452,00	7 037 517,00	896 723,00	2 705 065,00	26,1	62,4
БАЛАНС	15 754 920,00	23 101 706,00	31 466 583,00	7 346 786,00	8 364 877,00	46,6	36,2

Джерело: складено на основі [31]

За останні три роки діяльності компанії «Нова Пошта», активи підприємства демонструють суттєве зростання як необоротних, так і оборотних активів. Загальний баланс збільшився з 15,75 млрд гривень у 2022 році до 31,47 млрд гривень у 2024 році, що свідчить про значне розширення майнового потенціалу підприємства.

Необоротні активи зросли більш ніж у 2 рази, при цьому найбільше зростання спостерігається у статті основних засобів, що свідчить про активне оновлення або розширення основних фондів.

Оборотні активи також мають значне збільшення, особливо за рахунок грошових коштів та їх еквівалентів, які зросли більш ніж удвічі у 2023 році і майже втричі у 2024 році.

Для наочного відображення змін у структурі активів підприємства за 2022-2024 рр. наведено графік динаміки основних показників (рис.2.3), який ілюструє темпи зростання оборотних та необоротних активів і загального балансу.

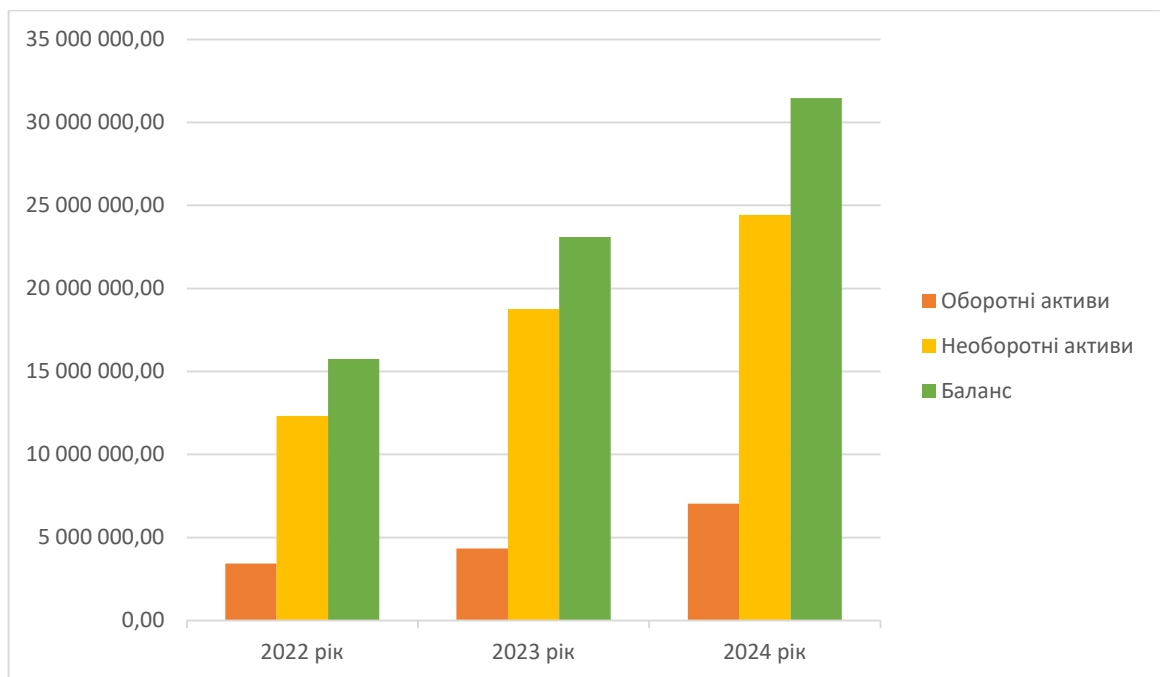


Рисунок 2.3. Динаміка зміни активів ТОВ «Нова Пошта»

Джерело: складено автором

Також важливо оцінити не лише дослідити склад і динаміку активів, а й проаналізувати джерела їх фінансування, що дозволить визначити за рахунок яких коштів, власних чи залучених, формується майно компанії (рис. 2.4).

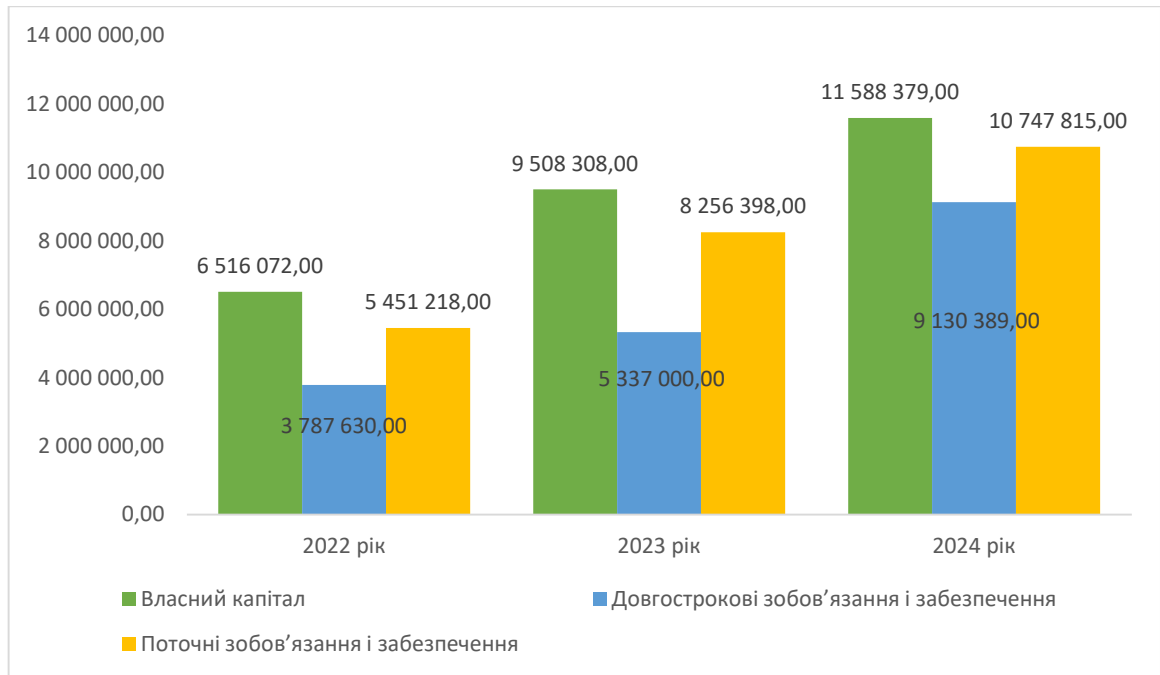


Рисунок 2.4. Динаміка джерел фінансування ТОВ «Нова Пошта» за 2022-2024 рр.

Джерело: складено автором

Найбільший приріст у 2023 році продемонстрував власний капітал (на 46%), що свідчить про зміцнення фінансової самостійності підприємства, у 2024 році зростання сповільнилося (22%), але залишилося позитивним.

Особливо динамічне зростання спостерігається у довгострокових зобов'язаннях і забезпеченнях, у 2024 році – на 71%, що свідчить про активне залучення інвестицій або кредитів на тривалий період для розвитку підприємства.

Поточні зобов'язання і забезпечення також помітно зросли: на 52% у 2023 році та у 2024 році – на 30%. Це вказує на збільшення короткострокових фінансових операцій.

Особливу увагу слід приділити чистому доходу від реалізації послуг, що демонструє рівень виручки, отриманої від основної діяльності, та чистий фінансовий результат (прибуток), який характеризує кінцеву ефективність управлінських рішень і використання ресурсів (рис.2.5).

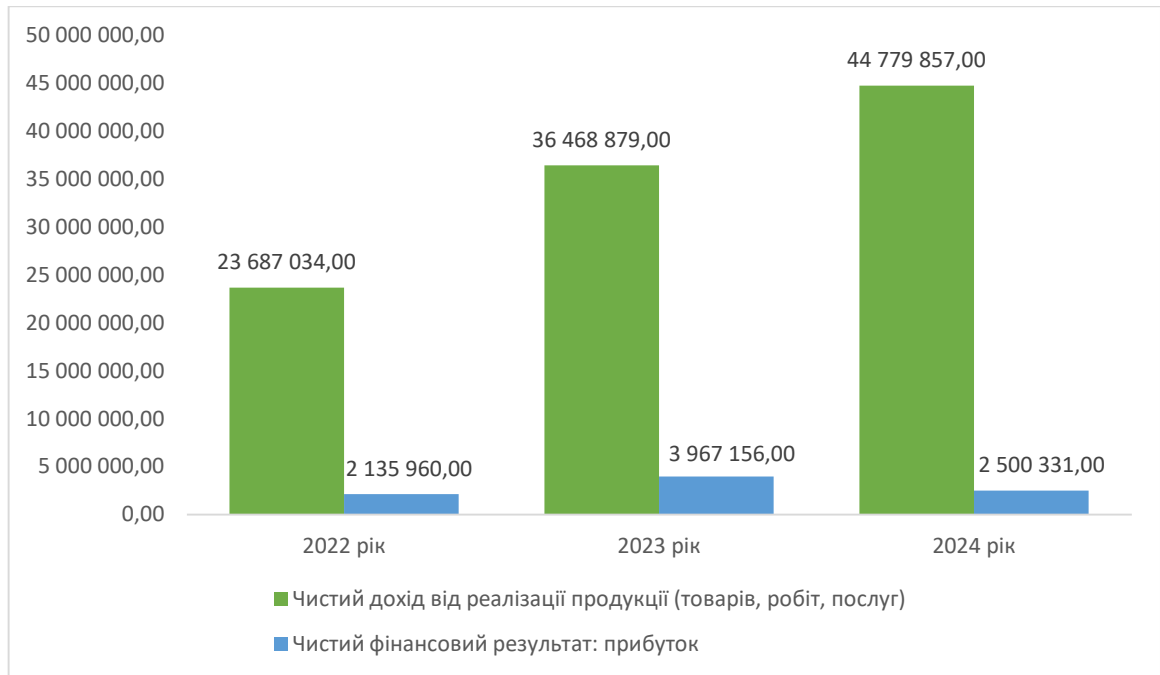


Рисунок 2.5. Динаміка фінансових результатів ТОВ «Нова Пошта» за 2022-2024 рр.

Джерело: складено автором

Протягом 2022–2024 років спостерігається позитивна динаміка чистого доходу від реалізації послуг, який збільшився на 54% у 2023 році та ще на 23% у 2024 році – це свідчить про зростання обсягів діяльності та розширення ринку збуту підприємства. Щодо чистого фінансового результату (прибутку), у 2023 році зафіксовано суттєве зростання – на 86% порівняно з 2022 роком. Однак у 2024 році прибуток зменшився на 37%, що може вказувати на зростання витрат, зміну ринкових умов або інші фактори, які вплинули на фінансову ефективність.

При аналізі фінансового стану та фінансових результатів діяльності підприємства особливу увагу приділяють таким фінансовим індикаторам: рівень ліквідності, ефективність операційної діяльності та обсяг заборгованості [30]. Розглянемо основні фінансові показники у табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Показники фінансового стану підприємства

Фінансовий показник	2022 рік	2023 рік	2024 рік
1	2	3	4
Коефіцієнт поточної ліквідності	0,63	0,52	0,65
Коефіцієнт абсолютної ліквідності	0,14	0,13	0,28
Коефіцієнт швидкої ліквідності	0,55	0,47	0,62
Коефіцієнт автономії	0,41	0,41	0,37
Рентабельність активів (ROA)	0,14	0,17	0,08
Рентабельність власного капіталу (ROE)	0,39	0,5	0,24

Продовження таблиці 2.3.

1	2	3	4
Коефіцієнт покриття необоротних активів власним капіталом	0,53	0,51	0,47
Коефіцієнт заборгованості	0,35	0,36	0,34

Джерело: складено на основі [31]

Для комплексного розуміння фінансового стану та результатів діяльності компанії важливо проаналізувати ключові фінансові показники у динаміці. Нижче на рис. 2.6, можемо побачити зміну динаміки основних показників фінансових показників ТОВ «Нова Пошта».

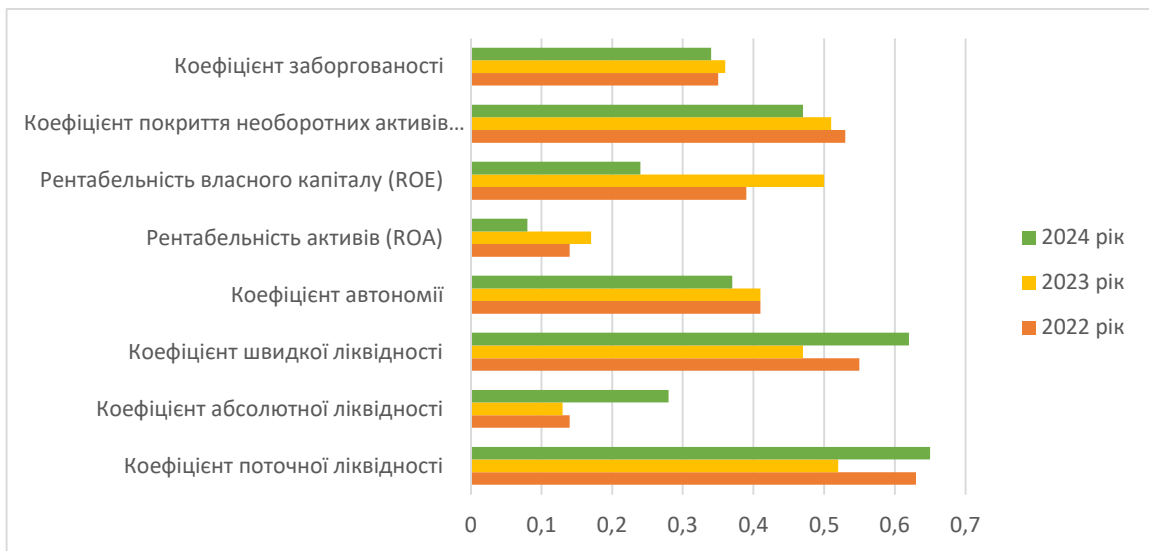


Рисунок 2.6. Динаміка основних фінансових показників компанії «Нова Пошта» протягом 2022-2024 років

Джерело: складено автором

З рис. 2.4 бачимо, що у 2023 році спостерігалось зниження коефіцієнту поточної ліквідності (з 0,63 до 0,52), що вказувало на певне погіршення ліквідності. Проте в 2024 році показник зріс до 0,65, що свідчить про відновлення платоспроможності. Коефіцієнт абсолютної ліквідності (відношення найбільш ліквідних активів до поточних зобов'язань) був низьким у 2022–2023 роках (0,14 та 0,13 відповідно), проте значно зріс у 2024 році до 0,28, що є позитивною тенденцією й може свідчити про посилення грошових резервів. Коефіцієнт швидкої ліквідності, який оцінює здатність покривати зобов'язання без урахування запасів, також знизився у 2023 році, але в 2024-му перевищив рівень 2022 року (0,62 проти 0,55), демонструючи покращення фінансової стабільності. Коефіцієнт автономії, що характеризує частку власного капіталу в загальній

структурі джерел фінансування, залишався стабільним у 2022–2023 роках (0,41), однак знизився у 2024 році до 0,37. Це вказує на збільшення залежності підприємства від позикових коштів і потенційне послаблення фінансової незалежності.

У 2022–2024 роках спостерігається загальне зниження рівня прибутковості діяльності «Нової Пошти». Зокрема, рентабельність активів (ROA) зменшилася з 0,14 у 2022 році до 0,08 у 2024 році, що свідчить про зниження ефективності використання наявних активів для генерування прибутку. Аналогічна тенденція простежується і за показником рентабельності власного капіталу (ROE): він знизився з 0,50 у 2023 році до 0,24 у 2024 році, що вказує на скорочення прибутковості для власників компанії.

Коефіцієнт покриття необоротних активів власним капіталом демонструє поступове зменшення (з 0,53 у 2022 році до 0,47 у 2024 році), що говорить про деяке зниження фінансової стабільності та зростання частки позикового капіталу у структурі фінансування довгострокових активів.

Разом з тим, коефіцієнт заборгованості у 2024 році залишився на стабільному рівні (0,34), порівняно з 0,36 у 2023 році та 0,35 у 2022 році, що свідчить про контрольований рівень зобов'язань і помірне фінансове навантаження.

Загальна динаміка показників свідчить про певне погіршення фінансової стійкості у 2023 році та відновлення позицій у 2024 році, особливо щодо ліквідності. Водночас зниження коефіцієнта автономії вказує на зростання частки зобов'язань у структурі капіталу, що потребує уважного фінансового планування в майбутньому, а зниження рентабельності свідчить про необхідність оптимізації витрат, пошуку нових джерел доходів та підвищення ефективності управління активами, особливо в умовах масштабної інвестиційної діяльності та міжнародної експансії. Найбільш позитивною тенденцією є зростання абсолютної та швидкої ліквідності у 2024 році, що забезпечує підприємству більшу гнучкість у покритті поточних зобов'язань.

«Нова Пошта» є безперечним лідером на ринку поштових послуг України, частка ринку, зокрема в сегменті експрес-доставки та логістичних послуг, за

різною інформацією, становить приблизно 70%. Головними конкурентами є національний оператор «Укрпошта» (25% ринку) та компанія Meest з часткою у 3%. Основними перевагами «Нової Пошти» перед конкурентами є:

- різноманітність і масштабованість послуг, які надає компанія – це дозволяє компанії залучати клієнтів з різних сегментів ринку та оперативно реагувати на зміну споживчих потреб;
- розгалужена мережа відділень та поштоматів по Україні та на міжнародному ринку, що забезпечує доступність та ширше покриття в порівнянні з конкурентами;
- компанія активно інвестує у свою технологічність, IT-рішення, що допомагає збільшити точність, швидкість та знизити ризик втрати відправлення;
- особливу увагу приділяють саме якісному клієнтському обслуговуванню, враженням клієнта від сервісу компанії, що забезпечує їм прихильність від споживачів.

Завдяки цим перевагам перед конкурентами, «Нова Пошта» продовжує займати лідируючі позиції на р, стабільно збільшуючи свою частку на ринку логістичних послуг та і надалі покращує свою інфраструктуру, якість обслуговування, інвестуючи у розвиток мережі.

2.2. Аналіз факторів, що впливають на ефективність автоматизованих процесів сортування

Автоматизовані процеси сортування прямо впливають на швидкість, точність та ефективне розподілення поштових відправлень за напрямками. Підвищення обсягів відправлень, очікування клієнтів щодо швидкості доставки та конкуренція на ринку зумовлюють потребу у постійному вдосконаленні автоматизованих технологій сортування.

Ефективність автоматизованих сортувальних систем безпосередньо залежить від сукупності багатьох факторів, які впливають на стабільність роботи логістичної інфраструктури, швидкість обробки вантажів та точність доставки. Ретельне врахування цих чинників є необхідною умовою для підвищення

продуктивності сортувальних ліній, скорочення часу обробки та зменшення кількості помилок.

Враховуючи сучасний стан логістичної інфраструктури компанії, аналіз факторів доцільно проводити з урахуванням вже наявної автоматизованої системи сортування, яка включає інноваційні термінали у Києві, Хмельницькому, Львові та інших регіонах. Зведемо основні характеристики та показники сортувальних терміналів компанії «Нова Пошта» до табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Характеристика сортувальних терміналів компанії «Нова Пошта»

Сортувальний термінал	Встановлене автоматизоване обладнання	Характеристика
1	2	3
Київський інноваційний термінал (KIT)	Обладнання нідерландської компанії Vanderlande та сортувальна система Equinox для дрібного вантажу, Zebra-камери.	Перший сортувальний термінал компанії. На терміналі працює 2 черги, площа об'єкта – 23 900 кв метрів, він обладнаний 190 воротами для розвантаження транспорту. Загальна потужність становить до 50 тисяч посилок за годину. KIT обслуговує 302 географічних напрямів. Камери Zebra з технологією Lidar, встановлені на 13 рампах КІТа, дозволяють зменшити втрати під час завантаження та підвищити ефективність процесу на 5–8%.
Хмельницький інноваційний термінал (ХІТ)	Обладнання нідерландської компанії Vanderlande, конвеєри і автоматичне сортувальне обладнання, яке виробляє українська компанія «СМС».	Термінал є основним об'єктом інфраструктури вантажоперевезень компанії в Західній Україні, ХІТ сортує посилки до 71 населеного пункту. Потужність обробки обладнання Vanderlande – 8,5 тисяч посилок за годину, загальна пропускна здатність терміналу становить 14 тисяч відправлень за годину.
Львівський інноваційний термінал (ЛЕО)	Обладнання нідерландської компанії Vanderlande, конвеєри і автоматичне сортувальне обладнання, яке виробляє українська компанія «СМС».	Загальна площа терміналу становить близько 15 000 кв метрів. Термінал сортує посилки для 108 населених пунктів України (28 міжрегіональних та 80 внутрішньообласних напрямків). Загальна потужність терміналу – 15 тисяч посилок за годину.
Харківський інноваційний термінал (ХАІ)	Обладнання нідерландської компанії Vanderlande.	Термінал є другим за величиною після КІТа з площею у понад 19 000 кв метрів. Загальна потужність терміналу – 20 тисяч посилок за годину. ХАІ сортує посилки для Харкова, а також Харківської, Донецької та Луганської областей.

Продовження таблиці 2.4

1	2	3
Дніпровський інноваційний термінал (ДАО)	Автоматизоване обладнання нідерландської MHS Global та Equinox, телескопічні конвеєри, роботи української компанії SBR.	Загальна площа – 18 000 кв метрів, найбільший інфраструктурний об'єкт компанії у Дніпровському регіоні. Загальна пропускна здатність – 36 тисяч посилок за годину, що робить його другим за потужністю після КІТа. Телескопічних конвеєрів, які заїжджають безпосередньо у кузов автомобіля нараховується: 29 для завантаження та 14 для вивантаження. На вантажній частині терміналу використовуються робовізки, що можуть перевозити 300 кг вантажу на собі, і ще 1000 кг тягнути за собою.
Запорізький інноваційний термінал	Автоматизована лінія Shoe Sorter від нідерландської компанії MHS, автоматизована лінія від Konsort.	Площа терміналу становить 8000 кв метрів. Загальна потужність терміналу – 16 тисяч відправлень за годину. Дрібні вантажі сортує система від Konsort (до 8000 відправлень/годину за 186 напрямками), а посилки від 2 кг до 30 кг сортує обладнання від MHS (8000 відправлень/година). На терміналі одночасно можуть розвантажуватися та завантажуватися 78 вантажівок

Джерело: складено на основі [32, 33]

Інформація з табл. 2.4 свідчить про високий рівень технологічного оснащення ключових сортувальних терміналів компанії «Нова Пошта». У всіх інноваційних терміналах використовується автоматизоване сортувальне обладнання провідних європейських виробників (Vanderlande, MHS Global та Equinox), а також вітчизняні рішення компаній «СМС» та Konsort, що забезпечує надійність, масштабованість та адаптацію під специфіку української логістики.

Київський інноваційний термінал (КІТ) є найбільшим і найпотужнішим з пропускною здатністю до 50 тис. посилок за годину. Хмельницький інноваційний термінал (ХІТ) та Львівський інноваційний термінал (ЛЕО) мають меншу пропускну здатність, але активно обслуговують відповідні регіони з покриттям десятків населених пунктів. Харківський інноваційний термінал (ХАІ) є другим за розміром і здатен обробляти 20 тис. відправлень за годину, забезпечуючи роботу у східних регіонах України. Дніпровський інноваційний термінал (ДАО) відрізняється потужністю, яка є другою за КІТом – це 36 тис. посилок за годину, що робить його одним із ключових логістичних вузлів. Запорізький інноваційний

термінал обробляє 16 тис. відправлень на годину, має спеціалізовані лінії для дрібних і більших вантажів.

Загалом потужність терміналів варіюється від 14 тисяч до 50 тисяч відправлень за годину, що забезпечує ефективну обробку великих обсягів вантажів по всій країні. Географічна розгалуженість і висока технологічність забезпечує швидку та точну доставку.

Застосування телескопічних конвеєрів, робо-візків, автоматичних сканерів, та конвеєрних ліній забезпечує не лише високу швидкість обробки, а й зменшення кількості помилок при сортуванні та завантаженні. Загалом, впровадження автоматизованих рішень дозволяє компанії досягати високих показників ефективності, зменшувати людський фактор у процесах, скорочувати час перебування вантажу на терміналі та підвищувати якість логістичних послуг.

Це підвищує конкурентоспроможність компанії, дозволяє забезпечувати якісний сервіс і задовольняти потреби різних регіонів України, а постійне вдосконалення технологічної складової сприяє мінімізації втрат і оптимізації логістичних процесів, що є ключовими факторами успішної діяльності на ринку доставки.

Для забезпечення стабільної роботи автоматизованих процесів сортування в компанії необхідно враховувати низку факторів, які можуть істотно впливати на їхню результативність. Умовно ці фактори поділяють на внутрішні (що виникають у межах самої компанії) та зовнішні (що формуються поза її межами, але мають прямий або опосередкований вплив). Кожна група чинників відіграє важливу роль у формуванні ефективної системи управління сортувальними процесами, тому потребує постійного аналізу та уваги з боку управлінського персоналу з метою досягнення високих показників продуктивності [34].

Внутрішні чинники – це елементи, що знаходяться під контролем підприємства. Компанія може активно впливати на них, змінювати чи оптимізувати з метою підвищення ефективності своєї діяльності [34]. Врахування внутрішніх чинників при аналізі ефективності автоматизованих процесів сортування зумовлена їх прямим впливом на якість, швидкість та безперервність логістичних операцій. Саме внутрішні чинники – технічний стан

обладнання, компетентність персоналу, організація логістичних потоків – формують основу функціонування сортувальної системи. Нехтування аналізом цих складових може призвести до збоїв, простоїв обладнання та зростання витрат на обробку відправлень. Оскільки внутрішні чинники залежать від управлінських рішень компанії, їх своєчасна оцінка та оптимізація дозволяє не лише підвищити ефективність, а й забезпечити стабільність роботи сортувальних терміналів у динамічному ринковому середовищі.

Зовнішні чинники – це впливи ззовні, на які підприємство не має прямого впливу. Проте усвідомлення їхньої природи та своєчасна адаптація до змін є надзвичайно важливими для збереження стабільності та конкурентоспроможності бізнесу [34]. Врахування цих чинників дає змогу компанії прогнозувати ризики та примати обґрунтовані стратегічні рішення. У роботі [35], автор розділяє зовнішні чинники на мікрорівень (постачальники, споживачі) та макрорівень, де групи факторів поділені за методикою T.E.M.P.L.E.S..

Така методика дозволить провести комплексний аналіз зовнішнього середовища компанії, який дозволить виявити ключові фактори впливу у різних сферах. Кожна літера в аббревіатурі позначає окрему категорію факторів: Технології (Technology), Економіка (Economics), Ринок (Market), Політика (Politics), Законодавство (Laws), Екологія (Ecology) та Суспільство (Society). Методика T.E.M.P.L.E.S. застосовується для стратегічного планування, маркетингових досліджень, оцінки ризиків і можливостей бізнесу, також дає змогу отримати всебічне уявлення про зовнішнє середовище, що допомагає приймати обґрунтовані рішення і адаптуватися до змін.

Складемо блок-схему факторів впливу на автоматизовані процеси сортування компанії «Нова Пошта» (рис. 2.7).



Рисунок 2.7. Фактори впливу на ефективність автоматизованих процесів сортування компанії «Нова Пошта»

Джерело: складено автором на основі [35]

Отже, для забезпечення стабільної та ефективної роботи автоматизованих сортувальних систем компанії необхідно враховувати сукупність чинників, які безпосередньо або опосередковано впливають на їх функціонування.

Внутрішні фактори впливу на ефективність автоматизованих процесів сортування поділяються на технологічні, виробничі, організаційні, кадрові та фінансово-економічні чинники.

До технологічних чинників віднесемо якість, надійність та інноваційність використовуваного обладнання. Встановлення сучасних систем від таких компаній, як Vanderlande, MHS Global, Equinox та Konsort, дозволяє «Новій Пошті» обробляти десятки тисяч відправлень за годину.

Виробничі фактори включають обсяг вантажопотоку, рівень завантаженості сортувальних ліній, рівномірність розподілу обробки упродовж доби, що напряду впливає на стабільність та продуктивність автоматизованих процесів.

Внутрішня організація логістичних потоків, кадрова структура, графік змін, взаємодія ІТ-систем, а також управління чергами процесів мають значний вплив на ефективність автоматизованого сортування. Компанія реалізує багаторівневу систему управління сортуванням, де на кожному терміналі діє чіткий поділ функцій між працівниками й автоматикою. Відсутність збоїв у цих процесах – передумова стабільної роботи.

Незважаючи на високий рівень автоматизації, процеси сортування потребують кваліфікованого персоналу для технічного обслуговування, налаштування систем і реагування на збої. Нестача висококваліфікованих інженерів або операторів може призводити до зниження продуктивності. «Нова пошта» реалізує програми навчання персоналу та внутрішню сертифікацію для забезпечення стабільності та якості обслуговування автоматизованого обладнання, що є одним із внутрішніх драйверів ефективності.

Також важливим є фінансово-економічний фактор, адже інвестиції в автоматизацію вимагають значних капіталовкладень. Власні фінансові ресурси та доступ до зовнішнього фінансування впливають на темпи впровадження нових технологій. Згідно з розрахованими раніше фінансовими показниками, у 2022–

2024 рр. коефіцієнт автономії та рентабельність активів компанії зменшувались, що може свідчити про зростання залежності від зовнішніх джерел фінансування – це, своєю чергою, накладає обмеження на масштабні оновлення сортувальної інфраструктури без залучення інвесторів або кредиторів.

Враховувати тільки внутрішні фактори впливу неправильно, тому далі розглянемо зовнішні чинники, що мають вплив на ефективність автоматизованих процесів сортування на «Новій Пошті», вони були поділені на мікро- та макрорівень.

До мікрорівня зовнішніх факторів віднесено постачальників та клієнтів. Компанія імпортує більшість свого сортувального обладнання, що робить її залежною від умов постачання, валютних коливань, логістичних затримок та технічної підтримки від закордонних партнерів. Тут варто звернути увагу саме на останній аспект, адже коли стається збій, «Нова Пошта» звертається до спеціалістів підтримки компанії-постачальника, і через робочі чи часові відмінності може чекати відповідь довше, а це спричинить простої та матиме негативний вплив на ефективність роботи сортувальної системи.

Клієнти також мають вплив на автоматизовані сортувальні процеси компанії, адже, якщо клієнтом було неправильно упаковано відправлення, система може стикнутися з проблемами розпізнання або стабільним рухом посилок по сортувальній стрічці.

Макрорівень зовнішніх чинників включає у себе: технологічні, економічні, ринкові, політичні, соціальні, законодавчі та екологічні фактори.

Технологічний фактор враховує глобальні технологічні тренди, за зміною яких компанія повинна слідкувати, щоб її системи не стали застарілими та менш актуальними.

Економічні фактори, а конкретніше інфляція, нестабільність курсу гривні, зміни у вартості електроенергії та пального мають прямий вплив на собівартість обробки відправлень.

Щодо ринкових факторів, то розширення діяльності на міжнародні напрямки потребує адаптації автоматизованих систем до особливостей митного контролю, різних стандартів і логістичних вимог інших країн.

Політичні кризи, військові конфлікти або санкції можуть порушити операційну діяльність, викликати затримки і збільшити ризики.

Соціальним фактором можна визначити демографічну ситуацію на ринку праці, а також рівень цифрової грамотності населення.

Все більшу вагу мають вимоги до «зеленої логістики» та енергоефективності. Виконання таких вимог формує позитивний імідж компанії на міжнародному рівні та відкриває можливості для грантового фінансування.

Державне регулювання, митне законодавство та пільгові програми цифровізації наряду впливають на можливості розвитку. Спрощення імпортерських процедур дозволяє швидше встановлювати нове обладнання, а державні ініціативи зі стимулювання логістичної інфраструктури можуть дати імпульс для розширення сортувальних потужностей.

Отже, комплексний аналіз внутрішніх та зовнішніх факторів впливу на автоматизовані процеси сортування на терміналах компанії «Нова Пошта» демонструє, що ефективність їх роботи є результатом взаємодії інноваційних технологій, професійного управління, динаміки ринку та адаптації до макросередовища. Для збереження лідерства у галузі компанія має гнучко реагувати як на внутрішні виклики, так і на зовнішні впливи, особливо в умовах швидкозмінного логістичного середовища.

2.3. Оцінка ефективності автоматизованих процесів сортування

Спочатку розглянемо організаційно-технологічний процес автоматизованих процесів сортування на Київському інноваційному терміналі (KIT).

Спершу відбувається приймання посилок на сортувальному терміналі. Київський інноваційний термінал (KIT) обладнаний 190 воротами для автотранспорту. Сюди посилки надходять з відділень компанії, кур'єрських точок та поштоматів міста Києва, Київської області та інших терміналів компанії. Загалом процес розвантаження відбувається вручну працівником, проте для зручності та оптимізації процесу – тут встановлені телескопічні конвеєри (рис.

2.8), які висуваються у автівку з відправленнями, і тоді вже працівник викладає їх на сортувальну лінію.

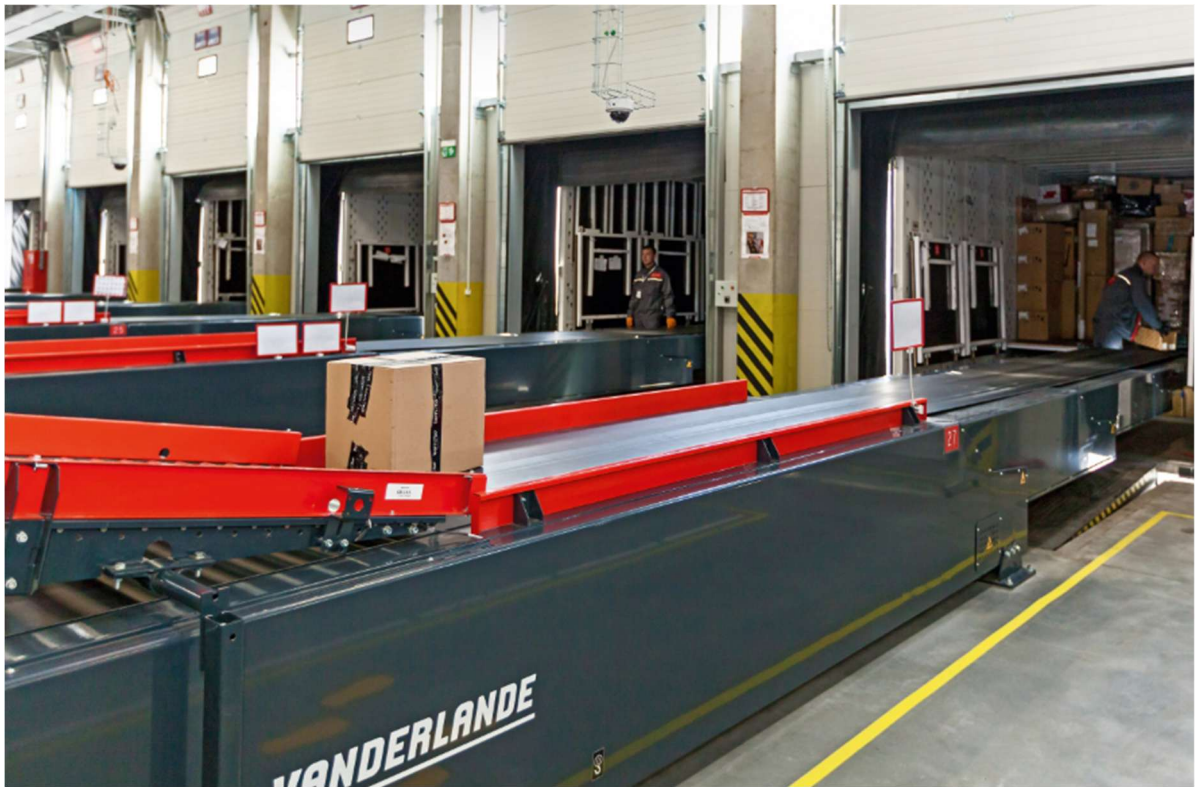


Рисунок 2.8. Телескопічні конвеєри на Київському інноваційному терміналі

Джерело: [36]

Далі посилка проходить через сканер. Швидкість сканування на даному етапі становить приблизно 3 посилки за секунду, що забезпечує високу пропускну здатність сортувальної лінії. Особливістю цього сканера є наявність дзеркал, розташованих з шести сторін, що дозволяє здійснювати зчитування штрих-коду незалежно від того, як саме працівник поклав відправлення на сортувальну лінію. Завдяки такій конструкції, система здатна швидко та точно розпізнати наліпку зі штрих-кодом з будь-якої позиції.

Після проходження через сканер (рис. 2.9) відбувається автоматичне зчитування штрих-коду, а також перевірка ваги та габаритних розмірів посилки. Ці дані аналізуються системою для визначення точного маршруту доставки. Відправлення потім автоматично направляється у відповідний географічний напрямок.



Рисунок 2.9. Сканер штрих-кодів на Київському інноваційному терміналі
Джерело: [36]

Сортувальна лінія функціонує за принципом «shoe sorter» (сортувальна система з ковзаючими колодками). У цьому типі системи керування автоматично дає сигнал про позиціонування колодок скидання, які можна побачити на рис. 2.10.



Рисунок 2.10. Сортувальна система за типом «shoe sorter» із спеціальними колодками скидання
Джерело: [37]

Коли посилка досягає певного місця сортувальної лінії, відповідна колодка скидання підштовхує її на бічну лінію, що веде до конкретного напрямку доставки. Ці напрямки можуть відповідати різним містам України, таким як Полтава, Київ, Рівне та інші. Дана сортувальна система оснащена 91 портом, кожен з яких відповідає за певний маршрут або напрямок відправлення. Завдяки цьому досягається високий рівень деталізації маршрутизації посилок.

Крім того, система є двоповерховою: посилки, відсортовані на другому рівні, транспортуються на перший поверх за допомогою спеціальних пристроїв, що називаються «мушлі» — це спіральні вертикальні жолоби. Використання таких жолобів є ефективним рішенням для багаторівневих сортувальних центрів, оскільки вони забезпечують швидкий, безпечний і автоматизований збір та транспортування відправлень по терміналу, зменшуючи потребу у ручній праці та підвищуючи загальну продуктивність процесу.

Після того як посилка пройшла через сортувальну систему до потрібного напрямку, вона знову потрапляє на телескопічний конвеєр. Там працівник вручну завантажує їх до «кліток», а далі інший працівник везе до воріт завантаження вантажівки.

Попри ефективність сортувальної системи, також потрібно враховувати ті випадки, коли посилка не може бути коректно оброблена. Це трапляється з кількох причин:

- пошкоджений і нечіткий код, який система не може розпізнати;
- відсутність у системі потрібного у системі маршруту для заданої адреси;
- нестандартна форма посилки чи габарити;
- збій у системі сканування;
- пошкодження пакування посилки.

Таке відправлення, яке ідентифіковане як «проблемне» не зупиняє весь процес сортування і автоматично з'їжджає з сортувальної стрічки до спеціальної зони, яка передбачена саме для таких випадків, і тоді процес сканування відбувається вручну оператором.

За допомогою ручного сканера працівник сканує штрих-код, і якщо код зчитати неможливо, тоді він вручну у систему вводять ідентифікаційні дані: номер експрес-накладної або ім'я чи адресу одержувача. Після виправлення даних у системі посилка повторно запускається на конвеєрну систему, і тоді вона проходить знову попередньо описані етапи автоматизованого сортування.

Також існує така проблема, що штрих-код може бути не просто пошкоджений, а його зовсім немає. Працівники Відділу якості за допомогою камер відеоспостереження, які розташовані по всьому терміналу, відслідковують її переміщення і так дізнаються про неї інформацію – весь процес проводиться вручну. У середньому посилка може знаходитися на терміналі 7 годин, якщо виникає ця проблема, то процес може затягнутися на кілька днів, що значно погіршує середній час доставки «Нової Пошти».

Отже, занесемо підсумки характеристики етапів сортування відправлень на Київському інноваційному терміналі до табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Характеристика етапів сортування на Київському інноваційному терміналі.

№	Етап сортування	Тип обробки	Характеристика процесу
1	Приймання відправлень	Ручна обробка	Розвантаження та викладка на сортувальну лінію відбувається працівником.
2	Сканування відправлення, зважування та вимірювання габаритів	Автоматизована обробка	Штрих-коди автоматично зчитуються спеціальним сканером із 6 боків, він ж перевіряє вагу та габарити.
3	Визначення маршруту	Автоматизована обробка	Сортувальна система відправляє посилку до конкретного напрямку згідно до інформації, що була зчитана з штрих-коду.
4	Сортування за напрямком	Автоматизована обробка	Так як система працює за типом «shoe sorter», колодки зсувають відправлення до відповідного порту.
5	Помилки у сортуванні	Ручна обробка	Так, як автоматизована не може впоратися з деякими посилками – це виконує оператор вручну.
6	Завантаження у автівку	Ручна обробка	Завантаження здійснюється працівником вручну.

Джерело: складено автором

Не зважаючи на те, що на терміналі досить високий рівень автоматизації процесів, все одно сортування вимагає багато людського ресурсу.

Сортувальна система Vanderland Київського інноваційного терміналу відповідає сучасним вимогам ринку, проте з кожним днем зростання обсягів вантажопотоків зростає, а клієнти потребують ще кращої, більш швидкої доставки. Тому важливо не лише фіксувати наявні досягнення, але й визначити зони, де система працює менш ефективно.

Одним з інструментів, який дозволяє дати комплексну оцінку ефективності та стану автоматизації є SWOT-аналіз, де визначаються сильні та слабкі сторони, можливості та загрози. SWOT-аналіз використовують багато сучасних підприємств, міжнародних організацій та корпорацій для визначення проблемних зон, які варто оптимізувати, управління змінами та можливостей для подальшого розвитку [38]. У табл. 2.6 можна побачити результати проведеного SWOT-аналізу автоматизованих процесів сортування компанії «Нова Пошта».

Таблиця 2.6 – SWOT-аналіз автоматизованих сортувальних процесів «Нової Пошти» на Київському інноваційному терміналі

Сильні сторони	Слабкі сторони
- висока пропускна здатність (до 50 тисяч відправлень за годину); - зменшення потреби в ручній праці; - зменшення кількості людських помилок завдяки автоматизації; - економія на операційних витратах; - можливість повного контролю та аналітики у режимі реального часу; - інтеграція ІТ-систем та штрих-кодів.	- висока вартість обладнання; - обладнання потребує специфічних деталей та технічного обслуговування; - потреба у сервісному обслуговуванні та оновленнях системи; - автоматизована система не обробляє посилки нестандартної форми, через що виникає потреба у ручному доопрацюванні; - зниження точності та швидкості для нетипових пакувань.
Можливості	Загрози
- впровадження систем штучного інтелекту та комп'ютерного зору для розпізнання форм; - використання роботизованих маніпуляторів з адаптивними захоплювачами; - застосування енергоефективного обладнання; - розширення модулів сортування.	- зростання частки нестандартних посилок; - ризики технічного застаріння обладнання, зношення системи; - перебої з поставками запчастин для ремонту;

Джерело: складено автором

Проведений SWOT-аналіз дозволив ідентифікувати основні характеристики та обмеження існуючої автоматизованої системи сортування.

Беззаперечними перевагами є висока продуктивність, автоматичне сканування та маршрутизація, що дозволяє значно скоротити час обробки посилок. Однак, як показало дослідження сильних та слабких сторін, можливостей та загроз, система стикається з труднощами при роботі з відправленнями нестандартної форми – зокрема, м'якими, округлими або без чіткої геометричної форми. Такі відправлення не фіксуються належним чином на сортувальній лінії, не зчитуються стандартними сканерами, і, відповідно, вимагають ручного втручання. Це створює "вузьке місце" у загальній логістичній системі компанії, уповільнюючи обробку, підвищуючи навантаження на персонал і знижуючи загальну ефективність. У контексті зростаючого ринку онлайн-торгівлі [39], де споживачі часто надсилають нестандартизовані товари (м'які іграшки, об'ємні предмети без упаковки, нестійкі коробки), ця проблема набуває все більшої актуальності.

Також слід звернути увагу на те, що система може застаріти і потребувати ремонту. Так як, компанія яка постачає обладнання є закордонною, можуть виникнути проблеми з очікуванням запчастин та розбіжностей у графіку роботи сервісу обслуговування, що в свою чергу може вплинути на безперервність роботи сортувальної системи, збільшивши час простоїв.

Для об'єктивної оцінки ефективності автоматизованих процесів сортування на терміналі «Нової Пошти» використаємо ключові показники ефективності (KPI) (табл. 2.7).

Таблиця 2.7 – Ключові показники ефективності (KPI) автоматизованих сортувальних процесів на «Новій Пошті»

Показник	Розрахунок	Значення
1	2	3
Швидкість сортування	Кількість оброблених одиниць за годину	50 тисяч посилок за годину
Рівень точності сортування	(Кількість правильно відсортованих одиниць/ Загальна кількість одиниць)*100%	99,4%
Час циклу обробки	Середній час від приймання одиниці до завершення її сортування	3 хвилини
Рівень використання потужностей	(Фактичне навантаження / Максимальна потужність) * 100%	90%

Продовження таблиці 2.7

1	2	3
Кількість помилок	(Кількість помилок / 1000 відправлень)	8–12/1000 відправлень
Рівень простоїв системи	(Час простою/Загальний робочий час)×100%	4,17%
Кількість перенаправлень або повторного сортування	Абсолютне значення або частка (%) від загального обсягу	≈ 0,8%
Рівень автоматизації	(Автоматизовані операції/Загальна кількість операцій)×100%	90%
Рівень задоволеності клієнтів (CSAT)	Опитування клієнтів компанії	4,7/5

Джерело: складено автором

Оцінка ключових показників ефективності (КПІ) автоматизованих процесів сортування на Київському інноваційному терміналі демонструє високий рівень технологічного розвитку. Зокрема, швидкість сортування на рівні 50 тисяч посилок за годину свідчить про потужну продуктивність обладнання, що дозволяє оперативно обробляти великі обсяги відправлень. Водночас рівень точності 99,4% та низький рівень перенаправлень (≈0,8%) підтверджують якісну роботу систем розпізнавання, автоматичного сканування та маршрутизації.

Середній час циклу обробки на рівні 3 хвилин демонструє оперативність технологічного процесу, що є важливою. Рівень використання потужностей становить 90% та свідчить про оптимальне завантаження обладнання без перевантаження, що сприяє продовженню його експлуатаційного ресурсу. Попри це, показник простоїв 4,17% вказує на наявність певних технічних збоїв або регламентних перерв, які ще можуть бути оптимізовані для досягнення вищої безперервності роботи. Також варто відзначити високий рівень автоматизації (90%), що є ключовим чинником ефективності, зниження витрат та мінімізації людського фактору. Завдяки проведеним опитуванням визначено рівень задоволеності клієнтів (CSAT – 4,7 з 5). Показник підтверджує, що споживачі високо оцінюють результативність та надійність сортувального процесу, що є важливим стратегічним показником успіху компанії.

За допомогою техніко-технологічного підходу, що орієнтується на технічні характеристики сортувального обладнання, визначимо наскільки ефективно системи сортування виконують свої функції з боку технічного аспекту.

$$P = \frac{Q}{T} = \frac{50\,000 \text{ відправлень}}{1 \text{ год.}} = 50 \text{ тис. відправлень / годину}$$

Тобто, якщо за годину Київський інноваційний термінал обробляє 50 тис. посилок за годину, то за хвилину кількість оброблених посилок становить 833 відправлення, за секунду – приблизно 14 посилок. Така продуктивність сприяє зростанню загальної ефективності роботи терміналу та підвищення задоволеності клієнтів за рахунок мінімізації затримок у сортуванні.

Розрахуємо і точність сортування системи:

$$A = \left(\frac{N_{\text{correct}}}{N_{\text{total}}} \right) \times 100\% = \left(\frac{47900}{50000} \right) \times 100\% = 99,4\%$$

Це означає, що 99,4% усіх відправлень, які проходять через автоматизовану сортувальну систему, були правильно ідентифіковані, відсортовані та направлені у відповідний напрямок або на відповідну лінію обробки.

Також варто приділити увагу гнучкості встановленої системи сортування на терміналі. У наявній на Київському інноваційному терміналі автоматизованої системи сортування є можливість масштабування, тобто у разі зростання обсягів відправлень, компанія може додати нові лінії сортування або модернізувати вже існуючі блоки без необхідності повного демонтажу. Також система є трьох рівневою, що значно економить простір на терміналі, адже будується не в ширину, а у висоту – це дозволяє оптимізувати використання простору сортувального терміналу. Завдяки компактному розташуванню обладнання, багаторівневим конвеєрам та інтеграції функцій у межах одного комплексу, зменшується потреба у створенні великої кількості окремих зон.

Незважаючи на загальну ефективність системи, критичною проблемою залишається невміння сортувальної системи автоматично обробляти нестандартної форми вантажі або деформовані пакування.

Такі відправлення не скануються стандартними камерами та сканерами сортувальної системи, вони можуть випасти зі стрічки, тому що нерівномірно рухаються нею, вимагають ручного втручання і сповільнюють загальний потік обробки. Це в свою чергу збільшує час циклу, підвищує частоту помилок та створює локальне перенавантаження персоналу.

Проведений аналіз дозволяє стверджувати, що система сортування ТОВ «Нова Пошта» ефективна в обробці масових стандартних відправлень з плоским дном. Водночас обробка нестандартних пакувань суттєво знижує загальну ефективність системи. Надалі доцільно розробити технологічне рішення, яке дозволить автоматизовано розпізнавати форму відправлення та спрямовувати її без ручного втручання.

Висновки до розділу 2

У другому розділі було здійснено аналіз діяльності компанії «Нова Пошта», поточний стан автоматизованих процесів сортування на терміналах компанії.

ТОВ «Нова Пошта» – логістична компанія, безперечний лідер у сфері поштових відправлень України, яка працює на ринку вже 24 роки та надає повний спектр логістичних послуг. Компанія має широкую мережу відділень, активно виходить на міжнародний ринок. Було проаналізовано організаційну структуру та фінансовий стан підприємства.

Аналіз структури активів підприємства демонструє зростання як необоротних, так і оборотних активів. Аналіз структури джерел фінансування свідчить про гнучкість підприємства та його здатність ефективно комбінувати різні форми капіталу для забезпечення господарської діяльності. Загальна динаміка показників свідчить про певне погіршення фінансової стійкості у 2023 році та відновлення позицій у 2024 році, особливо щодо ліквідності. Водночас зниження коефіцієнта автономії вказує на зростання частки зобов'язань у структурі капіталу, що потребує уважного фінансового планування в майбутньому, а зниження рентабельності свідчить про необхідність оптимізації витрат.

Дослідження показало, що підприємство вже має високий рівень технічного забезпечення, зокрема застосовує автоматизовані стрічкові лінії, системи сканування штрих-кодів, розподільчі механізми та програмне забезпечення для маршрутизації відправлень.

Основні виробничі показники підтверджують ефективність автоматизованої моделі: швидкість сортування становить до 50 тис. відправлень на годину, рівень точності досягає 99,4%, а цикл обробки однієї посилки в середньому триває 3 хвилини. Водночас аналіз також виявив низку проблем: обмежене розпізнавання нестандартних посилок, залежність від ручної праці в окремих зонах та зниження продуктивності через некоректне пакування.

Таким чином, наявна система автоматизації демонструє високий рівень ефективності, але потребує точкових удосконалень для покращення обробки нестандартних вантажів і зниження частки ручного сортування.

3 ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ СОРТУВАННЯ У ТОВ «НОВА ПОШТА»

3.1. Пропозиції щодо підвищення ефективності автоматизованих сортувальних процесів

Сортувальне обладнання, як правило, спеціалізується на обробці коробчастих упаковок певного розміру, а це в свою чергу означає, що невідповідні для системи предмети неправильно відсортовуються, можуть заблокувати процес або пошкодитися. Це призводить до втрат часу та додаткових витрат.

Розглянемо проблеми, які заважають системі розпізнавати та сканувати відправлення у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Фактори, що перешкоджають ефективному функціонуванню автоматизованої системи сортування на терміналі компанії «Нова Пошта»

Проблема	Пояснення
Пошкоджені, нечіткі або неправильно надруковані наліпки з штрих-кодами	Вони не зчитуються сканером на сортувальній системі, це в свою чергу дуже уповільнює процес і вимагає ручної перевірки або повторного маркування відправлення.
Неправильне розміщення штрих-коду	Штрих-код може бути приклеєний на невідповідній стороні відправлення, закритий, повністю або частково, іншими пакувальними матеріалами, що унеможлиблює коректне зчитування.
Пошкоджена упаковка	Пошкоджена в процесі транспортування тара або змінена форма посылки може заважати системі правильно розмістити її на конвеєрі – результатом стає неідентифікація відправлення або збій системи.
Неправильна форма відправлення	Відправлення зі складною геометрією, тобто округлої чи м'якої форми не скануються наявними сканерами.
Неправильне пакування клієнтом	Деякі клієнти неправильно пакують свої відправлення не дотримуючись певних стандартів, використовують сторонні етикетки чи штрих-коди, тоді відбувається дублювання кодів, що плутає систему автоматичного розпізнання.
Зміщення центра тяжіння у посылці	Відправка неправильно зафіксованих об'єктів у коробці може призвести до того, що на повороті сортувальної стрічки таке відправлення «занесе» і тоді вона може навіть випасти з меж конвеєра
Освітлення та забруднення на сортувальній системі	Нестабільне освітлення або забруднене обладнання (запилені сканери) можуть знижувати точність зчитування та викликати збої у системі.

Джерело: складено автором

Ці проблеми суттєво впливають на ефективність сортувальної системи на терміналі, потребують як технічного вдосконалення, так і актуалізацію питання щодо інструктажу клієнтів та працівників об'єктів компанії про правильне маркування та пакування.

Відповідно до Правил пакування та маркування відправлень від «Нової Пошти» [40], компанія має певні вимоги для маркування (рис. 3.1), які допомагають уникнути деяких вищезазначених проблем.



Рисунок 3.1. Вимоги до маркування відправлень

Джерело: [40]

На основі зображених вимог щодо маркування, можна зробити висновок, що правильне маркування відправлень є критично важливим чинником забезпечення чіткої роботи автоматизованої сортувальної системи. Дотримання цих стандартів сприяє безперебійній роботі, точному розпізнаванню відправлень і зменшенню кількості помилок у процесі сортування, а якщо їх не враховувати – тоді це загрожує підвищенням ризиків затримок, необхідності ручної обробки

або перенаправлення посилок, що негативно впливає на загальну продуктивність.

Також у [40] наголошується, що якісне пакування коробки має бути без деформацій, механічних пошкоджень (розривів або тріщин), вологих плям чи щілин. Поверхня коробки повинна бути рівною, з чіткими ребрами та пласкою основою. Коробка має бути надійно скріплена, щоб не пошкодити її при перевозці, проте вона не має бути занадто перемотана скотчем. Коли у відправленні є кілька предметів, тоді вони мають бути обгорнуті у кілька шарів повітряно-бульбашкової плівки, що амортизує об'єкти всередині і вони будуть надійно закріплені. Основною проблемою ж залишається те, що автоматизована сортувальна система не здатна ефективно обробляти вантажі, які мають нестандартну форму обробляються вручну. Через те, що система налаштована на роботу з уніфікованими посилками певних розмірів і ваги, обробка нестандартних вантажів потребує залучення працівників, які виконують ці операції вручну – це уповільнює загальний процес сортування, створює додаткове навантаження на персонал та знижує рівень автоматизації, особливо в години пікового навантаження.

У процесі автоматизованого сортування посилок на терміналі «Нової Пошти» система не справляється з об'єктами нестандартної форми. Нестандартними відправленнями ми визначимо такі, що мають округлу форму через неправильне пакування клієнтом, м'які, нерівномірно упаковані (тобто в середині коробки наповнення не закріплене – у таких посилок може зміщуватися центр тяжіння) і вони не мають стабільного плоского дна. Такі посилки не фіксуються стандартними сканерами та конвеєрними датчиками, не стабільно рухаються по стрічці, потребують ручного сортування та спричиняють затримки, або зовсім можуть зупинити потік по стрічці.

Згідно з Правилами пакування та маркування відправлень компанії «Нова Пошта» [40], усі відправлення класифікуються за типами, кожному з яких відповідає певний спосіб пакування. Такий підхід забезпечує надійне транспортування, збереження вмісту під час обробки й доставки, а також відповідає вимогам безпеки. Розглянемо їх у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Посилкові відправлення та види їх пакування

Види відправлень	Пакування
Документи, ≤ 1 кг	Конверт для документів
Дрібні відправлення, ≤ 2 кг	Конверт з повітряно-пухирчастою плівкою
Дрібні відправлення, ≤ 1 кг	Пакет поліетиленовий 0,5 кг, 1 кг
Одяг, текстиль, ≤ 4 кг	Пакет для одягу 2 кг та 4 кг
Телефони, парфуми, ≤ 1 кг	Коробки стандарт 0,5 кг та 1 кг
Косметика, канцелярія, ≤ 1 кг	Коробки пласкі 0,5 кг та 1 кг
Посуд, техніка, іграшки, ≤ 10 кг	Коробки 2, 3, 5, 10, пласка 10 кг
Посуд, техніка, іграшки, ≤ 30 кг	Гофрокартон 3-шаровий
Електроніка, сумки, рідини, ≤ 30 кг	Коробки 15, 20, 30 кг
Дорожні сумки, товари для дому, ≤ 30 кг	Коробки зі зміненою висотою 5, 10, 15, 20, 30 кг
Саджанці, шпалери, килимки, ≤ 30 кг	Коробки подовжені 2, 3, 5, 10, 15, 20, 30 кг
Довгі відправлення, вудочки, саджанці, ≤ 5 кг	Тубус 60, 120 см
Ноутбуки, картини, ≤ 4 кг	Коробка для ноутбука
Побутові речі, електроніка, ≤ 20 кг	Коробки для поштомата мала, середня,
Алкоголь, напої, рідини в пляшках, ≤ 30 кг	Коробки для поштомата мала, середня, велика

Джерело: [40]

Значна частина поштових відправлень пакується не у класичні жорсткі коробки з пласким та стабільним дном, а в гнучкі пакувальні матеріали — зокрема, поліетиленові пакети, повітряно-бульбашкові конверти або спеціальні мішки для одягу. Такий формат пакування є зручним для клієнтів: він дозволяє швидко запакувати відправлення, зменшує обсяг та масу посилки, а також сприяє економії місця під час транспортування.

З точки зору бізнесу, використання гнучкої тари також має переваги: зменшення витрат на пакування, підвищення щільності завантаження контейнерів або автомобілів, а отже — зниження логістичних витрат.

Однак разом із цими перевагами виникають і певні складнощі. Зокрема, автоматизовані системи сортування, які розраховані на стабільну форму та розміри об'єктів, мають обмежені можливості в роботі з гнучкими пакуваннями.

М'які пакування можуть деформуватися та змінити форму на конвеєрній стрічці, скручуватись або провисати, що ускладнює зчитування штрих-кодів, точне позиціонування на конвеєрі, а також вони можуть перекривати або спотворювати штрих-коди. Через це система може помилково направити посилку не на той напрям або взагалі не розпізнати її, що призводить до потреби в ручному сортуванні — це, своєю чергою, знижує загальну ефективність

автоматизації, створює додаткове навантаження на персонал і впливає на швидкість обробки. Види пакувань відправлень компанії «Нова Пошта» зображено на рис. 3.2.

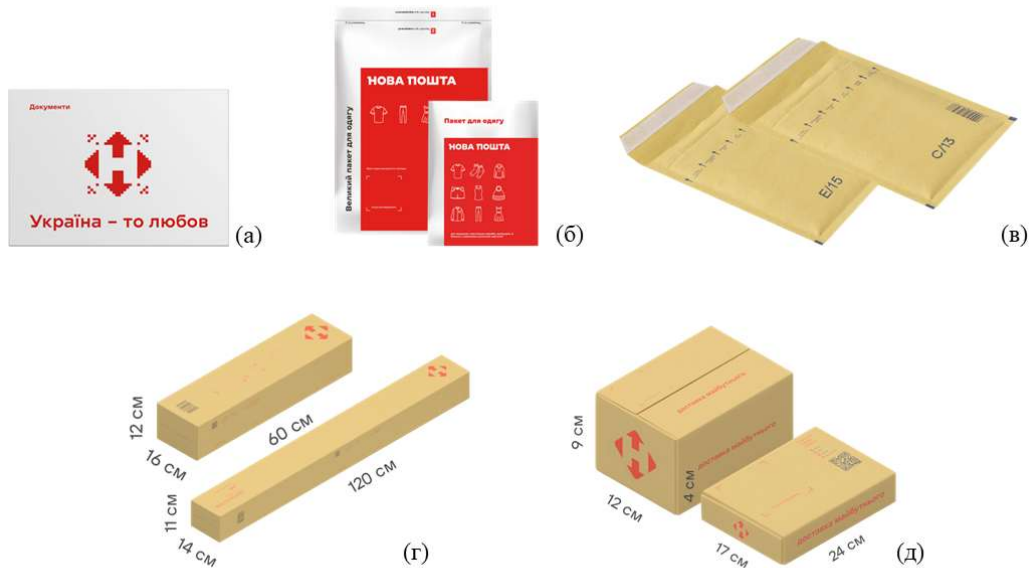


Рисунок 3.2. Види пакувань відправлень у компанії «Нова Пошта»: а – паперові конверти для документів; б – пакети для пакування одягу; в- конверти з повітряно-бульбашковою плівкою; г – тубуси; д – звичайні прямокутні коробки.

Джерело: складено автором на основі [41]

Таким чином, питання адаптації таких видів пакувань до вимог сортувального обладнання залишається актуальним і потребує подальшої уваги.

Хоча автоматизація терміналів «Нової Пошти» є досить високою, все одно, процес сортування потребує людського втручання. Незважаючи на те, що пропускна здатність системи становить 50 тисяч відправлень за годину, а відсоток точності – 99,4%, все ще існують системні обмеження і локальні проблеми, що стримують досягнення максимальної ефективності. Підсумуємо ключові виклики у наявному автоматизованому процесі сортування:

- труднощі з ідентифікацією відправлень у нестандартному або деформованому пакуванні;
- часті перенаправлення через помилки сканування або розпізнання;
- певний рівень простоїв через збої;

– значна частина пакувань, що використовуються, не відповідають технічним вимогам даної сортувальної системи, зокрема – це м'яке, гнучке чи неправильне пакування.

Ці проблеми провокують втрати часу, непродуктивність, знижують точність системи, підвищують навантаження на ручну працю та збільшують ризики затримок у доставці – це робить автоматизовану систему сортування на терміналі менш ефективною, чим вона могла б бути. З метою покращення виявлених недоліків, оптимізації та збільшення ефективності цього процесу доцільним буде впровадження цільових технічних та організаційних рішень.

У табл. 3.3 розглянемо можливі варіанти, що спрямовані на покращення автоматизованих сортувальних процесів у компанії «Нова Пошта».

Таблиця 3.3 – Запропоновані проєкти з оптимізації автоматизованих процесів сортування на «Новій Пошті»

Пропоноване рішення	Мета та опис	Очікувані результати впровадження
1	2	3
Впровадження інтелектуальної системи розпізнавання відправлень на базі комп'ютерного зору	Мета: рішення підвищить точність і швидкість ідентифікації відправлень, особливо тих, що мають неправильну форму. Опис: впровадження модуля комп'ютерного зору, що аналізує форму, розміри та інші особливості пакування та орієнтацію штрих-коду і відправка їх у відповідну зону.	– скорочення потреби у ручному доопрацюванні; – підвищення швидкості обробки складних випадків; – зниження частки помилок у скануванні.
Роботизовані маніпулятори	Мета: автоматизація обробки нестандартних відправлень за допомогою роботизованих маніпуляторів. Опис: встановлення роботизованих маніпуляторів у спеціальній зоні нестандартних відправлень для перенаправлення їх за потрібним напрямком.	– підвищення рівня автоматизації; – оптимізація простору сортувальної зони; – підвищення швидкості сортування; – зменшення частки ручної праці.

Продовження таблиці 3.3

1	2	3
Інтеграція Predictive Maintenance для сортувального обладнання	Мета: зменшення простоїв і підвищення надійності роботи системи. Опис: інтеграція програмного модуля, що здійснює моніторинг технічного стану вузлів обладнання на основі датчиків вібрації, температури і швидкості; алгоритми будуть прогнозувати потенційні поломки або перевантаження ще до їхнього виникнення.	– своєчасне обслуговування та ремонт; – мінімізація аварійних зупинок; загальне підвищення ефективності системи.
Створення цифрового двійника сортувального центру	Мета: оптимізація логіки потоків та оцінка впливу змін у режимі реального часу. Опис: створення віртуального двійника сортувального центру, що дозволяє моделювати роботу системи, тестувати зміни.	– зниження ризиків при впровадженні змін; – виявлення вузьких місць у системі; – підвищення гнучкості управління логістичними процесами.

Джерело: складено на основі [25, 42, 43]

Найбільш раціональним рішенням буде обрати перший та другий варіанти, тобто інтелектуальну систему розпізнавання відправлень на базі комп'ютерного зору та роботизовані маніпулятори. Розглянемо їх детальніше та представимо ці два проєкти у вигляді концепцій з удосконалення автоматизованих сортувальних процесів на терміналі компанії «Нова Пошта». Концепція впровадження комп'ютерного зору у процеси сортування представлена у вигляді табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Концепція проєкту впровадження системи комп'ютерного зору для автоматичного розпізнавання нестандартних відправлень

№	Складова концепції	Характеристика
1	2	3
1	Причини ініціалізації	Ручне сортування нестандартних відправлень уповільнює загальну пропускну здатність сортувального терміналу, збільшує витрати на оплату праці та підвищує ймовірність людського фактору.
2	Сутність ідеї	Впровадження інтелектуальної системи комп'ютерного зору з алгоритмами машинного навчання для ідентифікації нестандартних посилок, визначення їх габаритів, маркування та місця призначення у режимі реального часу.
3	Мета проєкту	Підвищення точності та швидкості розпізнавання нестандартних відправлень, зниження частки ручного сортування та пов'язаних з цим витрат.

1	2	3
4	Очікувані вигоди	– можливість розпізнання системою нестандартних відправлень; – зменшення збоїв та зупинок у сортувальному процесі; – підвищення швидкості обробки; – зниження кількості помилок.
5	Обмеження	– тривалість впровадження становитиме до 6 місяців; – потреба в інтеграції з наявною ІТ-інфраструктурою; – необхідність навчання персоналу роботі з новою системою.
6	Складові витрат	– камери та датчики – 18 тис. євро; – серверне обладнання – 12 тис. євро; – інтеграція з ІТ-інфраструктурою – 17 тис. євро; – навчання та тестування – 8 тис. євро. Загальні інвестиції становитимуть 55 000 євро.
7	Очікуваний економічний ефект	– скорочення витрат на оплату праці персоналу, завдяки скороченню ручної обробки на 70%; – зменшення витрат на ремонт і простої системи.
8	Припущення та ризики	Припущення: стабільне фінансування проекту; готовність ІТ-фахівців до впровадження нової технології. Ризики: технічні труднощі при масштабуванні; потреба в модернізації сортувальної системи.

Джерело: складено автором

Застосування системи комп'ютерного зору дозволить не лише значно скоротити витрати на оплату праці, а й підвищити якість сортування та зменшити кількість помилок. Завдяки швидкому розпізнаванню габаритів, маркування та особливостей посилок система забезпечить стабільне навантаження сортувальних ліній, підвищить продуктивність.

Далі розглянемо наступний варіант: Концепція впровадження роботизованих маніпуляторів для покращення ефективності автоматизованих процесів сортування (табл. 3.5).

Таблиця 3.5 – Концепція проекту впровадження роботизованих маніпуляторів для обробки нестандартних відправлень

№	Складова концепції	Характеристика
1	2	3
1	Причини ініціалізації	Нестандартні відправлення не обробляються автоматизованою сортувальною системою: високі витрати на ручне сортування та фізичне навантаження на персонал призводять до зниження продуктивності.
2	Сутність ідеї	Встановлення роботизованих маніпуляторів, здатних захоплювати, переміщати та сортувати предмети різної форми з використанням гнучких адаптивних захватів.
3	Мета проекту	Скорочення участі людини в процесі сортування, підвищення безперервності та безпеки операцій, збільшення пропускної здатності автоматизованої системи.

1	2	3
4	Очікувані вигоди	– автоматизація ручних процесів до 70%; – стабільна продуктивність; – мінімізація ризиків травматизму. – підвищення якості сортування нестандартних відправлень.
5	Обмеження	– необхідність адаптації сортувальних ліній і конвесрів; – монтаж в існуючу систему; – інтеграція з програмним забезпеченням (ПЗ).
6	Складові витрат	– роботизований маніпулятор – 55 тис. євро; – захват/сенсори – 6 тис. євро; – інтеграція та монтаж – 15 тис. євро; – навчання – 2 тис. євро; – адаптація інфраструктури – 7 тис. євро. Загальні інвестиції становитимуть 85 000 євро.
7	Очікуваний економічний ефект	– заощадження на оплаті операторів ручного сортування; – зменшення кількості посилок та повторних пересортів.
8	Припущення та ризики	Припущення: сумісність роботів з існуючими системами. Ризики: технічні збої в умовах великої різноманітності форм пакування; потреба в сервісному обслуговуванні.

Джерело: складено автором

Роботизовані маніпулятори дозволяють досягти високого рівня автоматизації ручної праці, що раніше була необхідною для нестандартних посилок. Вони здатні працювати цілодобово без зниження продуктивності, що суттєво підвищує ефективність процесу сортування.

Доцільно розглядати впровадження системи комп'ютерного зору та роботизованих маніпуляторів як єдиний інтегрований проєкт, оскільки ці рішення не лише доповнюють одне одного, а й створюють синергію, що дозволяє досягти значно вищого рівня автоматизації та ефективності сортувального процесу.

Система комп'ютерного зору забезпечує точне розпізнавання габаритів, форми, маркування, штрих-кодів та інших характеристик нестандартних відправлень. У свою чергу, роботизовані маніпулятори здатні оперативно виконувати фізичну взаємодію з цими відправленнями – піднімати, переміщувати, сортувати – без участі оператора. Саме у поєднанні ці технології дозволяють досягти максимального ефекту.

Крім того, їхня спільна інтеграція в існуючу IT-інфраструктуру підприємства забезпечує централізоване управління, аналіз продуктивності в реальному часі та гнучкість у масштабуванні на інші сортувальні центри.

Такий підхід дозволяє подолати ключові обмеження, притаманні наявній автоматизованій системі сортування, пов'язані з обробкою нестандартного пакування, пошкоджених або неправильно маркованих вантажів. Система комп'ютерного зору здатна точно ідентифікувати тип відправлення, зчитувати маркування в складних умовах, а роботизовані маніпулятори забезпечують точне фізичне переміщення вантажу незалежно від його форми чи матеріалу.

Очікуваний ефект від реалізації такого рішення полягає у зростанні точності сортування, зменшенні кількості повторної обробки, зниженні рівня простоїв та підвищенні загальної швидкості логістичних операцій. Окрім того, це сприятиме зменшенню навантаження на персонал, підвищенню безпеки праці та адаптації підприємства до зростаючих обсягів обробки.

3.2. Економічне обґрунтування доцільності запропонованих заходів

У попередньому підрозділі було запропоноване впровадження інтелектуальної системи розпізнавання відправлень на основі комп'ютерного зору в поєднанні з роботизованими маніпуляторами. Проєкт спрямований на подолання неможливості розпізнання відправлень неправильної форми наявною сортувальною системою. Для впровадження такого рішення перед компанією постає питання економічної доцільності запровадження проєкту.

Потрібно здійснити економічну оцінку запропонованих заходів, що буде включати аналіз витрат на впровадження, очікувані вигоди від зниження витрат на персонал, помилки, простої та підвищення загальної ефективності системи сортування. Таке обґрунтування дасть змогу визначити рівень ефективності інвестицій та доцільність їх реалізації з точки зору окупності, підвищення конкурентоспроможності підприємства та довгострокового економічного ефекту.

Інтеграція комп'ютерного зору дозволить системі точно розпізнавати тип відправлення, визначати габарити, зчитувати маркування навіть у складних

умовах освітлення та орієнтації. Згідно з дослідженням [44], модель розпізнання досягла точності у 96,3% із середнім часом сортування у 1,12 секунд на посилку. Інше ж дослідження [45], показує, що рішення ідентифікації з елементами машинного навчання може виявляти тип відправлення за 0,31 секунду, а точність розпізнання такої моделі – 98,5%.

Варіантом такої системи може стати Cognex 3D-A1000 (рис.3.3), яка на відміну від іншого сортувального обладнання, яке спеціалізується на обробці лише коробчастих упаковок із плоским дном і певним розміром, може виявляти та розпізнавати об'єкти некубоїдної форми, тобто конверти з повітряно-бульбашковою плівкою та поліетиленові пакети, визначати параметри посилки (довжина, ширина та висота) за допомогою 3D та 2D камер. Також система має змогу виявляти дефекти на відправленнях (подряпини, вм'ятини, тріщини, розриви, деформації коробок та інші візуальні ефекти) завдяки високоточним камерам та алгоритмам машинного навчання [42].

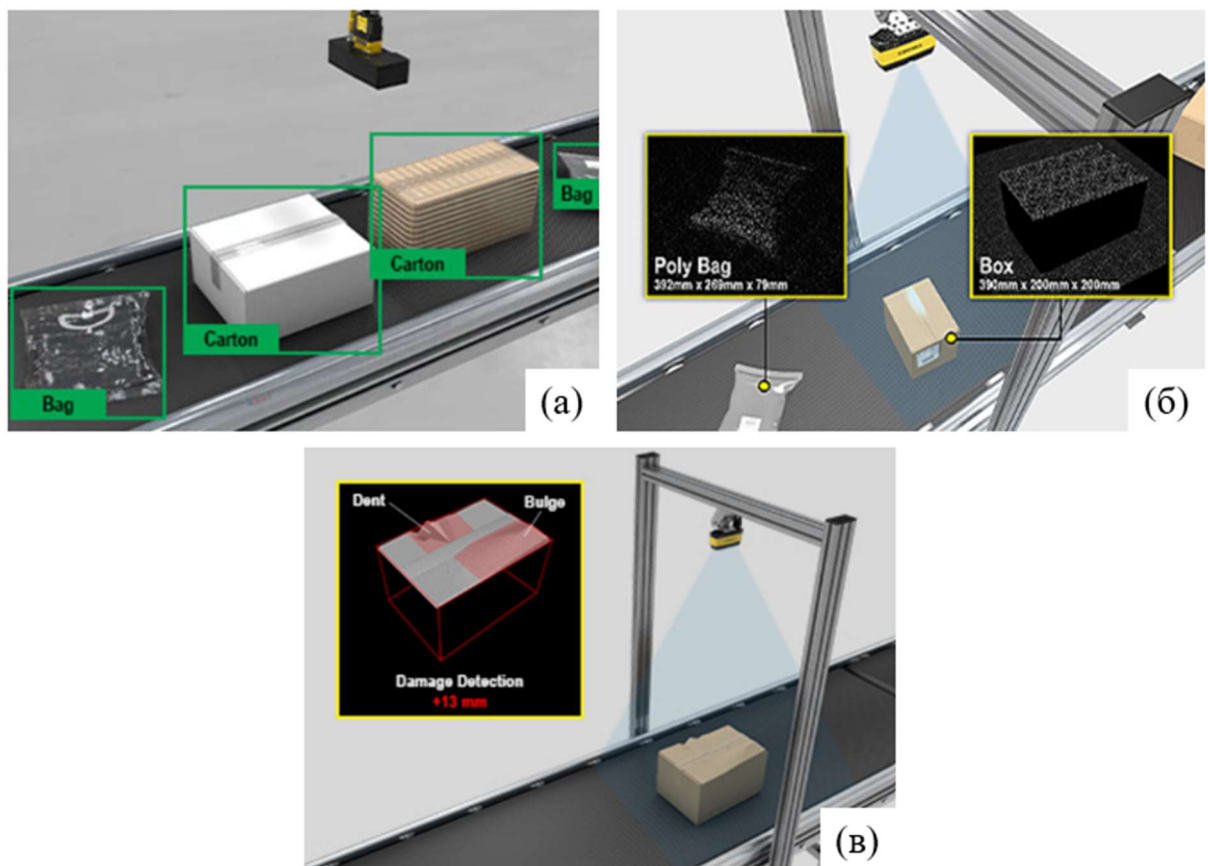


Рисунок 3.3. Система комп'ютерного зору: а, б – процес розпізнання типу пакування та розмірних даних відправлення; в – виявлення дефектів пакування.

Джерело: [42]

Крім того, система фіксує та виводить вимірювання довжини, ширини та висоти, а також дані про положення об'єкта (де він знаходиться на конвеєрі). Таке рішення забезпечить безперебійну роботу сортувальної лінії, запобіжить неправильному сортуванню та зменшить ручну обробку [42].

Також технологія має можливість для динамічної маршрутизації відправлень прямо на сортувальній лінії, тобто, може миттєво приймати рішення про напрямок посилки на основі аналізу візуальних даних про пакування.

Тобто система комп'ютерного зору буде розпізнавати нетипові відправлення і направляти їх до спеціальної зони, де вже роботизовані маніпулятори будуть захоплювати їх, і відповідно до алгоритму направляти до його напрямку доставки.

Роботизовані маніпулятори – автоматичні захоплювачі, які бувають різних типів. Для нетипових відправлень найкраще підходять вакуумні або адаптивні «soft grippers», тобто роботи з м'якими захоплювачами, які гарно працюють з об'єктами різної форми, розміру та без стабільного дна. На рис. 3.4 можна побачити, що такі захоплювачі справляються з предметами різної форми та жорсткості. Дослідження [46] показало, що такі системи досягають точності захоплення до 96,7% при використанні захоплювача та 92,4% при використанні вакуумного присоска.

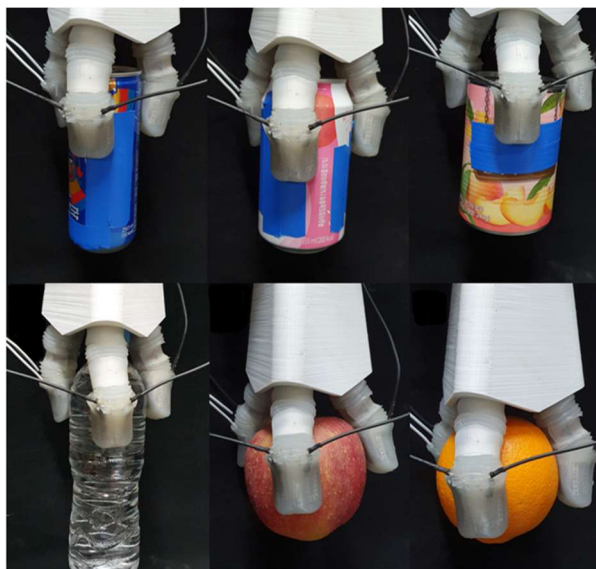


Рисунок 3.4. Роботизовані маніпулятори з м'яким захватом «soft grippers»

Джерело: [47]

Вони працюють за технологією «pick-and-place» (рис. 3.5), яка використовується роботизованими системами для автоматизації процесу підбору та розміщення компонентів [48].

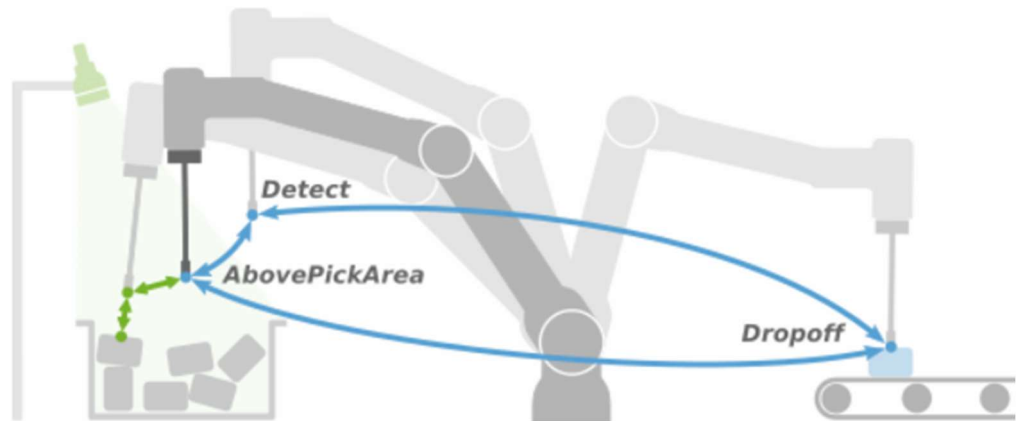


Рисунок 3.5. Технологія «pick-and-place»

Джерело: [48]

Отже, підведемо підсумки щодо кількісних показників ефективності запропонованого рішення:

- точність розпізнання відправлень системою комп'ютерного зору – до 98,5%;
- середній час обробки одного нестандартного відправлення – 0,31-1,12 секунд;
- точність захоплення маніпулятором – до 96,7%;
- зниження рівня помилок сортування – у 2 рази.
- підвищення загальної продуктивності сортування – на 30-40%;
- зниження потреби у ручній обробці – на 70%.

Визначимо основні компоненти проєкту і процеси, які передбачає їх впровадження:

1. Система комп'ютерного зору для розпізнання –апаратне рішення, що забезпечує автоматичну ідентифікацію маркування, форми та розміру відправлень. Вартість варіюється від типу та складності функціонування в діапазоні від 15 000 до 60 000 євро [49].

2. Роботизований маніпулятор включає сам маніпулятор з високоточною системою захоплення та позиціонування, він буде відповідати за

фізичне переміщення відправлень. Вартість теж варіюється в залежності від можливостей: базові моделі – від 10 000 євро, промислові з складними функціями – вартість може доходити до 100 000 євро.

3. Інтеграція в ІТ-систему передбачає налаштування програмного забезпечення, нові модулі та їх об'єднання з існуючою інформаційною системою компанії. Вартість інтеграції нової системи, включаючи і комп'ютерний зір, і алгоритми для роботизованого маніпулятора, в існуючу ІТ-інфраструктуру буде становити 28 000 євро.

4. Технічна адаптація конвеєра включає необхідні модифікації обладнання для сумісної роботи із роботизованими маніпуляторами та візуальними сенсорами. Вартість цього процесу становитиме 23 000 євро.

5. Перед запуском доцільно провести тестування у межах терміналу, щоб виявити «вузькі місця» та відпрацювати алгоритми взаємодії людини з системою. Вартість тестування буде становити 5 000 євро.

6. У межах впровадження технологій планується також проведення поетапного навчання для декількох категорій працівників: оператори, технічний персонал, ІТ-фахівці та інженери. Проведення теоретичних лекцій та відео інструктажів, практичних демонстрацій та стажування на тестових ділянках оцінимо у 5 000 євро.

До табл. 3.6 занесемо інформацію про необхідні інвестиції у таку систему.

Таблиця 3.6 – Вартість впровадження запропонованого проєкту

Компонент	Вартість, євро
Камери та датчики комп'ютерного зору для розпізнавання	36 000
Роботизований маніпулятор та його захват	72 000
Серверне обладнання	16 000
Інтеграція в ІТ-систему	12 000
Технічна адаптація конвеєра	23 000
Навчання персоналу та тестування	10 000
Загальні інвестиції	169 000

Джерело: складено автором

Тобто загальна вартість проєкту становитиме 169 тис. євро, враховуючи усі потрібні процеси впровадження та самі технології, які потрібно встановити.

Для фінансування своїх інноваційних проєктів «Нова Пошта» часто застосовує як і власні кошти, так як на технологічне оновлення кожного року

виділяється бюджет, так і за рахунок залучених коштів, коли вартість проєкту перевищує кілька мільйонів євро. Фінансуватися запропонований проєкт буде за рахунок власного капіталу компанії – це дозволить повністю контролювати проєкт, уникати зовнішнього впливу на управління та швидше реалізувати його без надмірних зовнішніх ризиків. Мінусом такого підходу може стати обмеженість гнучкості у фінансах, особливо якщо одночасно реалізуються кілька капіталомістких ініціатив.

Київський інноваційний термінал (KIT), найбільший за потужністю та один з ключових сортувальних терміналів компанії «Нова Пошта», сортує близько 280 тис. посилок на добу, з загального обсягу якого орієнтовно 8% – це нестандартні відправлення, ті, які не можна відсортувати наявною автоматизованою системою. Це становить приблизно 22,4 тис. відправлень на добу, або 672 тис. посилок на місяць.

Зараз ці відправлення сортують 30 операторів ручного сортування, кожен з яких отримує середню заробітну плату у 25 тис. грн.

Таким чином, місячні витрати компанії на оплату праці персоналу ручного сортування ми можемо визначити за формулою:

$E_{\text{опл. праці}} = \text{Кількість операторів ручного сортування} \times \text{Середня заробітна плата, грн}$

$$E_{\text{опл. праці}} = 30 \times 25\,000 = 750\,000 \text{ гривень}$$

У перерахунку на євро (курс – 45 грн за 1 євро): $\approx 16\,700$ євро.

Після впровадження запропонованого проєкту покращення автоматизованих процесів сортування очікується зменшення ручної обробки на 70%, що дозволить оптимізувати штат працівників на 21 оператора з 30.

Місячне заощадження на оплаті праці:

$$E_{\text{економія/міс}} = 21 \times 25\,000 = 525\,000 \text{ гривень}$$

$$E_{\text{економія/міс}} \approx 11\,666 \text{ євро.}$$

$$E_{\text{економія/рік}} \approx 11\,666 \text{ євро} \times 12 \text{ місяців} = 140\,000 \text{ євро}$$

Це означає, що вже протягом першого року експлуатації системи компанія отримає економічний ефект (140 тис. євро), який майже покриває вартість її впровадження, що становить 169 тис. євро.

Розрахуємо основні показники ефективності інвестиційного проєкту, тобто NPV (Чистий дисконтований дохід), PI (Індекс рентабельності інвестицій), PP (Період окупності), PI (Індекс прибутковості) та IRR (Внутрішньої норми прибутковості).

Чистий дисконтований дохід (NPV, Net Present Value) – це фінансовий показник, який дозволяє оцінити доцільність інвестиційного проєкту шляхом порівняння дисконтованих доходів, отриманих у майбутньому, з поточними витратами на його реалізацію, тобто визначити наскільки очікувані грошові надходження перевищують початкові інвестиції протягом певного періоду. Розраховується за формулою (3.1):

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1 + R)^t} - I \quad (3.1)$$

де:

CF_t – грошовий потік за період t ;

R – ставка дисконту;

n – кількість років;

I – початкові інвестиції.

Занесемо вихідні дані для розрахунку чистого дисконтованого доходу до табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Вихідні дані для розрахунку NPV проєкту

№	Показник	Значення
1	Початкові інвестиції	169 тис. євро
2	Щорічний грошовий потік (економія)	140 тис. євро
3	Ставка дисконту	12%
4	Тривалість проєкту	5 років

Джерело: складено автором

Отже, обчислимо чистий дисконтований дохід (NPV):

Для початку нам потрібна дисконтована сума грошових потоків:

$$PV = CF \times \frac{1 - (1 + R)^{-n}}{R} = 140\,000 \times \frac{1 - (1 + 0,12)^{-5}}{0,12}$$

$$PV = 140\,000 \times \frac{1 - 0,5674}{0,12} = 140\,000 \times 3,605$$

$$PV = 504\,700$$

$$NPV = 504\,700 - 169\,000 = 335\,700 \text{ євро}, \quad NPV > 0$$

NPV проєкту має позитивне значення та становить 335 700 євро.

Індекс рентабельності (PI, Profitability Index) – показник ефективності інвестиційного проєкту, показує співвідношення чистого дисконтованого прибутку та витратами на проєкт. Обчислюється за формулою (3.2):

$$PI = \frac{PV}{I} \quad (3.2)$$

Підставимо дані запропонованого проєкту:

$$PI = \frac{504\,700}{169\,000} \approx 2,99, \quad PI > 1$$

Отже, показник є більшим від одиниці (2,99), тобто це означає, що проєкт є прибутковим. На кожен євро інвестицій приходить майже 3 євро приведеної вартості грошових потоків – це підтверджує високу ефективність запропонованого проєкту.

Розрахуємо період окупності інвестицій за формулою (3.3):

$$PP = \frac{I}{CF} \quad (3.3)$$

де:

PP – термін окупності,

I – сума інвестицій в обладнання та інтеграцію,

CF – річна економія.

$$T = \frac{169000}{140000} = 1,207 \approx 1,2 \text{ року}$$

Отже, термін окупності інвестицій становить 1,2 року (трохи більше 14 місяців), що є хорошим показником ліквідності та швидкого повернення інвестицій.

Наступним показником є дисконтований термін окупності (DPP, Discounted Payback Period), який показує термін окупності враховуючи дисконтування

грошових потоків і дасть уявлення про те, за який період часу інвестиція поверне свою вартість. Для початку знайдемо n (кількість років), при якому дисконтовані грошові потоки компенсують інвестиції за формулою (3.4):

$$I = CF \times \frac{1 - (1 + R)^{-n}}{R} \quad (3.4)$$

Для першого року:

$$PV_1 = \frac{140\,000}{1,12} = 125\,000$$

Для 2 років:

$$PV_2 = 125\,000 + \frac{140\,000}{(1,12)^2} = 125\,000 + 111\,607,14 = 236\,607,14$$

Для 3 років:

$$PV_3 = 236\,607,14 + \frac{140\,000}{(1,12)^3} = 236\,607,14 + 99\,649,23 = 336\,256,37$$

Бачимо, що за 2-3 роки дисконтовані потоки перекривають інвестиції:

$$PV_1 = 125\,000 < 169\,000$$

$$PV_2 = 236\,607,14 > 169\,000$$

Це означає, що дисконтований термін окупності знаходиться десь між 1 і 2 роком, обчислимо точніше:

$$DPP = 1 + \frac{169\,000 - 125\,000}{111\,607,14} = 1 + \frac{44\,000}{111\,607,14} \approx 1,39 \text{ роки}$$

З урахуванням дисконтування (вартості грошей у часі) проєкт окупається трохи більше 1 року.

Внутрішня норма доходності (IRR, Internal Rate of Return) визначає ту ставку дисконту, за якої чиста поточна вартість (NPV) дорівнює нулю. Знайти можна за формулою (3.5):

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1 + IRR)^t} - I \quad (3.5)$$

Спочатку перевіримо при 12% – $NPV = 335\,700$, потрібно знайти таке значення при якому $NPV = 0$.

При 30%:

$$PV = 140\,000 \times \frac{1 - (1,3)^{-5}}{0,3} = 140\,000 \times 2,437 = 341\,180$$

$$NPV = 341\,180 - 169\,000 = 172\,180, \quad NPV > 0$$

Перевіримо при 50%:

$$PV = 140\,000 \times \frac{1 - (1,5)^{-5}}{0,5} = 140\,000 \times 1,736 = 243\,040$$

$$NPV = 243\,040 - 169\,000 = 74\,040, \quad NPV > 0$$

NPV все ще не дорівнює нулю, тому перевіряємо далі за значення 90%:

$$PV = 140\,000 \times \frac{1 - (1,9)^{-5}}{0,9} = 140\,000 \times 1,066 = 149\,240$$

$$NPV = 149\,240 - 169\,000 = -19\,760, \quad NPV < 0$$

Тепер ми знаємо, що показник IRR знаходиться між 50% та 90%:

$$\begin{aligned} IRR &\approx 50\% + \frac{74\,040}{74\,040 - (-19\,760)} \times (90\% - 50\%) = 50\% + \frac{74\,040}{93\,800} \times 40\% \\ &= 50\% + 31,6\% = 81,6\% \end{aligned}$$

Висока внутрішня норма рентабельності (81.6%) значно перевищує ставку дисконту 12%, що говорить про високу рентабельність проекту.

Підсумуємо усі показники ефективності інвестиційного запропонованого проекту до табл. 3.8.

Таблиця 3.8 – Показники ефективності інвестиційного запропонованого проекту

№	Показник	Значення
1	Чистий дисконтований дохід (NPV)	335 700 євро
2	Індекс рентабельності (PI)	2,99
3	Термін окупності (PP)	1,2 роки
4	Дисконтований термін окупності (DPP)	1,39 роки
5	Внутрішня норма доходності (IRR)	81,6%

Джерело: складено автором

Проект має високий рівень фінансової привабливості: позитивний NPV, високий PI, короткі терміни окупності (як простий, так і дисконтований), а також дуже високу IRR – це означає, що інвестиції у проєкт окупляться швидко та принесуть значний прибуток, що робить проєкт ефективним і привабливим для вкладників.

Тобто, запропонований проєкт з впровадження комп'ютерного зору та роботизованих маніпуляторів для покращення ефективності автоматизованих процесів сортування є економічно доцільним.

Окрім фінансової вигоди, впровадження такого рішення має ще додаткові вигоди (див. табл. 3.6).

Таблиця 3.9 – Порівняльна таблиця ключових показників автоматизованих процесів сортування до та після впровадження проєкту

№	Показник	До впровадження	Після впровадження	Зміна у показнику
1	Швидкість сортування, відправлень/год	50 тис. відправлень	57 тис. відправлень	Збільшення на 15%
2	Рівень точності сортування, %	99,4%	99,7%	Зменшення помилок на 0,3 пункта
3	Час циклу обробки, хв	3 хвилини	2 хвилини	Зменшення на 33%
4	Рівень використання потужностей, %	90%	95%	Збільшення на 5 пунктів
5	Кількість помилок, од./1000 відправлень	8-12	4-6	Зменшення у 2 рази
6	Рівень простоїв системи, %	4,17%	2,5%	Зменшення на 40%
7	Перенаправлення/повторне сортування	0,8%	0,3%	Зменшення у 2,5 рази
8	Рівень автоматизації, %	90%	97%	Збільшення на 7 пунктів
9	Оператори ручного сортування, осіб	30 осіб	9 осіб	Зменшення на 70%
10	CSAT (рівень задоволеності клієнтів)	4,7/5	4,85/5	Збільшення, завдяки швидшій та точнішій доставці

Джерело: складено автором

Точність автоматизованого розпізнавання і класифікації об'єктів суттєво знижує частоту помилок, неправильних доставок та потребу в ручному втручанні. Завдяки автоматичній ідентифікації посилок із «проблемною геометрією», система дозволяє швидше переміщувати їх між зонами сортування, що зменшує загальний час обробки. Рутинна праця, пов'язана з ручним сортуванням нетипових відправлень, зменшується, що покращує умови праці й дозволяє працівникам зосередитися на більш цінних завданнях. Запровадження інноваційного підходу до обробки складних вантажів підкреслює високий технологічний рівень компанії та позитивно впливає на довіру клієнтів, також

через зменшення кількості помилок і пошкоджень знижується кількість випадків, коли компанія змушена компенсувати втрати клієнтам.

Висновки до розділу 3

У третьому розділі було запропоновано низку техніко-організаційних заходів, спрямованих на підвищення ефективності автоматизованого сортування. Найбільш раціональним і перспективним рішенням визнано впровадження інтелектуальної системи розпізнавання відправлень на базі комп'ютерного зору у поєднанні з роботизованими маніпуляторами. Було здійснено комплексну розробку та обґрунтування проєктів.

Здійснено детальний розрахунок витрат на реалізацію проєктів, зокрема витрат на саме обладнання, адаптацію до IT-інфраструктури компанії, технічну інтеграцію у вже існуючу сортувальну систему та навчання персоналу. Проведений аналіз економічної ефективності показав, що реалізація проєкту дозволить досягти значної економії операційних витрат, зокрема на оплату праці, підвищення продуктивності, скорочення кількості помилок у сортуванні, а також покращення якості клієнтського сервісу.

Ключові показники ефективності, зокрема чиста приведена вартість (NPV), індекс рентабельності (PI), внутрішня норма рентабельності (IRR) та дисконтований строк окупності (DPP), свідчать про високу доцільність та інвестиційну привабливість впровадження даних рішень. Отримані результати підтверджують, що об'єднання цифрових технологій із роботизацією відкриває нові можливості для ефективної автоматизації сортувальних процесів, що є ключовим чинником підвищення ефективності логістичного бізнесу.

Запропоновані заходи є не лише технічно обґрунтованими, а й економічно доцільними, що забезпечить «Новій Пошті» конкурентні переваги та подальший розвиток інноваційних логістичних рішень.

ВИСНОВКИ

Дослідження автоматизованих процесів сортування показало, що вони мають вагомий вплив на всю логістичну систему в цілому. Автоматизація передбачає заміну або мінімізацію участі людини у фізичних та інформаційних процесах за допомогою технічних та програмних рішень. Сортування є однією з ключових логістичних операцій, яка впливає на точність, швидкість доставки та рівень задоволення клієнтів. Багато компаній використовує ручне сортування, що має низку недоліків, а технологічний розвиток дає змогу автоматизувати ці процеси і зробити діяльність підприємства більш ефективною. Рекомендується звернути увагу на сучасні технології автоматизації процесів сортування: конвеєрні лінії, сортувальні системи (сортери), автоматизовані керовані транспортні засоби (AGV) та автономні мобільні роботи (AMR), роботизовані маніпулятори, технології комп'ютерного зору та штучного інтелекту, RFID-технології та Інтернет речей (IoT). Використання цих технологій допоможе бізнесу залишатися конкурентоспроможним на ринку та відповідати вимогам клієнтів. Попри численні переваги, які має автоматизація, також важливо враховувати і виклики, які можуть виникнути при впровадженні.

Особливо важливим аспектом є оцінка автоматизованих процесів сортування та відслідковування ефективності. Для цього рекомендується застосовувати різні підходи: ключові показники ефективності автоматизованих процесів сортування, що можуть включати швидкість сортування, кількість помилок системи, рівень точності – вони допоможуть всебічно оцінити якість роботи автоматизованих сортувальних процесів; економічний підхід, який включає аналіз витрат і вигод, а також функціонально-вартісний аналіз; техніко-технологічний підхід, який орієнтований на визначення ефективності з технічної точки зору; та імітаційно-моделювальні підходи.

У другому розділі при організаційно-економічній характеристиці діяльності компанії «Нова Пошта», було визначено, що підприємство займає лідируючі позиції на ринку поштових послуг України, надаючи широкий асортимент послуг різним сегментам клієнтів. Було визначено організаційну структуру та фінансовий стан підприємства, де підприємству рекомендується

звернути увагу на необхідність збалансованого підходу до залучення позикових коштів та зменшення прибутку, що може вказувати на зростання витрат та інші фактори, що можуть вплинути на фінансову ефективність. «Нова Пошта» активно розширює свою мережу сучасних інноваційних сортувальних терміналів, які розташовані у Києві, Хмельницькому, Львові, Харкові, Дніпрі та Запоріжжі, також вже будуються нові термінали у Одесі та Києві. Рівень автоматизації на терміналах є досить високим, що пояснюється використанням потужних сучасних сортувальних систем. Аналіз автоматизованих процесів сортування на терміналах компанії дозволив виявити проблеми, які негативно впливають на ефективність цих процесів, головною з яких є обмеження системи у сортуванні відправлень нетипової форми.

У третьому розділі було запропоновано проєкт з удосконалення автоматизованих процесів сортування на підприємстві «Нова Пошта», суттю якого є впровадження системи комп'ютерного зору у поєднанні з роботизованими маніпуляторами для обробки нестандартної форми відправлень. Проєкт дозволить підвищити ефективність автоматизованих процесів сортування завдяки зменшенню ручної обробки посилок, кількості помилок, простоїв та загалом збільшить продуктивність системи, що звичайно ж матиме вплив на задоволення потреб кінцевого споживача. Дослідження основних показників ефективності інвестиційного проєкту довели його економічну доцільність.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Марченко В. М., Шутюк В. В. Логістика: Підручник. Видавничий дім «Артек», 2018. 312 с.
2. Барало О. В., Самойленко П. Г., Гранат С. Є., Ковальов В. О. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: навч. посіб. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 557 с.
3. Автоматизація виробничих процесів: навч. Посіб. Для техніч. Спец. Вищих навч. Закл. / Проць Я. І. та ін. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. 344 с.
4. Автоматизація виробничих процесів : навч. посіб. / Гончаренко Б.М. та ін. Кропивницький : Лисенко В.Ф., 2016. 352 с.
5. Nitsche B., Straube F., Wirth M. Application Areas and Antecedents of Automation in Logistics and Supply Chain Management: A Conceptual Framework. Supply Chain Forum: International Journal. 2021. С. 1–17.
6. What is Sorting in a Warehouse Management System?. AC2. 15.02.2023. URL: <https://www.ac2wave.com/post/what-is-sorting-in-a-warehouse-management-system> (дата звернення: 06.02.2025).
7. Логістика: теорія та практика: навчальний посібник / В. М. Кислий та ін. Київ : Центр учбової літератури, 2010. 360 с.
8. Складська логістика : навчальний посібник / Марчук В. Є. та ін. URL: https://www.researchgate.net/publication/377659147_Skladska_logistika_navcalnij_posibnik (дата звернення: 15.02.2025).
9. *NPI Sorters. Products.* URL: <https://npisorters.com/products/> (дата звернення: 22.02.2025).
10. 7 Types of Robots in Warehousing: AutoStore & Beyond. *AutoStore.* URL: <https://www.autostoresystem.com/insights/types-of-robots-in-warehousing> (дата звернення: 22.06.2025).
11. Literature Review: Computer Vision Applications in Transportation Logistics and Warehousing / Naumann, A. та ін. Computer Vision and Pattern Recognition. URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2304.06009> (дата звернення: 23.06.2025).

12. Zhu, X., Liu, N., Shi, Y. Artificial intelligence technology in modern logistics system. *International Journal of Technology. Policy and Management*. С. 66–81. URL: <https://doi.org/10.1504/IJTPM.2022.122537> (дата звернення: 23.06.2025).
13. Македон, В. Інтеграція цифрових інструментів у міжнародну логістичну діяльність. *Економіка та суспільство*. 2024. С. 65. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-65-109> (дата звернення: 23.06.2025).
14. Резнік Н., Іванець І. Використання RFID-технології в області логістики та управління ланцюгами постачань. Переваги та недоліки використання технології. *Молодий вчений*. 2022. С. 102. URL: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2022-2-102-15> (дата звернення: 23.06.2025).
15. Бобух А. Автоматизовані системи керування технологічними процесами: Навч. Посібник.. Харків, 2006. 185 с.
16. Бикова А., Єфіменко І. Вплив логістичних процесів на економічну безпеку організації. *Цифрова економіка та економічна безпека*. С. 45–50. URL: <https://doi.org/10.32782/dees.11-7> (дата звернення: 25.06.2025).
17. Команда HURMA. Що таке KPI (ключові показники ефективності)? *HURMA*. URL: <https://hurma.work/blog/shho-take-kpi-klyuchovi-pokazniki-efektivnosti/> (дата звернення: 25.06.2025).
18. Abdul Rahman N. S. F., Mohd Saifudin A. Evaluation of Warehousing Productivity Performance Indicators by the FAHP Method. URL: https://www.researchgate.net/publication/344263363_Evaluation_of_Warehousing_Productivity_Performance_Indicators_by_the_FAHP_Method (дата звернення: 26.06.2025).
19. Ashok A., Raja Ravi N. Optimizing Automated Parcel Sorting in Logistics: Integration of Closed-Loop Overflow Management Systems in Existing Sorting Machine: Master's thesis. – Jönköping: Jönköping University, School of Engineering, 2024. – 71 p. URL: <https://hj.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1897620&dswid=-5494> (дата звернення: 26.06.2025).

20. Кошель Н. Що таке ROI, та Де порахувати рентабельність інвестицій. *Netpeak journal*. URL: <https://netpeak.net/uk/blog/shcho-take-roi-ta-de-porakhuvati-rentabel-nist-investitsiy/> (дата звернення: 26.06.2025).

21. Kusriani, E., Novendri, F., Helia, V. N. Determining key performance indicators for warehouse performance measurement—a case study in construction materials warehouse.. *MATEC Web of Conferences*. 2018. P. 154.

22. Ольхова М. В. Оптимізація логістичних процесів: конспект лекцій для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної і заочної форм навчання спеціальності 073 – Менеджмент освітньої програми «Логістика», спеціальності 275 – Транспортні технології (за видами)), освітньо-наукової програми «Розумний транспорт і логістика для міст», освітньої програми «Організація перевезень і управління на транспорті» / М. В. Ольхова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 75 с.

23. Семикіна М. В. Продуктивність праці: методологія вимірювання, передумови зростання / М. В. Семикіна // Наукові праці Кіровоградського національного технічного університету. Економічні науки. - 2010. - Вип. 17. - С. 457-463.

24. Mean Time Between Failures (MTBF). *IBM*. URL: <https://www.ibm.com/think/topics/mtbf> (дата звернення: 27.06.2025).

25. Стефанюк, О. Аналіз концепції цифрових двійників. *Матеріали VI Міжнародної студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання “*. 2023. С. 179–180.

26. Братушка С. М. Імітаційне моделювання як інструмент дослідження складних економічних систем. *Вісник Української академії банківської справи*. 2009. С. 113–118.

27. Youcontrol. ТОВ "Нова Пошта". URL: https://youcontrol.com.ua/catalog/company_details/31316718/ (дата звернення: 15.03.2025)

28. Офіційний сайт компанії "Нова Пошта". URL: <https://novaposhta.ua/> (дата звернення: 18.03.2025).

29. *Звіт про управління ТОВ «Нова Пошта» за 2023 рік*. URL: <https://site-assets.novapost.com/80e16b00-a8d4-40b4-9695-6638924e91e2.pdf> (дата звернення: 01.05.2025).
30. Проскуріна Н., Гнідкова А. Аналіз фінансового стану та фінансових результатів як інструмент оцінки ефективності діяльності підприємства. *Економіка та суспільство*. 2022. С. 43.
31. *Clarity Project. Товариство з обмеженою відповідальністю "Нова Пошта"*. URL: <https://clarity-project.info/edr/31316718/finances> (дата звернення: 02.05.2025).
32. Офіційний сайт компанії "Нова Пошта". Термінали. URL: <https://novaposhta.ua/terminalss> (дата звернення: 05.05.2025).
33. Миронова Н., Куденко Д. *Speka Media. Keep calm and work: як працює інноваційний термінал «Нової пошти»*. URL: <https://speka.media/nova-posta/keep-calm-and-work-yak-pracyuye-kit-novoyi-posti-9dnmev> (дата звернення: 06.05.2025).
34. Омеко А. Зовнішні та внутрішні чинники впливу на рівень ефективності управління підприємством. *Економіка та суспільство*. 2024. С. 68. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-68-182> (дата звернення: 07.05.2025).
35. Савіна Г. Г., Скібіна Г. І. Фактори зовнішнього та внутрішнього впливу на рівень ефективності управління підприємством комплексу комунальних послуг. *Ефективна економіка*. 2016. С. 12.
36. Дебелий Я., Петрушко Л. Термінал «Нової пошти» сортує до 50 000 посилок на годину. Що відбувається з посилкою у надрах найсучаснішого логістичного центру України. *Forbes*. URL: <https://forbes.ua/company/nova-poshta-terminal-16042021-1387> (дата звернення: 08.05.2025).
37. Як працює найбільший київський термінал «Нової Пошти». *Mc.today*. URL: <https://mc.today/shhodnya-tut-rozpodilyayut-283-tis-posilok-yak-pratsyuuye-najbilshij-kiyivskij-terminal-novoyi-poshti> (дата звернення: 08.05.2025).
38. Копчак, Ю., Лобунець, Т., & Луковський, Р. Swot-аналіз як важливий інструмент у розробці стратегії бізнесу. *Економіка та суспільство*. 2024. С. 61.

39. Щитов Д. М., Жадько К. С., Мормуль М. Ф. Тенденції розвитку ринку електронної комерції у світі та в Україні. Наукові перспективи. 2024. № 7(49). С. 942-954.
40. Правила пакування та маркування відправлень : Нова пошта від 03.01.2025, № 1.6. URL: https://static.novaposhta.ua/sitecard/misc/doc/packaging_rules_1.pdf (дата звернення: 11.05.2025).
41. Офіційний сайт компанії "Нова Пошта". Пакування до 30 кг. URL: <https://novaposhta.ua/terminalss> (дата звернення: 12.05.2025).
42. Cognex. Categorization and Product Sortation. URL: <https://www.cognex.com/industries/logistics/sortation/categorizing-packages-prior-to-shipment> (дата звернення: 13.05.2025).
43. 6. What is predictive maintenance?. SAP. URL: <https://www.sap.com/products/scm/apm/what-is-predictive-maintenance.html> (дата звернення: 16.05.2025).
44. Mu L, Quan C, Ren J, Zhou Y, Zhao T. Enhancing small parcel sorting accuracy: Robot machine vision in stacking target image experiment. *Journal of Computational Methods in Sciences and Engineering*. 2024;25(1):146-159. URL: <https://doi.org/10.1177/14727978241299513> (дата звернення: 16.05.2025).
45. Xu X, Xue Z, Zhao Y. Research on an Algorithm of Express Parcel Sorting Based on Deeper Learning and Multi-Information Recognition. *Sensors*. 2022; 22(17):6705. URL: <https://doi.org/10.3390/s22176705> (дата звернення: 16.05.2025).
46. Han S, Liu X, Han X, Wang G, Wu S. Visual Sorting of Express Parcels Based on Multi-Task Deep Learning. *Sensors*. 2020; 20(23):6785. URL: <https://doi.org/10.3390/s20236785> (дата звернення: 17.05.2025).
47. Cho G-S, Park Y-J. Soft Gripper with EGaIn Soft Sensor for Detecting Grasp Status. *Applied Sciences*. 2021; 11(15):6957. URL: <https://doi.org/10.3390/app11156957> (дата звернення: 17.05.2025).
48. Simple pick and place program. *PickIt*. URL: <https://docs.pickit3d.com/en/2.4/robot-integrations/robot-independent/pick-and-place-simple.html?ref=blog.roboflow.com> (дата звернення: 18.05.2025).
49. Soral P. Machine Vision Systems: From Industry Applications to Cost Implications. *Photoneo*. URL: <https://www.photoneo.com/machine-vision-systems-industry-applications-cost-implications/> (дата звернення: 18.05.2025).

ДОДАТКИ

Додаток А

Баланс (Звіт про фінансовий стан)

Актив

Назва рядка	Код рядка	2022, тис. грн	2023, тис. грн	2024, тис. грн
I, Необоротні активи	1000	76 808,00	63 849,00	78 381,00
Нематеріальні активи				
первісна вартість	1001	222 084,00	235 471,00	274 050,00
накопичена амортизація	1002	-145 276,00	-171 622,00	-195 669,00
Незавершені капітальні інвестиції	1005	1 660 949,00	2 765 733,00	2 230 261,00
Основні засоби	1010	6 840 742,00	9 327 238,00	14 063 881,00
первісна вартість	1011	10 178 235,00	13 852 844,00	20 095 575,00
знос	1012	-3 337 493,00	-4 525 606,00	-6 031 694,00
інші фінансові інвестиції	1035	3 564 861,00	6 297 444,00	7 445 582,00
Відстрочені податкові активи	1045	128 083,00	157 041,00	224 993,00
Інші необоротні активи	1090	47 748,00	157 949,00	385 968,00
Усього за розділом I	1095	12 319 191,00	18 769 254,00	24 429 066,00
II. Оборотні активи	1100	422 156,00	413 811,00	398 124,00
Запаси				
Виробничі запаси	1101	417 390,00	391 015,00	374 606,00
Товари	1104	4 766,00	22 796,00	23 518,00
Дебіторська заборгованість за продукцію, товари, роботи, послуги	1125	968 844,00	1 138 305,00	1 640 041,00
Дебіторська заборгованість за розрахунками: за виданими авансами	1130	146 103,00	160 436,00	191 580,00
з бюджетом	1135	48 136,00	53 902,00	54 495,00
з нарахованих доходів	1140	588 549,00	1 302 772,00	1 679 191,00
Інша поточна дебіторська заборгованість	1155	502 922,00	155 631,00	10 615,00
Поточні фінансові інвестиції	1160	73 263,00	3 784,00	332 471,00
Гроші та їх еквіваленти	1165	673 522,00	1 079 267,00	2 659 570,00
Рахунки в банках	1167	461 620,00	714 068,00	2 531 875,00
Витрати майбутніх періодів	1170	11 952,00	24 544,00	71 430,00
Усього за розділом II	1195	3 435 729,00	4 332 452,00	7 037 517,00
Баланс	1300	15 754 920,00	23 101 706,00	31 466 583,00

Додаток Б

Баланс (Звіт про фінансовий стан)

Пасив

Назва рядка	Код рядка	2022 рік, тис. грн	2023 рік, тис. грн	2024 рік, тис. грн
I, Власний капітал Зареєстрований (пайовий) капітал	1400	4 654,00	4 654,00	4 654,00
Додатковий капітал	1410	27 301,00	27 301,00	27 301,00
Нерозподілений прибуток (непокритий збиток)	1420	6 484 117,00	9 476 353,00	11 556 424,00
Усього за розділом I	1495	6 516 072,00	9 508 308,00	11 588 379,00
Довгострокові кредити банків	1510	1 454 745,00	1 912 643,00	5 074 709,00
Інші довгострокові зобов'язання	1515	2 332 885,00	3 424 357,00	4 055 680,00
Усього за розділом II	1595	3 787 630,00	5 337 000,00	9 130 389,00
Поточна кредиторська заборгованість за: довгостроковими зобов'язаннями	1610	2 368 731,00	3 393 971,00	5 175 536,00
товари, роботи, послуги	1615	1 259 484,00	1 857 488,00	2 019 060,00
розрахунками з бюджетом	1620	570 842,00	655 332,00	1 004 547,00
у тому числі з податку на прибуток	1621	92 053,00	113 522,00	256 879,00
розрахунками зі страхування	1625	77 644,00	85 122,00	121 389,00
розрахунками з оплати праці	1630	419 219,00	595 758,00	728 202,00
за одержаними авансами	1635	49 736,00	64 885,00	111 013,00
за розрахунками з учасниками	1640	6 500,00	883 928,00	896 791,00
Поточні забезпечення	1660	435 264,00	695 705,00	682 720,00
Інші поточні зобов'язання	1690	187 798,00	24 209,00	8 557,00
Усього за розділом III	1695	5 451 218,00	8 256 398,00	10 747 815,00
Баланс	1900	15 754 920,00	23 101 706,00	31 466 583,00

Фінансові результати

Назва рядка	Код рядка	2022 рік, тис. грн	2023 рік, тис. грн	2024 рік, тис. грн
Чистий дохід від реалізації продукції (товарів, робіт, послуг)	2000	23 687 034,00	36 468 879,00	44 779 857,00
Собівартість реалізованої продукції (товарів, робіт, послуг)	2050	19 276 532,00	28 625 037,00	35 284 709,00
Валовий: прибуток	2090	4 410 502,00	7 843 842,00	9 495 148,00
Інші операційні доходи	2120	826 191,00	581 274,00	785 654,00
Адміністративні витрати	2130	1 673 172,00	2 985 829,00	4 209 338,00
Витрати на збут	2150	439 130,00	856 282,00	908 227,00
Інші операційні витрати	2180	593 974,00	774 662,00	755 247,00
Фінансовий результат від операційної діяльності: прибуток	2190	2 530 417,00	3 808 343,00	4 407 990,00
Інші фінансові доходи	2220	1 138 698,00	2 706 514,00	2 953 039,00
Фінансові витрати	2250	887 690,00	1 248 217,00	2 034 444,00
Інші витрати	2270	391 073,00	857 468,00	2 489 948,00
Фінансовий результат до оподаткування: прибуток	2290	2 390 352,00	4 438 175,00	2 836 637,00
Витрати (дохід) з податку на прибуток	2300	-254 392,00	-471 019,00	-336 306,00
Чистий фінансовий результат: прибуток	2350	2 135 960,00	3 967 156,00	2 500 331,00

Сукупний дохід

Назва рядка	Код рядка	2022 рік, тис. грн	2023 рік, тис. грн	2024 рік, тис. грн
Сукупний дохід (сума рядків 2350, 2355 та 2460)	2465	2 135 960,00	3 967 156,00	2 500 331,00

Елементи операційних витрат

Назва рядка	Код рядка	2022 рік, тис. грн	2023 рік, тис. грн	2024 рік, тис. грн
Матеріальні затрати	2500	3 790 551,00	3 522 561,00	2 647 315,00
Витрати на оплату праці	2505	5 345 909,00	8 491 614,00	10 085 098,00
Відрахування на соціальні заходи	2510	1 131 262,00	1 724 662,00	2 036 899,00
Амортизація	2515	1 769 538,00	2 317 382,00	2 983 431,00
Інші операційні витрати	2520	9 945 548,00	17 185 591,00	23 404 778,00
Разом	2550	21 982 808,00	33 241 810,00	41 157 521,00