

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
Приладобудівний факультет  
Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю**

«На правах рукопису»  
УДК \_\_\_\_\_

До захисту допущено:  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Юрій КИРИЧУК  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра  
за освітньо-професійною програмою  
«Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні»  
зі спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології  
та робототехніка»  
на тему: «Автоматизована система вагового контролю перевалки  
залізничних вантажів»**

Виконав:

студент II курсу, групи ПМ-31мп  
Швець Дмитро Олександрович \_\_\_\_\_

Науковий керівник:

к.т.н., ст. викладач  
Назаренко Наталія Миколаївна \_\_\_\_\_

Консультант з розроблення стартап-проекту:

д.е.н., проф., завідувач кафедри економічної кібернетики  
Бояринова Катерина Олександрівна \_\_\_\_\_

Рецензент:

к.т.н., доцент кафедри інформаційно-вимірювальних  
технологій  
Маркін Максим Олександрович \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць  
інших авторів без відповідних  
посилань.

Студент (-ка) \_\_\_\_\_

Київ – 2024 року

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

**Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Юрій КИРИЧУК

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на магістерську дисертацію студенту**  
**Швецю Дмитру Олександровичу**

1. Тема дисертації «Автоматизована система вагового контролю перевалки залізничних вантажів», науковий керівник дисертації Назаренко Наталія Миколаївна, к.т.н., затверджені наказом по університету від «07» листопада 2024 р. № 4987 – с

2. Термін подання студентом дисертації: 9 грудня 2024 року

3. Об'єкт дослідження: процеси автоматизації вагового контролю на залізничних вагах.

4. Вихідні дані: предметом дослідження є наступні властивості та характеристики автоматизованої системи вагового контролю перевалки залізничних вантажів: безпека: система повинна забезпечувати індикацію та інформування оператора про можливі аварійні ситуації при наповненні вагонів вантажем. Це важливо для забезпечення безпеки руху на залізничному транспорті. Економічність: система повинна зменшити кількість операторів на ваговій, сконцентрувавши контроль за декількома вагами на одній людині. Ефективність: система повинна забезпечити можливість одночасного наповнення декількох вагонів, значно збільшуючи пропускну здатність пунктів перевалки, при цьому не впливаючи на точність зважування окремого вагону.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: провести аналіз сучасних вагових рішень, що використовуються на залізничному транспорті. Обґрунтувати вибір комплектуючих для створення автоматизованої системи вагового контролю. Розробити структурну схему автоматизованої системи. Реалізувати програмний код для індикації можливого нерівномірного заповнення вагонів. Розробити стартап-проект впровадження створеної системи.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: 2 плакати А1.

7. Орієнтовний перелік публікацій Швець Д.О., Назаренко Н.М., Киричук Ю.В. АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПООСНОГО ЗВАЖУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ // СІМНАДЦЯТА МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ «ІНТЕГРОВАНІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ РОБОТОТЕХНІЧНІ КОМПЛЕКСИ» (ІРТК-2024) 21-22 травня 2024 року, Київ, Україна

8. Консультанти розділів дисертації\*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розробка стартап-проєкту	Бояринова К.О. завідувач кафедри економічної кібернетики		

9. Дата видачі завдання 01.09.2024

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Отримання теми	01.09.2024	
2	Пошук літератури	13.09.2024–19.09.2024	
3	Розробка автоматизованої системи вагового контролю	20.09.2024–20.10.2024	
4	Розробка структурної схеми системи	20.10.2024–25.10.2024	
5	Розробка програмного коду	26.10.2024–17.11.2024	
6	Розробка стартап-проєкту	18.11.2024–20.11.2024	
7	Підготовка ПЗ	20.11.2024–24.11.2024	

Студент

Дмитро ШВЕЦЬ

Науковий керівник

Наталія НАЗАРЕНКО

## РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація присвячена розробці автоматизованої системи вагового контролю перевалки залізничних вантажів. Основну увагу зосереджено на розробці програмного забезпечення для забезпечення підвищення продуктивності пунктів перевалки вантажів.

Метою даної магістерської дисертації є підвищення ефективності перевалочних пунктів за рахунок розробки програмного забезпечення та використання сучасних інженерних рішень та доступних технологій.

Об'єктом дослідження є процеси автоматизації вагового контролю на залізничних вагах.

Предметом дослідження є методи, алгоритми та технології, завдяки яким реалізуються автоматизовані системи вагового контролю.

У ході дослідження виконано аналіз сучасних вагових рішень на залізниці, розроблено структурну схему автоматизованої системи вагового контролю на залізничних вагах та розроблено програмне забезпечення для одночасного визначення рівня наповнення декількох вагонів та рівномірності наповнення їх вантажем. Розроблене програмне рішення може бути інтегроване в існуючі системи автоматизованого обліку та зважування, розширюючи їх функціональні можливості та підвищуючи ефективність роботи пунктів перевалки.

Загальний обсяг роботи становить X сторінок, включає X рисунків, X таблиць і X додатки, в яких наведено блок-схеми алгоритмів і приклади програмного коду.

**Ключові слова:** автоматизація, вагонні ваги, ваговий контроль, перевалочний пункт.

## ABSTRACT

The master's thesis is devoted to the development of an automated weight control system for railway cargo handling. The primary focus is on developing software to enhance the productivity of cargo transshipment points.

The aim of this master's thesis is to improve the efficiency of transshipment points through the development of software and the use of modern engineering solutions and accessible technologies.

The object of the study is the processes of automating weight control on railway scales.

The subject of the study includes the methods, algorithms, and technologies that implement automated weight control systems.

During the research, an analysis of modern railway weighing solutions was conducted, a structural diagram of the automated weight control system for railway scales was developed, and software was created to simultaneously determine the filling levels of multiple wagons and the uniformity of their loading. The developed software solution can be integrated into existing automated accounting and weighing systems, extending their functionality and improving the efficiency of transshipment points.

The total volume of the thesis comprises X pages, including X figures, X tables, and X appendices, which present algorithm flowcharts and examples of program code.

**Keywords:** automation, railway scales, weight control, transshipment point.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП .....</b>	<b>8</b>
<b>РОЗДІЛ I. ОГЛЯД НАУКОВИХ РОБІТ В ГАЛУЗІ ВАГОВИМІРЮВАННЯ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ.....</b>	<b>10</b>
1.1. Вплив зміщення центру ваги вантажу на динамічні характеристики вагонів .....	10
1.2. Дослідження динамічних сигналів одноплатформних залізничних ваг.....	14
1.3. Несні сталеві конструкції для встановлення залізничних тензометричних ваг.....	17
1.4. Висновки до розділу I.....	20
<b>РОЗДІЛ II. ЗАГАЛЬНА СТРУКТУРА СИСТЕМИ ТА ЇЇ ЕЛЕМЕНТИ .....</b>	<b>22</b>
2.1. Стаціонарні вагонні ваги.....	22
2.2. Динамічні вагонні ваги.....	24
2.3. Тензодатчики на вагонних вагах.....	26
2.3.1. Аналогові тензодатчики.....	26
2.3.2. Цифрові тензодатчики.....	28
2.4. Ваговий термінал .....	30
2.5. Автоматизація .....	32
2.6. Розробка структурної схеми автоматизованої системи вагового контролю .....	34
2.7. Висновки до розділу II .....	38
<b>РОЗДІЛ III. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....</b>	<b>39</b>
3.1. Аналоги.....	39

3.2. Обґрунтування вибору середовища розробки та мови програмування.....	42
3.3. Алгоритм роботи програмного забезпечення.....	44
3.4. Висновки до розділу III.....	56

**РОЗДІЛ IV. РОЗРОБКА START-UP ПРОЄКТУ « ІННОВАЦІЙНА АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ВАГОВОГО МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ ДЛЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ».....**

**57**

4.1. Опис ідеї та технологічний аудит стартап-проєкту .....	57
4.2. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту.....	61
4.3. Розроблення ринкової стратегії проєкту .....	72
4.4. Розроблення маркетингової програми та планування стартап-проєкту .....	76
4.5. Висновки до розділу IV.....	85

**ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....**

**87**

**Список літератури .....**

**88**

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Перевалка залізничних вантажів – ключовий етап у логістичному ланцюзі, що забезпечує ефективний транспорт товарів. Важливим аспектом перевалки є оптимізація часу та ресурсів. Це особливо важливо за умов підвищеного обсягу вантажоперевезень. В умовах коли шляхи для перевезень автотранспортом можуть бути заблоковані, перевезення морем пов'язані зі значними ризиками, а про перевезення вантажів повітрям навіть мова не йде, залізниця залишається ледь не єдиною артерією для швидкого та масового вантажообігу.

Саме тому, все більш актуальним є розбудова терміналів для перевантаження вагонів з української колії шириною 1520 мм на європейську колію 1435 мм. Лише один такий «сухий порт» теоретично здатний забезпечити розвантаження з продуктивністю до 1000 тон на годину, а також завантажувати вантажі з аналогічною продуктивністю.

Сучасна логістика ставить високі вимоги до точності обліку вантажів, тому контроль ваги є надзвичайно важливим. Для цього широко застосовуються автоматизовані системи вагового контролю, які дозволяють швидко й точно проводити зважування. Залізничні ваги відіграють центральну роль у процесі перевалки: вони дозволяють контролювати навантаження на осі вагонів, дотримуючись норм безпеки, та ведуть облік фактичної маси вантажу, що є необхідним для уникнення перевантаження та оптимізації процесу транспортування.

**Мета і завдання дослідження.** Метою даної магістерської дисертації є підвищення ефективності перевалочних пунктів за рахунок розробки програмного забезпечення та використання сучасних інженерних рішень та доступних технологій. Поставленими задачами є: проведення аналізу сучасних вагових рішень, що використовуються на залізничному транспорті. Обґрунтування вибору комплектуючих для створення автоматизованої системи вагового контролю. Розроблення структурної схеми автоматизованої



системи. Реалізація програмного коду для індикації можливого нерівномірного заповнення вагонів. Розроблення стартап-проєкту впровадження створеної системи.

**Об'єкт дослідження.** Процеси автоматизації вагового контролю на залізничних вагах.

**Предмет дослідження.** Методи, алгоритми та технології, завдяки яким реалізуються автоматизовані системи вагового контролю.

**Методи дослідження.** В даній роботі по дослідженню процесу автоматизації вагового контролю на залізничних вагах використані методи систематичного аналізу.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в запропонуванні нового підходу до зважування декількох вагонів одночасно при їх наповненні вантажем.

**Практичне значення одержаних результатів.** Розроблена система значно пришвидшить процес наповнення рухомого складу вантажем та збільшить ефективність роботи пунктів перевалки, зберігаючи високу точність зважування.

## РОЗДІЛ І. ОГЛЯД НАУКОВИХ РОБІТ В ГАЛУЗІ ВАГОВИМІРЮВАННЯ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Ваговимірювальні системи на залізничному транспорті є критично важливими для забезпечення безпеки перевезень, оптимізації логістичних процесів та контролю за перевантаженнями. У сучасних наукових дослідженнях розглядаються питання підвищення точності, автоматизації та інтеграції вагових систем у загальні транспортні інформаційні мережі.

Розглянемо більш детально низку наукових досліджень, спрямованих на підвищення точності вимірювань, вдосконалення конструкцій ваг та оптимізацію процесів зважування.

### 1.1. Вплив зміщення центру ваги вантажу на динамічні характеристики вагонів

Дослідження 2018 року «Вплив поздовжнього та поперечного зміщення центру ваги вантажу в піввагонах на їх динамічні показники», за авторством А. О. Швець, зосереджене на аналізі впливу зміщення центру ваги вантажу на поведінку вагонів під час руху. Зміщення може виникати через нерівномірний розподіл вантажу, особливо при транспортуванні сипучих або рідинних вантажів. Автор використовує комп'ютерне моделювання та польові експерименти для вивчення змін динамічних характеристик, таких як амплітуда коливань, контактні сили між колесами та рейками, а також вплив на знос ходових частин. [1]

**Мета роботи** полягає у вивченні впливу поздовжнього та поперечного зміщення центру ваги вантажу на основні динамічні показники руху піввагонів під час їх експлуатації на криволінійних ділянках залізничної колії.

**Методологія.** Дослідження виконано на основі математичного і комп'ютерного моделювання динамічної завантаженості вантажного

піввагона з використанням моделі просторових коливань зчепу п'яти вагонів. Зображення продемонстровано на рис. 1.1.

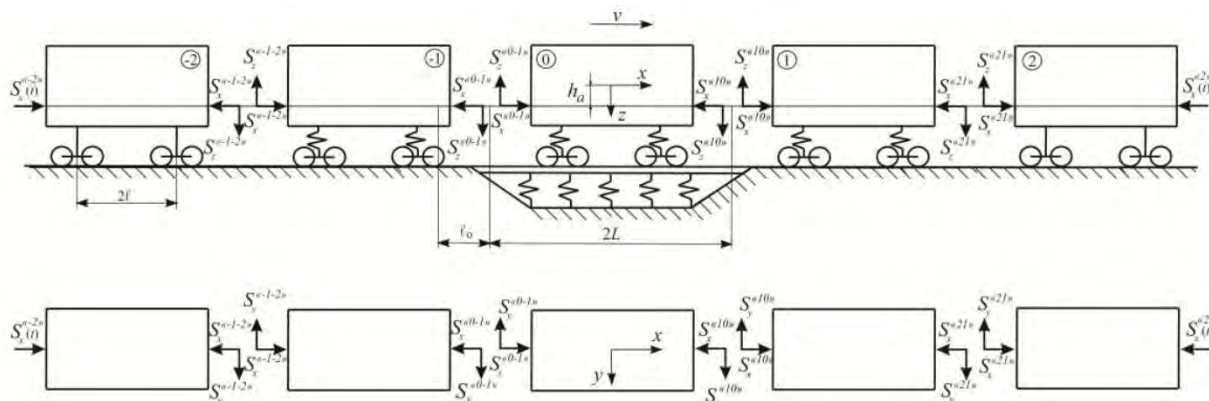


Рис. 1.1 – Сили, які виникають від дії поздовжніх сил в автозчепленнях вагонів

Для моделювання застосовано програмний комплекс, розроблений в галузевій науково-дослідній лабораторії динаміки та міцності рухомого складу Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. Експериментальні умови включали моделювання руху піввагона моделі 12-532 зі швидкістю від 50 до 90 км/год по кривих ділянках радіусами 350 та 600 м із підвищенням зовнішньої рейки на 120 і 130 мм відповідно.

### Основні результати:

#### 1. Поздовжнє зміщення центру мас:

Аналіз впливу поздовжнього зміщення центру ваги показав, що збільшення цього параметра спричиняє зростання коефіцієнтів вертикальної динаміки. Водночас горизонтальні динамічні коефіцієнти залишаються майже незмінними. Коефіцієнт стійкості від сходу з рейок, навіть за максимальних допустимих значень зміщення, перебуває в межах нормативних вимог, забезпечуючи безпечну експлуатацію вагонів.

Нижче приведено результати максимально допустимого поздовжнього зміщення загального центру ваги вантажу в 4-вісному вагоні (рис. 1.2)

Вага вантажу, т	$l_{зм}$ , мм	
	під час завантаження	на шляху прямування
≤10	2 700	3 000
15	2 250	2 480
20	1 950	2 160
25	1 550	1 730
30	1 250	1 440
35	1 100	1 235
40	950	1 080
45	850	960
50	750	865
55	680	785
60	600	720
62	550	630
67	200	260
70	0	60
>70	0	0

Рис. 1.2 – Максимальні значення поздовжнього зміщення центру мас

## 2. Поперечне зміщення центру ваги:

Поперечне зміщення центру ваги мало значніший вплив на динамічні показники. Особливо помітним стало суттєве зниження коефіцієнта стійкості від сходу з рейок, що вимагає обов'язкового дотримання обмежень, встановлених нормативними документами.

Нижче приведено результати максимально допустимого поперечного зміщення загального центру ваги вантажу в 4-вісному вагоні (рис. 1.3)

Вага вантажу, т	Висота загального центру ваги вагона з вантажем над РГР, м	$b_{зм}$ , мм	
		під час завантаження	на шляху прямування
≤10	≤1,2	450	620
	1,5	380	550
	2,0	290	410
30	<1,2	380	550
	1,5	310	450
	2,0	250	350
	2,3	200	280
50	≤1,2	250	350
	1,5	200	280
	2,0	180	250
	2,3	140	200
55	≤1,5	150	220
	2,0	120	170
	2,3	100	150
67	≤1,5	125	180
	2,0	95	140
	2,3	80	120
>67	≤2,3	70	100

Рис. 1.3 – Максимальні значення поперечного зміщення центру мас

### 3. Одночасне поздовжнє і поперечне зміщення:

Одночасне зміщення центру ваги у двох напрямках продемонструвало незначний вплив на більшість динамічних показників. Однак було виявлено, що коефіцієнт запасу стійкості зменшується, що обґрунтовує важливість дотримання граничних значень зміщення. Рис. 1.4. демонструє максимальні зміщення центру ваги.

Загальна вага двох вантажів, т	$l$ , мм	$b$ , мм
≤20	8 000	1 250
30	7 000	900
40	6 000	750
50	6 000	600
55	6 000	500
67	5 000	400
72	4 500	350

Рис. 1.4 – Максимальні значення поздовжнього ( $l$ ) та поперечного ( $b$ ) зміщення центру ваги

**Наукова новизна** дослідження полягає у вперше проведеному аналізі впливу зміщення центру ваги вантажу на динамічну завантаженість піввагонів з урахуванням швидкості руху на кривих ділянках малого та середнього радіусів. Результати моделювання дозволяють прогнозувати динамічну поведінку вагонів за різних умов завантаження.

#### **Практичне значення.**

Отримані результати сприятимуть:

- підвищенню безпеки руху вантажних поїздів,
- поліпшенню техніко-економічних показників роботи залізничного транспорту,
- вдосконаленню методів розробки конструкцій вагонів і стандартів щодо розміщення вантажів.

**Висновок:** дослідження підтвердило, що поздовжні та поперечні зміщення центру ваги вантажу впливають на динамічні показники піввагонів, зокрема на коефіцієнти вертикальної та горизонтальної динаміки, а також на стійкість вагонів від сходу з рейок. Дотримання нормативних вимог щодо розташування центру ваги вантажу є обов'язковим для забезпечення безпеки руху та ефективної експлуатації залізничного транспорту.

Результати даного дослідження стануть ключовою основою для розробки поточної автоматизованої системи вагового контролю.

## **1.2. Дослідження динамічних сигналів одноплатформних залізничних ваг**

«Дослідження динамічних сигналів одноплатформних залізничних ваг» проведене в 2022 році за авторством І.Ю. Колисниченко, присвячено актуальній проблемі підвищення точності ідентифікації та зважування залізничних вагонів на одноплатформних вагах у русі. [2]

**Метою дослідження** є розробка алгоритму апроксимації динамічних сигналів, отриманих під час проїзду вагонів через вагову платформу, для

покращення точності ідентифікації та можливості використання даних у системах машинного навчання.

**Методологія.** Дослідження базується на використанні числових методів апроксимації даних, отриманих із тензометричних систем зважування. Основним математичним інструментом є функція Гевісайда, яка дозволяє апроксимувати сигнали, пов'язані з проїздом вагонів. (рис. 1.5)

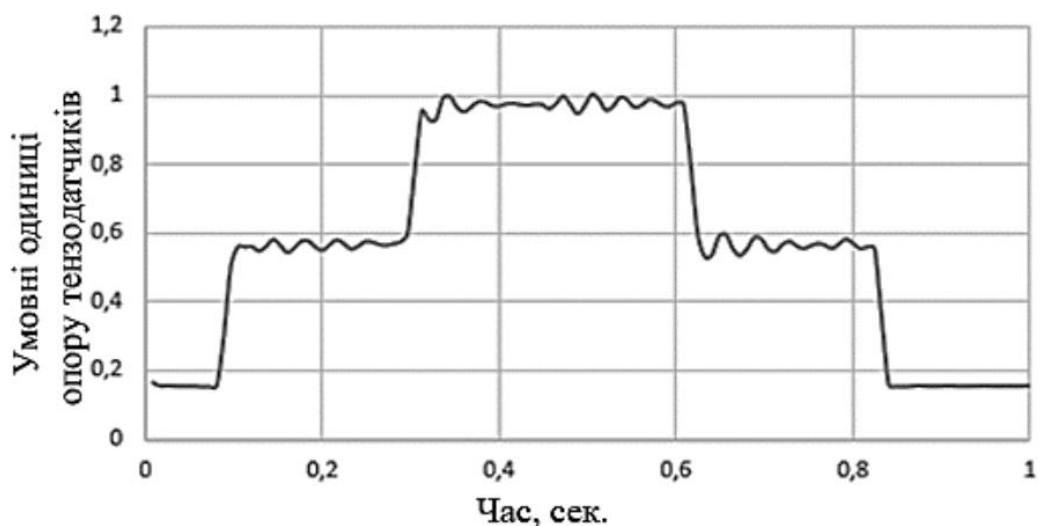


Рис. 1.5 – Графік проїзду 2-хосного вагону після нормалізації

Розрахунки виконані за допомогою програмного забезпечення, написаного мовою Python із використанням бібліотеки NumPy. Для нормалізації даних застосовано часові та амплітудні трансформації, що дозволило уникнути залежності результатів від швидкості проїзду вагонів.

### **Основні результати.**

#### **1. Розробка алгоритму апроксимації сигналів.**

Отримано функції, які апроксимують динамічні сигнали, пов'язані з проїздом вагонів різних типів (2-осні, 4-осні, 6-осні) та їх автозчеплень. Завдяки нормалізації вдалося зменшити вплив швидкості руху на точність аналізу.

#### **2. Ідентифікація вагонів:**

Вдалося ідентифікувати вагони з однаковою осністю, але різними характеристиками, такими як база вагона та база візка.

Методика дозволяє класифікувати вагони не лише за кількістю осей, але й за типом, враховуючи їх унікальні геометричні параметри.

### 3. Похибка апроксимації:

Застосування методу найменших квадратів для оцінки похибки апроксимації показало значення менше 2%, що відповідає вимогам до точності для практичного використання.

**Наукова новизна** роботи полягає у впровадженні алгоритму апроксимації динамічних сигналів одноплатформних ваг, який може бути використаний для генерації даних, наближених до реальних, з метою їх подальшого застосування у навчанні моделей машинного навчання.

### **Практичне значення.**

Результати дослідження сприяють підвищенню точності ідентифікації рухомих залізничних об'єктів, що дозволяє:

- зменшити час обробки даних;
- знизити похибки зважування;
- збільшити пропускну здатність підприємств завдяки скороченню простоїв.

**Висновки:** у статті запропоновано методику апроксимації динамічних сигналів залізничних ваг на основі функції Гевісайда, що дозволяє зменшити вплив швидкості руху вагонів на результати зважування та ідентифікації. Одержані результати можуть бути застосовані для створення сучасних автоматизованих систем контролю ваги та ідентифікації вагонів, а також для оптимізації роботи підприємств, які використовують залізничний транспорт. На жаль, динамічні ваги можуть бути використані лише для зважування вже наповненого вагону та не можуть бути використані для контролю рівномірності заповнення вагону вантажем. Проте, їх цілком можна використовувати для проведення контрольного зважування.



### 1.3. Несні сталеві конструкції для встановлення залізничних тензометричних ваг

Дослідження Л. І. Клочко, від 10.06.2024 під назвою «Несні сталеві конструкції для встановлення залізничних тензометричних ваг» присвячено розробці та аналізу двох конструктивних варіантів опорних систем для сучасних залізничних тензометричних ваг, які забезпечують точне зважування чотиривісних вагонів широкої колії. [3]

**Основною метою** є підвищення ефективності зважування, модернізація застарілих систем, а також розширення можливостей для зважування вагонів закордонного вагонного парку.

На рисунку 1.6 представлено загальне технічне рішення вагонних ваг.

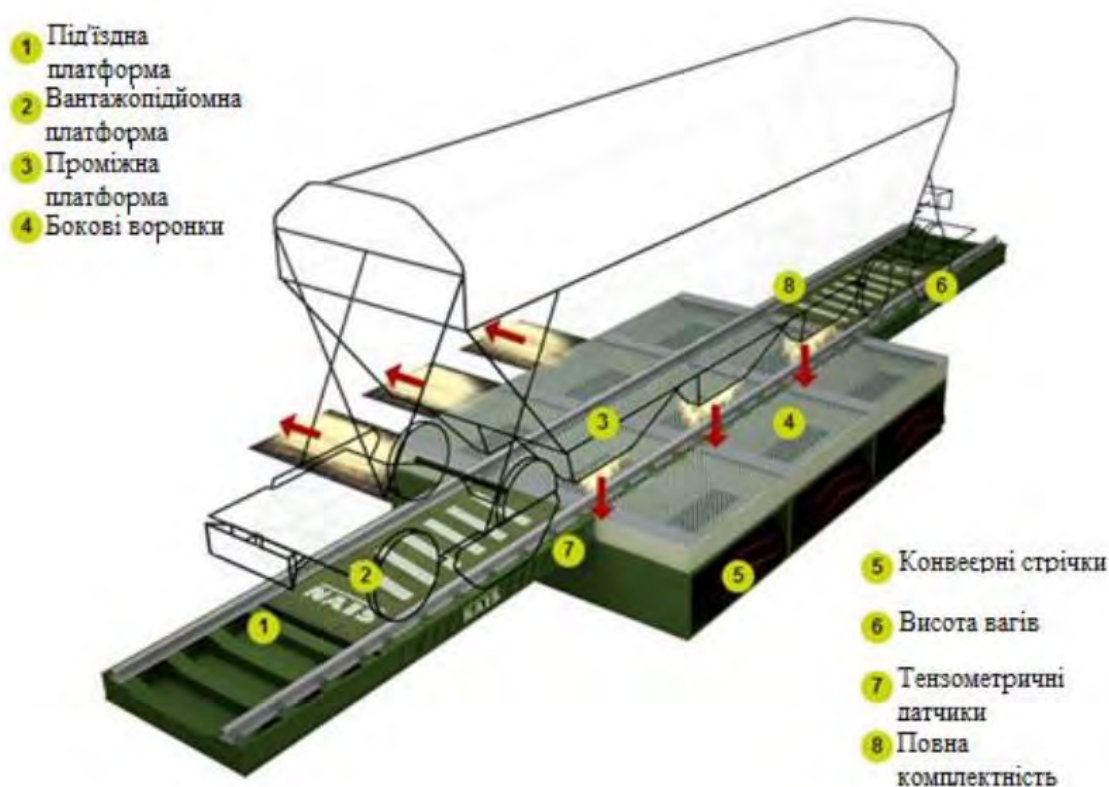


Рис. 1.6 – Загальне технічне рішення залізничних вагонних ваг

**Методологія.** Для досягнення мети проведено детальний аналіз сучасних типів вантажних вагонів та вимог до їх зважування. Розроблено два варіанти сталевих опорних конструкцій: «Просторова несна рама (варіант № 1,

представлений на рисунку 1.7)» та «Дві окремі плоскі несні рами (варіант № 2, представлений на рисунку 1.8)».

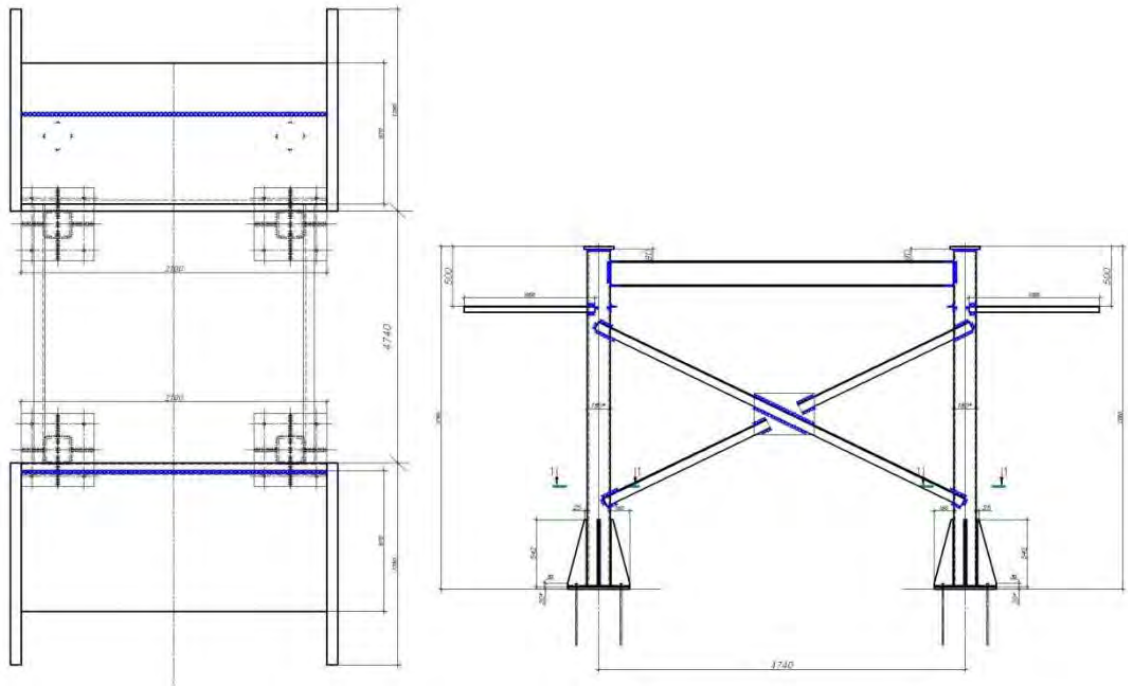


Рис. 1.7 – Просторова несна рама

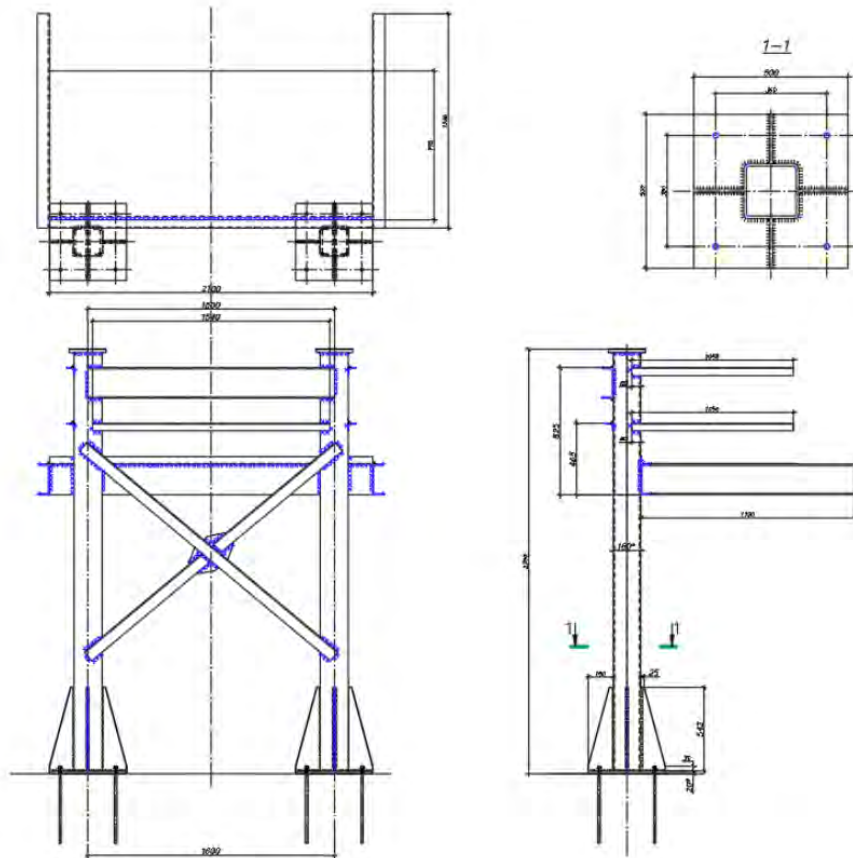


Рис. 1.8 – Дві окремі плоскі несні рами

Для оцінки ефективності конструктивних рішень використано метод скінченних елементів у програмному комплексі SCAD. На основі аналізу напружено-деформованого стану підібрано оптимальні поперечні перерізи для кожного елемента конструкції та визначено загальну масу кожного варіанта.

### **Основні результати**

#### **1. Порівняльний аналіз варіантів:**

Варіант № 1 є більш технологічним у виготовленні, оскільки містить лише 7 конструктивних елементів.

Варіант № 2 має на 40% меншу масу порівняно з варіантом № 1, однак передбачає використання 10 конструктивних елементів, що ускладнює його виробництво.

#### **2. Напружено-деформований стан:**

Максимальні вертикальні деформації для варіанта № 1 склали 2,51 мм, а для варіанта № 2 – 2,36 мм, що свідчить про близький рівень міцності обох конструкцій.

#### **3. Техніко-економічні показники:**

Варіант № 2 є більш раціональним за масою, що дозволяє зменшити витрати матеріалів та транспортування.

**Наукова новизна.** У роботі вперше проведено теоретичне порівняння двох конструктивних рішень опорної системи для залізничних тензOMETричних ваг. Метод скінченних елементів дозволив обґрунтувати вибір оптимального рішення, враховуючи масу, міцність та технологічність конструкцій.

### **Практична значимість.**

Розроблений варіант № 2, незважаючи на його складність у виготовленні, рекомендовано до реалізації завдяки його легкості та економічній ефективності. Рішення може бути впроваджене навіть за умов діючого виробництва.

**Висновки:** проведений аналіз продемонстрував, що варіант із двох окремих плоских несних рам (варіант № 2) є більш економічно доцільним, хоча й вимагає більш складного виготовлення. Його впровадження сприятиме модернізації вагового обладнання на промислових підприємствах, підвищенню ефективності роботи залізничного транспорту та зниженню витрат.

#### **1.4. Висновки до розділу I**

Аналіз трьох досліджень, що стосуються автоматизованих систем вагового контролю та конструктивних рішень у залізничній сфері, дозволив виділити ключові результати, що обґрунтовують необхідність інноваційних підходів у проектуванні та експлуатації таких систем.

##### **Безпека і надійність експлуатації:**

Дослідження впливу зміщення центру ваги вантажу в піввагонах показало, що дотримання встановлених меж зміщення є критичним для забезпечення стійкості вагонів і безпечного руху на криволінійних ділянках колії. Це підтверджує необхідність вдосконалення методів вагового контролю для забезпечення високої надійності перевезень.

##### **Покращення точності та функціональності вагових систем:**

Дослідження динамічних сигналів одноплатформних залізничних ваг підкреслює значення використання числових методів для апроксимації даних та ідентифікації вагонів. Отримані алгоритми дозволяють уникнути впливу швидкості руху вагонів на точність зважування та забезпечують високу надійність класифікації вагонів за їх унікальними характеристиками.

##### **Раціональне проектування конструкцій:**

Аналіз конструктивних рішень опорних систем для тензометричних ваг демонструє важливість оптимального вибору матеріалів і конфігурації конструкції. Зокрема, варіант із двох окремих плоских несних рам забезпечує

значну економію маси при незначному збільшенні складності виготовлення, що робить його перспективним для впровадження в промислових умовах.

Загалом, реалізація таких підходів сприятиме підвищенню ефективності залізничних перевезень, зниженню витрат і забезпеченню високого рівня безпеки.

Підсумовуючи, можемо стверджувати, що навіть зараз не втрачають своєї актуальності дослідження спрямовані на покращення всіх можливих аспектів вимірювання ваги на залізничному транспорті. Але ніхто раніше не пропонував створити автоматизовану систему вагового контролю, яка б дозволила виконувати одночасне наповнення декількох вагонів та слідкувати за рівномірністю розподілення вантажу в реальному часі. На цьому і буде зосереджено дану магістерську дисертацію.

## РОЗДІЛ II. ЗАГАЛЬНА СТРУКТУРА СИСТЕМИ ТА ЇЇ ЕЛЕМЕНТИ

Вагонні ваги – це спеціалізоване обладнання для зважування залізничних вагонів як в порожньому, так і в завантаженому стані. Вони призначені для оперативного та точного вимірювання ваги рухомого складу, що проходить через зону перевалки, та є невід'ємною частиною логістичних операцій на підприємствах транспортного й промислового секторів. [4]

### 2.1. Стационарні вагонні ваги

Вагонні ваги для статичного зважування (стационарні) – фіксовані платформи, на яких зважуються вагони. Вони можуть бути одно-, двох або багатосекційними в залежності від типу й кількості вагонів, що потребують одночасного зважування.

Стационарні вагонні ваги (рис. 2.1) є основним типом ваг для зважування залізничних вагонів на території логістичних центрів, залізничних станцій або промислових підприємств. Вони складаються з платформи, вбудованої в колію, що дозволяє точно вимірювати масу вагонів у статичному положенні. Зазвичай, стационарні ваги використовуються для зважування вагонів у повністю зупиненому стані, що гарантує максимальну точність вимірювань. [5]



Рис. 2.1 – Стационарні вагонні ваги (на двох платформах)

### **Конструктивні особливості** стаціонарних вагонних ваг:

– Платформа – міцна конструкція, яка витримує великі навантаження, адаптована під розмір залізничної колії. Платформа зазвичай розташована на спеціально підготовленій основі з бетонним фундаментом, що забезпечує стійкість і точність зважування. Можливе встановлення декількох платформ підряд задля забезпечення одночасного зважування декількох вагонів.

– Датчики навантаження (тензодатчики) – основні елементи, що забезпечують зважування. Датчики (зазвичай цифрові), встановлені під платформу, фіксують масу вагона, перетворюючи механічне навантаження на електричний сигнал, який передається до вагового терміналу для подальшої обробки. Зазвичай встановлюють по 4 датчики для кожної платформи.

– Ваговий термінал – пристрій, що приймає й обробляє сигнали від датчиків навантаження, відображаючи результати зважування на дисплеї та зберігаючи дані в базі. Сучасні термінали можуть бути інтегровані з інформаційними системами підприємства, що дозволяє автоматизувати процес збору та аналізу даних.

– Захисні елементи – зокрема, система захисту від перевантаження, яка запобігає пошкодженню обладнання при перевищенні допустимої маси. Окрім цього, стаціонарні ваги часто оснащуються системами захисту від вологи та пилу, що дозволяє використовувати їх у несприятливих умовах.

### **Переваги** стаціонарних вагонних ваг:

– Висока точність – зазвичай стаціонарні ваги забезпечують точність вимірювання до 0,1% від загальної ваги, що важливо для точного обліку вантажів.

– Міцність і довговічність – конструкція платформи і фундамент дозволяють витримувати великі навантаження протягом тривалого часу без значних технічних збоїв.

– Можливість автоматизації – сучасні стаціонарні ваги можна інтегрувати з системами керування підприємством, що дозволяє автоматизувати процес збору даних і мінімізувати людський фактор.

– Безпека – стаціонарні ваги забезпечують безпечне та точне зважування, що є важливим при транспортуванні небезпечних вантажів.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що стаціонарні ваги відіграють ключову роль при перевалці вантажів. Зокрема, виконують завдання фіксації точного обсягу вантажів, що дозволяє правильно розподіляти навантаження в процесі перевалки, контролювати відповідність нормативам безпеки, зокрема, щодо максимально допустимого навантаження на вісь. Це сприяє збереженню інфраструктури й транспорту та забезпечує надійність і ефективність логістичних процесів.

## 2.2. Динамічні вагонні ваги

Вагонні ваги для зважування в русі (динамічні) – це обладнання, яке дозволяє зважувати залізничні вагони в русі без необхідності зупинки. Такі ваги використовуються на великих транспортних вузлах і промислових підприємствах, де необхідна висока пропускна здатність і швидкість обробки вагонів. Динамічні ваги (рис. 2.2) спрощують і прискорюють процес контролю маси вантажів, забезпечуючи безперервний рух поїздів і знижуючи витрати на логістику.



Рис. 2.2 – Динамічні вагонні ваги



### **Конструктивні особливості динамічних вагонних ваг:**

– Основна відмінність від статичних ваг – використання лише однієї платформи. Найчастіше платформа виконується з металу та встановлюється на 4 тензодатчики, що стоять на бетонному фундаменті.

– Контроль швидкості руху – для точного вимірювання маси вагони повинні проходити через вагову платформу на певній швидкості. Відповідно до [6]:

«Гранично допустимі похибки вказаних ваг в експлуатації складають:

для вагона загальною вагою від 16 до 70 тонн включно при швидкості руху від 2 до 10 км/год - 1% (у відсотках від 70 тонн), а при швидкості руху від 10 до 20 км/год - 2% (у відсотках від 70 тонн);

для вагона загальною вагою більше 70 тонн при швидкості руху від 2 до 10 км/год - 1% (у відсотках від ваги, що вимірюється), а при швидкості руху від 10 до 20 км/год - 2% (у відсотках від ваги, що вимірюється).»

– Програмне забезпечення для обробки даних – система контролює вхідні дані від датчиків, автоматично обчислює загальну масу вагона й масу по осях, передаючи дані до інформаційної системи підприємства. Динамічні ваги інтегруються з центральними базами даних для збереження, обробки та аналізу отриманих даних.

– Система ідентифікації вагонів – у багатьох динамічних вагах передбачена інтеграція із системами ідентифікації, які дозволяють автоматично реєструвати номер вагона та зв'язати його з відповідною базою даних. Це забезпечує автоматизований облік вагонів без участі оператора.

### **Переваги динамічних вагонних ваг:**

– Висока пропускна здатність – завдяки можливості зважування в русі, динамічні ваги значно скорочують час перевалки, що важливо для великих транспортних вузлів з інтенсивним рухом.

- Автоматизація процесу – інтеграція з інформаційними системами забезпечує безперервний облік вагонів, дозволяє уникнути помилок через людський фактор і підвищує точність даних.

- Зниження витрат на обслуговування – оскільки немає необхідності зупиняти вагони, динамічні ваги знижують знос колії та самого обладнання.

- Гнучкість у використанні – динамічні ваги можна налаштувати під різні види вантажів, забезпечуючи гнучкість і адаптивність в процесі логістики.

Динамічні вагонні ваги відіграють важливу роль у системах з високою інтенсивністю перевалки. Вони забезпечують ефективний контроль ваги в умовах великого обсягу вантажних операцій, допомагають уникати затримок, викликаних зупинкою поїздів, і сприяють оптимізації витрат на логістику. [7]

### **2.3. Тензодатчики на вагонних вагах**

Тензодатчики, що застосовуються на вагонних вагах, можуть бути як аналоговими, так і цифровими. Кожен тип має свої переваги й недоліки, які роблять їх більш або менш придатними залежно від конкретних умов застосування.

#### **2.3.1. Аналогові тензодатчики**

Аналогові тензодатчики працюють на основі змін опору: навантаження на датчик спричиняє деформацію матеріалу, що змінює електричний опір датчика, і ця зміна фіксується як аналоговий сигнал. Ці тензодатчики давно використовуються і часто є більш доступними за ціною.

До переваг можна віднести:

- простота конструкції і надійність у звичайних умовах;
- широка сумісність з різноманітним обладнанням і підсилювачами, які зчитують аналоговий сигнал;

– досить часто мають нижчу вартість порівняно з цифровими аналогами.

Можна виділити наступні недоліки:

– сигнал може зазнавати спотворень та шумів, особливо на великих відстанях;

– менша точність у порівнянні з цифровими датчиками, особливо на великих навантаженнях;

– складність в обробці сигналу, що потребує додаткових підсилювачів і фільтрів.

На рисунку 2.3. показано аналоговий датчик Sensocar CS-A 20т.



Рис. 2.3 – Аналоговий датчик

Такі датчики зазвичай мають точність С4, С5 або С6, найбільша границя зважування від 10 до 100т, але найчастіше на вагонних вагах застосовуються 40, 50 або 100т датчики.

Електрична схема (рис. 2.4) досить проста та надійна: 4 тензорезистори з'єднані за мостовою схемою.

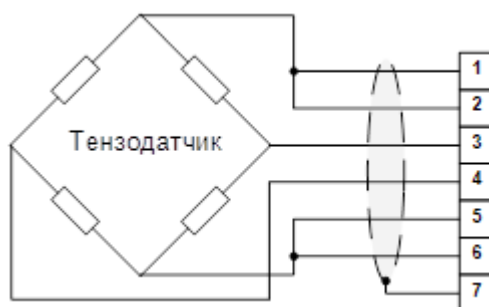


Рис. 2.4 – Схема підключення аналогового тензодатчика

Отже, аналогові датчики підходять для невеликих господарств та підприємств, де вагова знаходиться недалеко від платформи, а надзвичайна точність зважування не грає визначальну роль, на відміну від ціни.

### 2.3.2. Цифрові тензодатчики

Цифрові тензодатчики оснащені вбудованими перетворювачами, що перетворюють аналоговий сигнал у цифровий безпосередньо в корпусі датчика. Це забезпечує надійність передачі сигналу, особливо на великі відстані, та знижує вплив зовнішніх перешкод.

Переваги:

- висока точність і стабільність показників, незалежно від відстані передачі сигналу;
- менша чутливість до шумів, оскільки цифровий сигнал легше передається без спотворень;
- можливість інтеграції з сучасними системами автоматизації та віддаленого моніторингу.

Недоліки:

- більш висока вартість порівняно з аналоговими;
- складніші в ремонті та обслуговуванні через вбудовану електроніку;
- можуть вимагати додаткового налаштування для сумісності з існуючими аналоговими системами.

На рисунку 2.5. показано цифровий датчик Sensocar CS-DP 30т.



Рис. 2.5 – Цифровий датчик

Такі датчики зазвичай мають точність С5 або С6, найбільша границя зважування від 10 до 50т, але найчастіше на вагонних вагах застосовуються 40 або 50 тонні датчики.

На даний час, на вагонних вагах цифрові датчики використовуються частіше завдяки їх точності та стійкості до електромагнітних перешкод. Здатність передавати сигнал на велику відстань особливо важлива на залізничних станціях, де від платформи до вагової відстань може складати декілька сотень метрів.

Для створюваної автоматизованої системи вагового контролю, ключовим параметром є наявність у датчика номеру, що дає можливість визначення його положення в просторі. Це в свою чергу, дозволяє провести розрахунок центру мас кожної платформи, навантаження на кожний візок (колісну пару) вагону та рівномірності розміщення вантажу по всій площі вагону.

## 2.4. Ваговий термінал

*Ваговий термінал* — це електронний прилад для обробки та індикації результатів зважування (рисунок 2.6). Пристрій приймає і обробляє сигнали від тензодатчиків, перетворюючи їх у зручну для користувача інформацію. Вони можуть бути стаціонарними або портативними, залежно від потреб користувача. [8]



Рис. 2.6 – Ваговий термінал

Ваговий термінал може мати різні функції, включаючи:

- Термінал має дисплей, на якому відображається вагова інформація, така як маса вантажу, тари чи загальна вага.
- Термінал може мати кнопки або сенсорний екран для взаємодії з користувачем і здійснення налаштувань, наприклад, калібрування ваги або встановлення параметрів.
- Ваговий термінал може мати можливість зберігати дані про вимірювання ваги, такі як дата, час, ідентифікатор товару тощо. Вони також можуть бути здатні передавати ці дані до зовнішніх систем або комп'ютерів для обробки та аналізу.

– Ваговий термінал може виконувати функції керування, такі як вимкнення або налаштування підключених вагових датчиків тощо.

**За типом** вагові термінали можна поділити на:

– *Аналогові вагові термінали:* працюють із аналоговими сигналами від тензодатчиків, забезпечують базову обробку даних і можуть бути простішими за конструкцією.

– *Цифрові вагові термінали:* працюють із цифровими датчиками, підтримують більш складні алгоритми обробки даних і часто інтегруються з автоматизованими системами управління.

– *Комбіновані термінали:* можуть працювати як із аналоговими, так і з цифровими сигналами, що надає гнучкість в умовах модернізації вагового обладнання. Зазвичай дорожчі за спеціалізовані цифрові або аналогові термінали, через необхідність включення в конструкцію додаткового аналого-цифрового перетворювача, на додачу до основного процесора, що оброблює інформацію.

**Конструктивні особливості:**

*Корпус:* зазвичай виготовляється з металу або міцного пластику, що забезпечує захист від пилу, вологи та механічних впливів.

*Дисплей:* різні типи дисплеїв (LCD, LED) для виведення інформації про вагу. Деякі термінали оснащені сенсорними екранами для полегшення роботи.

*Кнопкове керування:* кнопки для ввімкнення, налаштування, калібрування, обнуління показів та інших функцій.

*Процесорна частина:* мікроконтролер або мікропроцесор для обробки сигналів, обчислення ваги та взаємодії з іншими пристроями.

*Зовнішні роз'єми* для підключення датчиків, комп'ютерів та іншого обладнання.

**Роз'єми та інтерфейси підключення:**

*Аналогові входи* для підключення аналогових тензодатчиків (зазвичай через 4-провідну або 6-провідну схему).

*Цифрові входи* для цифрових тензодатчиків, що використовують інтерфейс RS-485.

*USB*: дозволяє передавати дані на комп'ютер, флеш-накопичувач або інші периферійні пристрої.

*Ethernet*: використовується для підключення до локальної мережі або віддалених систем управління та моніторингу.

*RS-232* або *RS-485*: стандартні інтерфейси для обміну даними з комп'ютером або контролером на невеликій відстані.

## 2.5. Автоматизація

Автоматизація на вагонних вагах дозволяє значно підвищити ефективність і точність зважування залізничних вагонів, знизити вплив людського фактору та полегшити інтеграцію в загальну систему обліку. В таких системах використовуються різні пристрої та технології для оптимізації процесу зважування, контролю руху вагонів і збору даних.

Окрім тензодатчиків та вагового терміналу для реалізації автоматизації на вагонних вагах використовують:

– *Камери*: зазвичай встановлюють від двох до чотирьох камер, але в залежності від потреб замовника їх може бути і більше.

- Камери з можливістю розпізнавання – фіксують номери вагонів, які проходять через ваги. Це дозволяє автоматично ідентифікувати вагони та відстежувати їх у системі обліку.

- Камери для контролю навантаження – це звичайні камери, які дозволяють оператору візуально перевірити наявність або відсутність вантажу в вагоні та оцінити розподіл вантажу по вагону.

- Також можуть використовуватись системи відеоспостереження – забезпечують загальний контроль над процесом зважування, допомагають відстежувати рух вагонів і контролювати порядок



на станції. Камери можуть записувати процес для подальшого аналізу або перевірки у разі виникнення спірних ситуацій.

– *Світлофори та сигнальні системи:* використовуються для регулювання руху вагонів. Додатково можуть встановлюватись звукові сигнали для привернення уваги операторів або машиністів у разі помилок чи аварійних ситуацій.

– *RFID-мітки:* на залізничних вагонах застосовуються для автоматизації реєстрації руху вагонів по контрольних точках, а також для автоматизації зважування вагонів та реєстрації їх номерів. На залізничних вагонах зазвичай встановлюються дві RFID мітки. Мітка на вагоні закріплюється за допомогою заклепок, шурупів або спеціальних кронштейнів. [9]

Приклад закріпленої мітки представлено на рисунку 2.7.



Рис. 2.7 – RFID-мітка

На даний час будь-яких стандартів на місце кріплення RFID-міток вагонів поки немає. Важливо дотримуватися умови прямої видимості між антеною та RFID-міткою. На рисунку 2.8 показано зчитувач RFID-міток

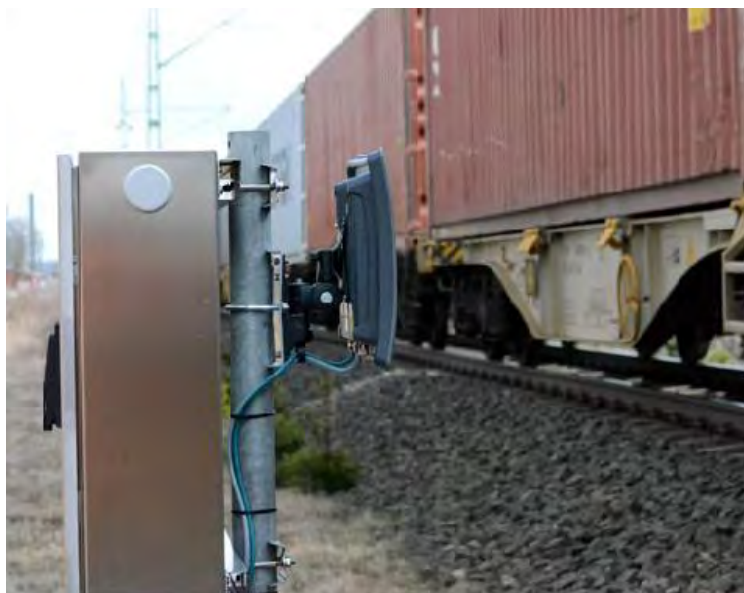


Рис. 2.8 – Зчитувач RFID-міток

– *Датчики швидкості:* Вимірюють швидкість руху вагонів перед ваговою станцією, що дозволяє зважувати вагони на ходу (використовуються при динамічному зважуванні).

– *Автоматизоване програмне забезпечення:* сучасні вагові станції часто мають спеціалізоване ПЗ, яке обробляє та зберігає дані, автоматично формує звіти та надсилає дані на центральний сервер для інтеграції з ERP-системами (системами управління підприємствами).

В підсумку, автоматизація вагонних ваг забезпечує зручність і точність, що значно спрощує управління вантажними перевезеннями та покращує контроль за обліком вагонів і вантажів на залізниці.

## **2.6. Розробка структурної схеми автоматизованої системи вагового контролю**

Структурна схема розроблена для двох ваг. Кожні ваги складаються з двох платформ. На рисунку 2.9 зображено структурну схему автоматизованої системи вагового контролю.

*Надається за звернення до авторів*

Рис. 2.9 – Структурна схема

Платформи позначено пунктирною лінією та підписано П1 - П4. Під кожною платформою розміщено 4 цифрових тензодатчика D1 – D16. Кожні ваги під'єднані до окремої клемної коробки. Від клемної коробки йде центральний кабель, що передає сигнал з датчиків на ваговий індикатор. Всі вагові індикатори та ІР камеру підключено до комутатору, як і ПК на якому встановлено розроблене програмне забезпечення для вагового контролю.

Для реалізації запропоновано використання наступного обладнання:

- Цифровий датчик Sensocar SC-DP 40t (рис. 2.10)



Рис. 2.10 – Цифровий тензодатчик

- Клемна коробка CAJA/D-PLG (рис. 2.11)



Рис. 2.11 – Клемна коробка

- Камера 2МП ІР камера Hikvision DS-2CD7A26G0-IZHS (рис. 2.12)



Рис. 2.12 – IP камера

- Ваговий індикатор STA.TRM(D) (рис. 2.13)



Рис. 2.13 – Ваговий індикатор

- Комутатор TP-LINK TL-SG105 (рис. 2.14)

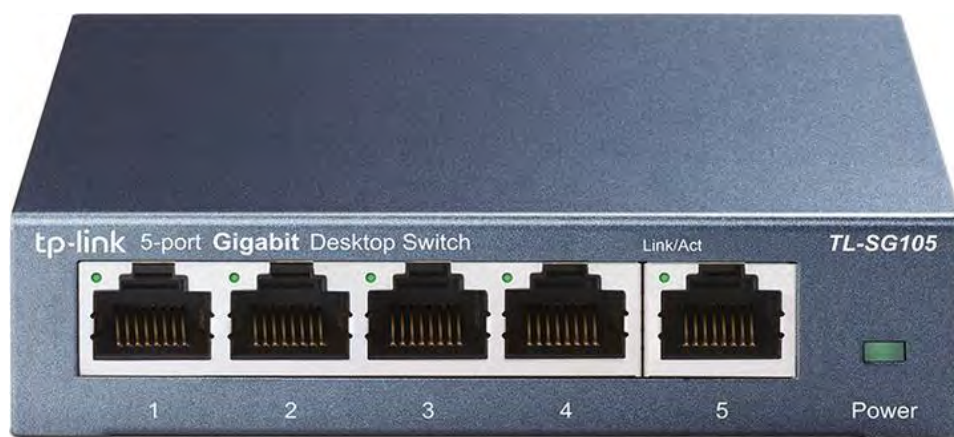


Рис. 2.14 – Коммутатор

## 2.7. Висновки до розділу II

У цьому розділі було розглянуто основні характеристики та особливості вагонних ваг, які застосовуються для зважування залізничного транспорту. Було проведено аналіз стаціонарних і динамічних вагонних ваг, а також описано їх основні складові елементи.

Складові систем вагового контролю, зокрема стаціонарні ваги, тензодатчики, вагові термінали та обладнання для автоматизації, є розробленими, широко впровадженими та надійними рішеннями від численних виробників. Ці системи демонструють високу точність, надійність та ефективність у процесах зважування і можуть інтегруватися у загальну логістичну інфраструктуру підприємств. Завдяки автоматизації значно знижуються витрати часу і людських ресурсів, що робить такі рішення економічно доцільними.

Водночас, при тому що наявні численні сучасні технічні засоби і рішення для зважування, реалізація вагового контролю для процесу одночасного наповнення декількох вагонів є досить слабо розвинутою через брак спеціалізованого програмного забезпечення. Це обмежує можливості інтеграції всіх компонентів системи у єдине автоматизоване рішення та не дозволяє повною мірою реалізувати потенціал сучасних «сухих портів», перевалочних пунктів, де є потреба завантажувати та розвантажувати сотні тон вантажів на годину.

Саме тому у наступних розділах дослідження увага буде зосереджена на розробці та вдосконаленні програмного забезпечення, яке забезпечить інтеграцію всіх компонентів системи, підвищить її функціональність та сприятиме вдосконаленню процесів вагового контролю і наповнення вагонів.

## РОЗДІЛ III. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Мета: розробити програмне забезпечення для автоматизованої системи вагового контролю, яке забезпечить точне, швидке та зручне зважування транспортних засобів, фіксацію отриманих даних, контроль допустимих вагових норм.

### 3.1. Аналоги

Існує чимало програмних рішень для автоматизованого вагового контролю, які мають широкий спектр функціональних можливостей та адаптивність до різних умов експлуатації. До переваг таких систем можна віднести високу точність зважування, швидкість роботи, автоматичний збір і збереження даних, можливість інтеграції з іншими інформаційними системами (логістика, бухгалтерія, контроль транспорту). Такі системи дозволяють знижувати вплив людського фактору, автоматизують процеси документування результатів зважування, а також забезпечують формування звітів відповідно до нормативних вимог.

Деякі з найбільш функціональних реалізацій також пропонують модулі для аналізу даних, які допомагають ідентифікувати порушення вагових норм, відстежувати історію зважувань для кожного транспортного засобу і формувати спеціалізовані звіти для органів контролю чи логістичних служб. Інтеграція з різноманітними сенсорами, такими як RFID-зчитувачі або відеокамери, дозволяє автоматизувати процес ідентифікації транспортних засобів.

Однак, попри значний функціонал і явні переваги, більшість існуючих систем має низку суттєвих недоліків, які знижують їх ефективність та обмежують можливості застосування. Один із головних недоліків таких програмних рішень – відсутність візуального відображення рівня завантаження та визначення зміщення центру мас вантажу на платформі. Це

обмеження є критичним у багатьох сферах, наприклад, у залізничному транспорті, де розподіл ваги має важливе значення для забезпечення безпеки перевезень. Для візуальної оцінки, рівномірності заповнення вагону вантажем необхідно додаткове обладнання. В разі одночасного наповнення декількох вагонів потрібна відповідна кількість камер, що є економічно недоцільним. Також зростає вплив людського фактору та значно збільшується ймовірність помилки через неуважність або втому. Користувачі таких систем стикаються з ризиками перевантаження окремих осей чи неправильного розташування центру мас, що може призвести до аварійних ситуацій або пошкодження рухомого складу.

Ще одним вагомим недоліком є відсутність можливості переглядати інформацію одночасно з декількох вагових платформ. У великих логістичних або промислових об'єктах, де використовується кілька ваг, така функція є критичною для забезпечення максимальної ефективності роботи. Наприклад, якщо є необхідність синхронного моніторингу завантаження трьох-чотирьох вагонів, існуючі рішення часто вимагають переключення між окремими модулями або навіть використання окремого програмного забезпечення для кожної вагової. Це не тільки ускладнює роботу оператора, але й знижує оперативність прийняття рішень.

До інших недоліків можна віднести обмеженість у гнучкому налаштуванні під специфічні потреби користувача, високі витрати на впровадження та обслуговування, а також складність інтеграції з сучасними рішеннями для віддаленого моніторингу та управління. Деякі програми можуть мати застарілий або незручний інтерфейс, що ускладнює їхнє використання некваліфікованими операторами.

Для прикладу нижче наведено програмне забезпечення для автомобільних ваг АРМ (рис.3.1), компанії «Ваговимірювальні системи» [10]



№	ТТномер автомобіля	Відправник	Джерело іерархія Іпатин	Товар	Ціна товарів 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
СП-21	АЕ6845АА	Шидра нива	Теха ... Чумаць...	Теха ... соняшн...	6724	30334	30334	6724	23610	25.07.2022	17:37	25.07.2022	17:37	1											
СП-20	АЕ6871АА	Гуляйполе	Теха ... Чумаць...	Теха ... соняшн...	9000	11696	37186	37186	11696	25.07.2022	17:36	25.07.2022	17:37	1											
СП-19	АЕ6871АА	Гуляйполе	Теха ... Чумаць...	Теха ... соняшн...	7500	6867				25.07.2022	17:36														
СП-18	АВ5605АА	Шидра нива	Теха ... Чумаць...	Теха ... рапс...	13402					25.07.2022	17:36														
СП-17	АЕ6845АА	Шидра нива	Теха ... Чумаць...	Теха ... соняшн...	10320	7413	33766	33766	7413	26353	25.07.2022	17:34	25.07.2022	17:35	1										
СП-16	АЕ6871АА	Гуляйполе	Теха ... Чумаць...	Теха ... соняшн...	9378	41515	41515	9378	32137	25.07.2022	17:32	25.07.2022	17:32	1											
СП-15	АН8894АА	Шидра нива	Теха ... Колас...	Теха ... рапс...	13600	13634	43634	43634	13634	30000	25.07.2022	17:29	25.07.2022	17:29	1										
СП-14	АЕ6871АА	Гуляйполе	Теха ... Чумаць...	Теха ... соняшн...	15800	6494	32500	32500	6494	26006	25.07.2022	17:27	25.07.2022	17:27	1										
СП-12	АЕ6845АА	Шидра нива	Теха ... Чумаць...	Теха ... соняшн...		8356					25.07.2022	17:25													
СП-11	АВ5605АА	Коласка	Теха ... Чумаць...	Теха ... рапс...	14500	7401	40636	40636	7401	33235	25.07.2022	17:20	25.07.2022	17:20	1										
СП-11	АН8894АА	Шидра нива	Теха ... Колас...	Теха ... рапс...	17000	31535	7489	11535	7489	24046	25.07.2022	17:18	25.07.2022	17:18	1										
СП-10	АА4800АМ	Гуляйполе	Теха ... Чумаць...	Теха ... пшениц...	5900	8283	42810	42810	8283	34527	25.07.2022	17:17	25.07.2022	17:17	1										
СП-9	АЕ6845АА	Шидра нива	Теха ... Чумаць...	Теха ... соняшн...	11200	8265	8265	8265	8265		25.07.2022	17:12	25.07.2022	17:12	1										
СП-8	АВ5605АА	Шидра нива	Теха ... Чумаць...	Теха ... рапс...	14600	10454					25.07.2022	17:11													
СП-7	АВ5400АА	Зора	Теха ... Весел...	Теха ... соняшн...	11100	8332	34115	34115	8332	25783	25.07.2022	17:11	25.07.2022	17:11	1										
СП-6	АВ5605АА	Шидра нива	Теха ... Чумаць...	Теха ... рапс...	14900	9020	26757	26757	9020	17737	25.07.2022	17:03	25.07.2022	17:04	1										
СП-5	АВ5400АА	Зора	Теха ... Весел...	Теха ... соняшн...	11300	6760	31005	31005	6760	24245	25.07.2022	17:02	25.07.2022	17:02	1										
СП-4	АВ5605АА	Шидра нива	Теха ... Чумаць...	Теха ... рапс...	15000	5043	34957	34957	5043	29914	25.07.2022	16:50	25.07.2022	16:50	1										
СП-3	АВ5400АА	Зора	Теха ... Весел...	Теха ... соняшн...	12000	7342	34875	34875	7342	27533	25.07.2022	16:49	25.07.2022	16:49	1										
СП-2	АА5517АЕ	Зора	Теха ... Чумаць...	Теха ... соняшн...	11200	7190	37661	37661	7190	30471	25.07.2022	16:45	25.07.2022	16:45	1										
СП-1	АА4800АМ	Гуляйполе	Теха ... Чумаць...	Теха ... пшениц...	5600	5811	32102	32102	5811	26271	25.07.2022	16:44	25.07.2022	16:44	1										

Рис. 3.1 – ПЗ для автомобільних ваг АРМ

Та розробка від «Асвік Центр» під назвою АВД-20Т, що представлена на рисунку 3.2. [11]

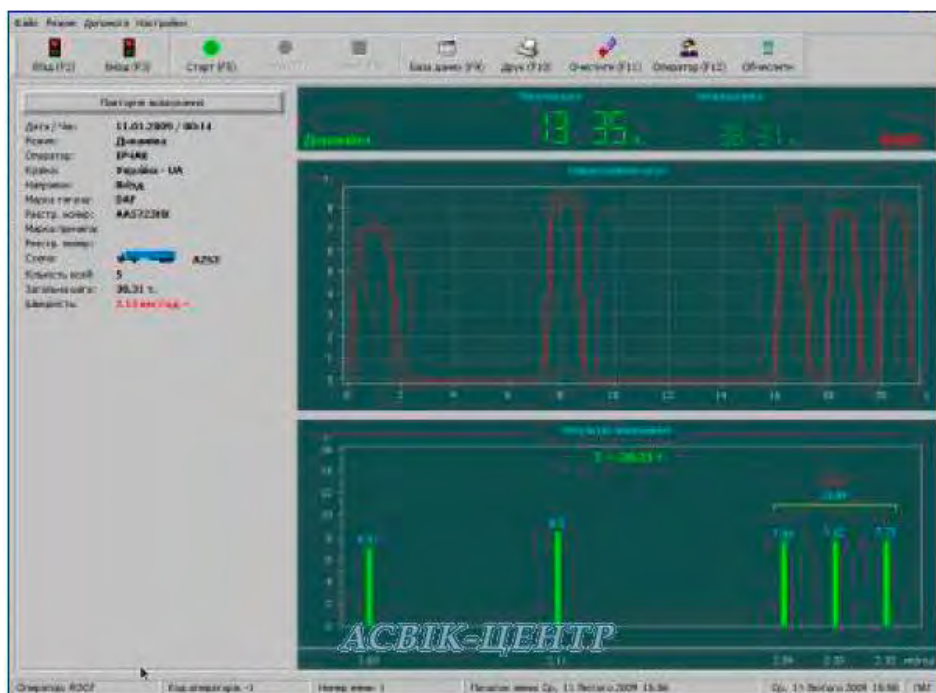


Рис. 3.2 – Програмне забезпечення "АВД-20Т"

Таким чином, хоча існуючі програмні рішення для автоматизованого вагового контролю і мають значні переваги та відпрацьований роками функціонал, їхні недоліки, зокрема відсутність візуалізації рівня завантаження

та центру мас платформи, а також можливість одночасного перегляду даних з кількох ваг, створюють передумови для подальшої оптимізації та вдосконалення. Розв'язання цих проблем дозволить зробити такі системи більш універсальними, зручними та ефективними для широкого спектра користувачів.

### **3.2. Обґрунтування вибору середовища розробки та мови програмування**

**Visual Studio 2022** – це інтегроване середовище розробки, створене компанією Microsoft для розробки програмного забезпечення. Це універсальне рішення для створення сучасних додатків будь-якої складності.

Visual Studio підтримує широкий спектр мов програмування, таких як C#, C++, Python, JavaScript, TypeScript, Visual Basic, F#, та інші. Ця платформа забезпечує розробників усіма необхідними інструментами для написання, налагодження, тестування та розгортання програм. [12]

Серед основних можливостей Visual Studio варто відзначити інтелектуальне автоматичне доповнення коду IntelliSense, потужний налагоджувач для виявлення та виправлення помилок, а також інструменти для рефакторингу, які спрощують роботу з кодом. Крім того, Visual Studio інтегрується з системами контролю версій, такими як Git та Azure DevOps.

Візуальний редактор форм у Visual Studio дозволяє легко створювати інтерфейс користувача, розміщуючи необхідні елементи керування та компоненти для доступу до даних безпосередньо на формі.

Можливість компіляції прямо у середовищі розробки та функція «Hot reload», що дозволяє вносити зміни в код під час процесу налагодження без повної перекомпіляції проекту. Це значно пришвидшує розробку, тому що дозволяє одразу виправляти незначні помилки та застосовувати декілька варіантів налаштувань під час однієї сесії налагодження.

**Мову програмування C#** було обрано для реалізації даного проекту. Це обумовлено її багатofункціональністю, сучасністю та широкою підтримкою в

середовищі розробки Visual Studio. C# розроблена компанією Microsoft як об'єктно-орієнтована мова, що забезпечує високу продуктивність і зручність для створення різнопланових програм. [13]

Серед ключових переваг C# можна виділити простий та зрозумілий синтаксис, а також багаті можливості для реалізації складних алгоритмів і структур. Мова має інтеграцію з потужною платформою .NET, що відкриває доступ до великої кількості бібліотек і фреймворків для прискорення розробки.

**Вибір ООП** (об'єктно-орієнтованого програмування) для реалізації даного проекту зумовлений його здатністю забезпечувати структурованість, модульність та гнучкість програмного коду. ООП дозволяє розділити систему на окремі об'єкти, кожен з яких відповідає за певну функціональність, що значно спрощує розробку, тестування та супровід проєкту. [14]

Завдяки ООП легше моделювати реальні об'єкти та процеси, що робить його ідеальним для проєктів, де важливим є тісний взаємозв'язок між компонентами, наприклад, у системах автоматизації. Крім того, такий підхід забезпечує високу читабельність і підтримуваність коду, що є критичним для довгострокових або масштабних проєктів. У випадку даного проєкту ООП дозволить створити гнучку архітектуру, здатну легко адаптуватися до змін вимог і розширення функціоналу.

Використання **бібліотеки Tesseract** у проєкті обґрунтовується її здатністю виконувати оптичне розпізнавання тексту (OCR) з високою точністю. Це одна з найбільш популярних і ефективних OCR-бібліотек, яка підтримує розпізнавання текстів багатьма мовами та працює з різними шрифтами й стилями. Її відкритий код і безкоштовність роблять Tesseract доступним рішенням для інтеграції у проєкт без додаткових витрат. Бібліотека легко інтегрується з мовою програмування C# завдяки існуючим обгорткам для .NET, що забезпечує простоту використання та доступ до повного функціоналу OCR. [15]

Tesseract демонструє високу точність розпізнавання тексту навіть із низькоякісних зображень завдяки використанню моделей на основі машинного навчання. Бібліотека підтримує роботу з різними графічними форматами, такими як PNG, JPEG та TIFF, що робить її універсальною для обробки зображень. Важливою перевагою є також гнучкість у налаштуванні, зокрема можливість адаптації до специфічних символів чи мов шляхом додаткового тренування моделей. У межах даного проєкту Tesseract буде використаний для автоматичного розпізнавання номерів вагонів. Це дозволить автоматизувати процес заповнення даних про вагон та мінімізує людський фактор.

### 3.3. Алгоритм роботи програмного забезпечення

Центром програми є два класи: Ваги та Платформа. Кожні ваги складаються з пари платформ, хоча можливий варіант коли ваги роблять з трьох або чотирьох платформ.

Опис UML-діаграми:

- Platform
  - Містить приватні поля для датчиків і властивості для нульової точки (Zero), тари (Tare) і поточної ваги (CurrentWeight).
  - Публічні методи дозволяють встановлювати нуль, тару, отримувати поточну вагу, а також взаємодіяти з графікою та панелями.
- Scales
  - Має два об'єкти Platform (Platform1 і Platform2) як публічні властивості.
  - Містить приватну властивість для зберігання номера вагону (WagonNumber).
  - Публічні методи виконують зважування і розрахунок зміщення центру мас.

На рисунку 3.3 представлено UML-діаграму, що описує класи та зв'язок між ними.

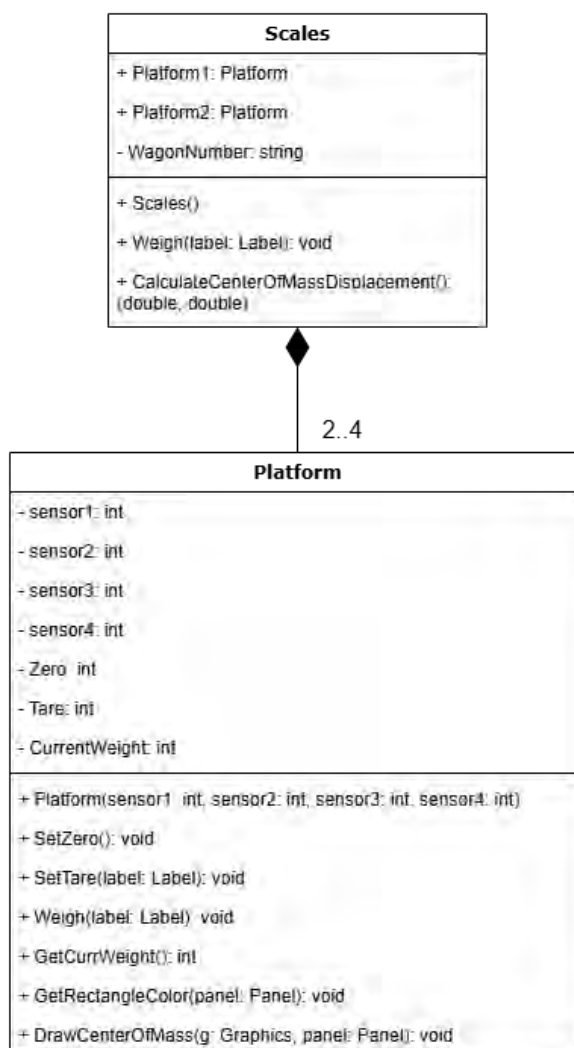


Рис. 3.3 – UML-діаграма

Загальний алгоритм виконання програми:

- Зчитування зображень вагонів та розпізнавання номерів. Автоматичне занесення у відповідні поля.
- Отримання значень з датчиків, за необхідності можна взяти нуль та зафіксувати значення тари
- Після початку заповнення вагону колір кожної платформи плавно змінюється від зеленого до червоного в залежності від рівня заповнення. У разі перевантаження платформи, колір фіксується на багрянному.
- Обрахунок та відображення центру мас кожної платформи

- Обрахунок відхилення центру мас вагона від осей.
- Індикація про можливе перевантаження.
- Індикація при відхиленні центру мас від осей та обрахунок величини зміщення.

Розглянемо кожен етап роботи програми більш детально. І почнемо з інтерфейсу. Вигляд головної форми в редакторі показано на рисунку 3.4.

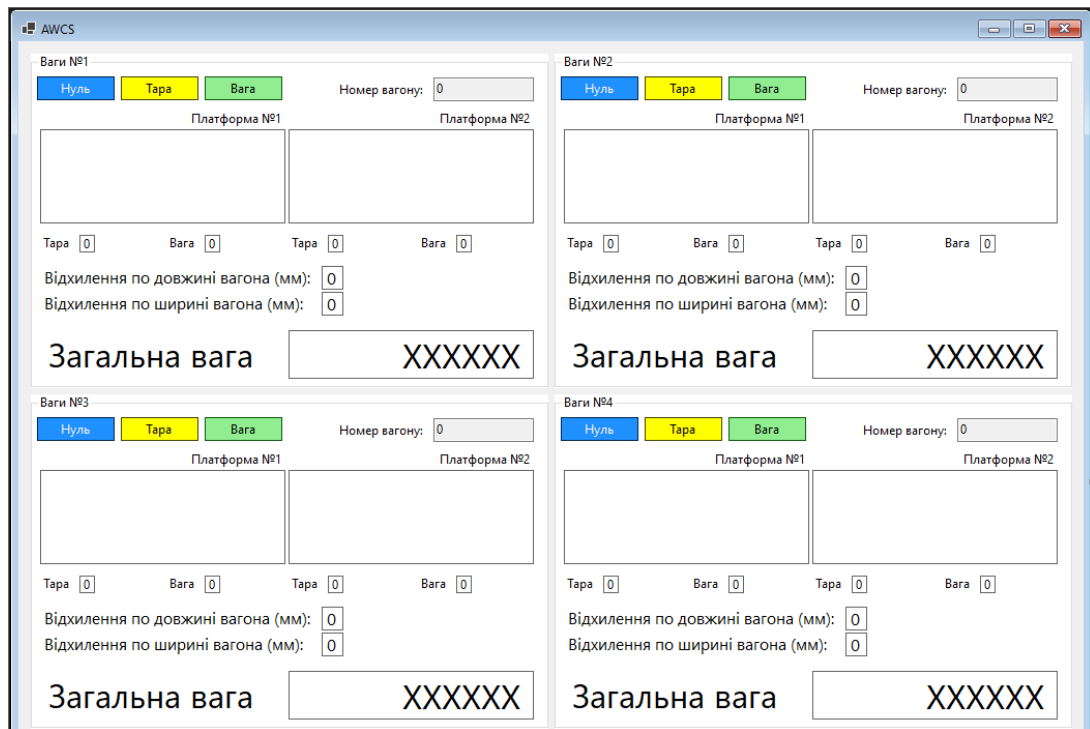


Рис. 3.4 – Вигляд форми в редакторі

Завдяки використанню об'єктно-орієнтованого підходу вдалось забезпечити модульність програми та можливість інтеграції з вже існуючими програмними комплексами. В даній конфігурації програма налаштована на роботу з 4 вагами, виконаними в стандартній конфігурації, тобто складаються з двох платформ та відповідно восьми датчиків. Варто зазначити, що конфігурацію можна досить швидко змінити в залежності від потреб на конкретному об'єкті та відобразити інформацію одночасно від 2 до 6 ваг.

При заїзді поїзду на завантаження, камера робить знімки вагонів з боку, та зберігає їх в окрему папку. Одразу при запуску програма звертається до

папки з зображеннями вагонів. Фото додаються в чергу та автоматично вносяться в поле номер вагону. Після виконання зважування поле очищається і вноситься номер наступного вагону. Це реалізовано в наступних 2 функціях, лістинг нижче:

*Фрагмент коду надається за звернення до авторів*

Для перевірки коректності роботи в папку додаємо 4 тестових зображення вагонів та запускаємо програму на виконання. (рис. 3.5, 3.6)

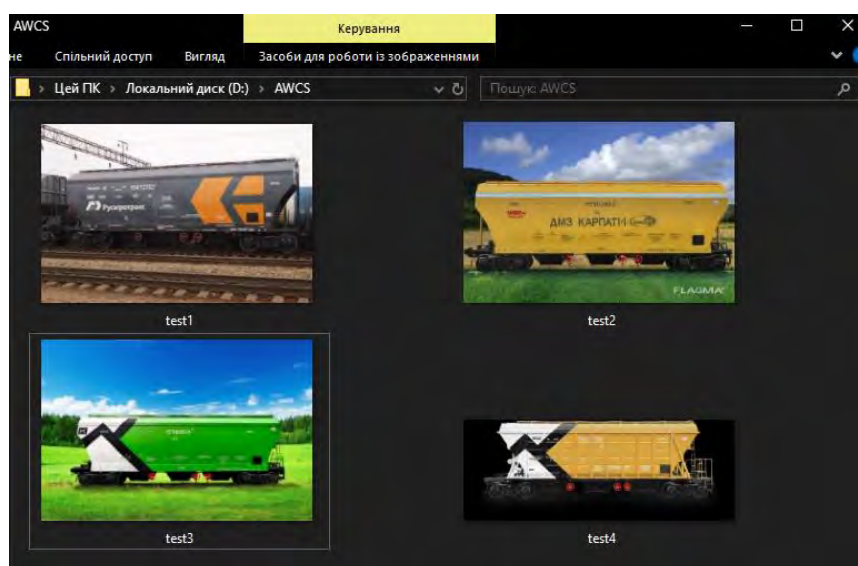


Рис. 3.5 – Тестові зображення

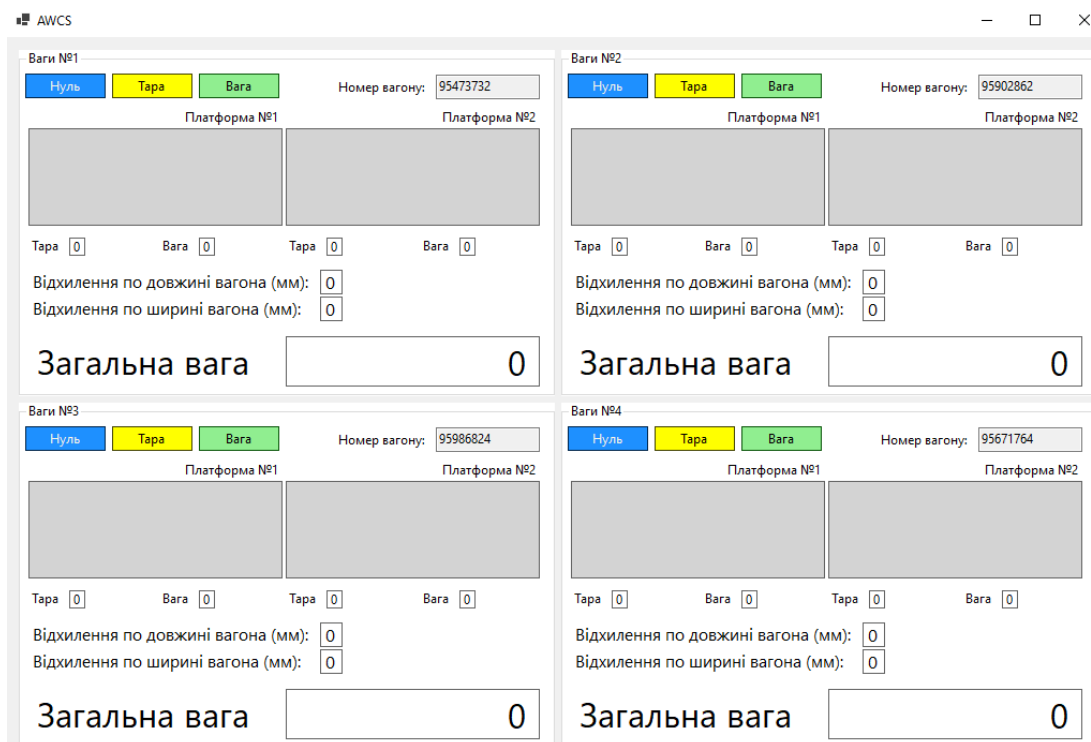


Рис. 3.6 – Результати розпізнавання

З рисунку 3.6 бачимо, що номери розпізнані вірно та послідовно занесено у відповідні поля, як і планувалось.

Для емуляції роботи датчиків використаємо елемент trackBar, з його допомогою зможемо швидко та контрольовано змінювати значення восьми датчиків та розглянути різні ситуації, що можуть виникнути при роботі.

Додаємо подію Scroll, щоб оновлювати значення одразу при перетягуванні повзунка. Для оцінки продуктивності, будемо вводити значення одразу для всіх 4 ваг на кожному trackBar. Значення будуть знаходитись в діапазоні від 0 до 40000, зображуючи роботу датчика на 40 т. Код ідентичний для кожного трекбару, тому тут буде наведено лістинг лише для першого:

*Фрагмент коду надається за звернення до авторів*

Для початку встановимо значення тари на 24 т, симулюючи пустий вагон, що тільки став на завантаження (рис. 3.7).



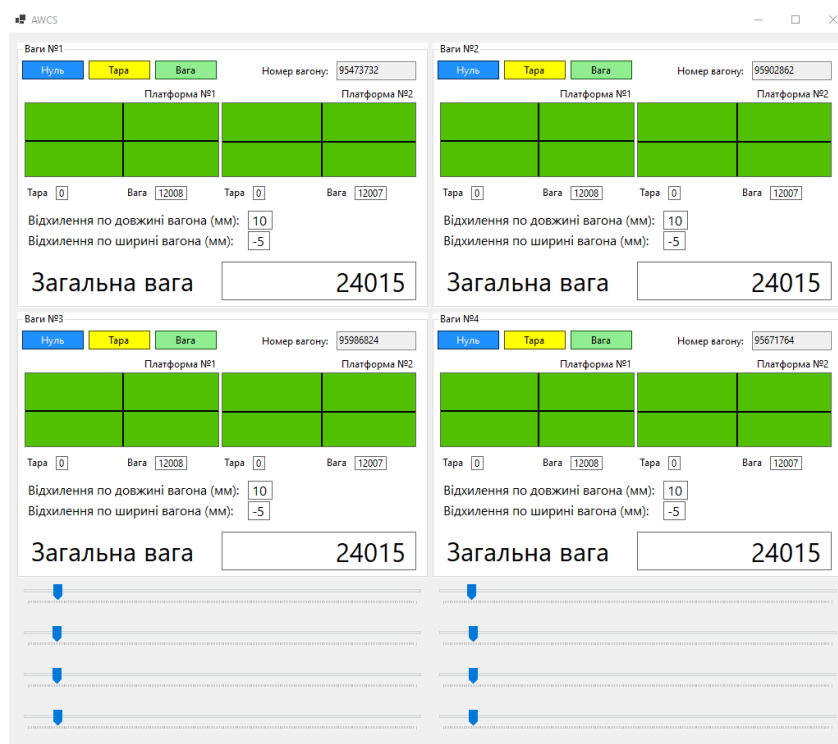


Рис. 3.7 – Встановлення тари, ч.1

Бачимо, що на формі відображаються значення ваги кожної платформи та розраховується рівномірність навантаження на кожен датчик під платформою, також розраховується зміщення центру мас від осей вагона, але до цього повернемося трошки пізніше.

Натискаємо кнопку тари, значення тари кожної платформи фіксується, а значення ваги стає нульовим для відображення виключно маси вантажу. Для візуалізації того, що тару було успішно взято, платформа змінює колір на сірий. (рис. 3.8)

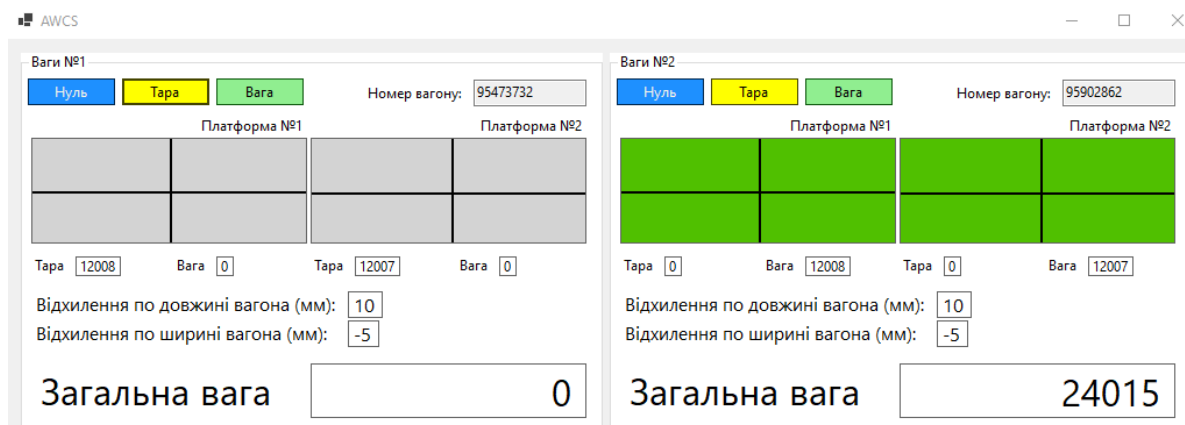


Рис. 3.8 – Встановлення тари, ч.2

Моделюємо наповнення вагону зерном. Якщо все добре, платформи наповнюються рівномірно колір платформ буде поступово змінюватись від світло зеленого до яскраво червоного. Це реалізовано в методі класу Platform:

*Фрагмент коду надається за звернення до авторів*

Припустимо, сталась технічна несправність та вагон почав заповнюватись швидше спереду, ніж ззаду (рис. 3.9). По перше, оператор бачить різницю в кольорах платформ, одна стає темнішою за іншу. По друге, відображено попередження про перевищення відхилення по довжині вагону червоним кольором на чорному фоні. Від'ємне значення – перевантажено передню вісь вагону, додатне – задню.

Ваги №1

Номер вагону: 95473732

Платформа №1      Платформа №2

Тара	Вага	Тара	Вага
12008	16998	12007	8119

Відхилення по довжині вагона (мм): **-571**

Відхилення по ширині вагона (мм): 6

**Загальна вага**      25117

Рис. 3.9 – Одна вісь навантажена більше за іншу

Тепер змоделюємо ситуацію коли зерно почало накопичуватись ближче до одного з боків (рис. 3.10), а не рівномірно по всій площі вагону. В такому випадку отримаємо попередження про відхилення по ширині вагону.

Ваги №1

Нуль Тара Вага

Номер вагону: 95473732

Платформа №1 Платформа №2


Тара 12008 Вага 20212 Тара 12007 Вага 19790

Відхилення по довжині вагона (мм): -26

Відхилення по ширині вагона (мм): 100

**Загальна вага** 40002

Рис. 3.10 – Бокове перевантаження

Також, кожна платформа вираховує рівномірність навантаження на датчики та чорними лініями відображає центр мас кожної платформи.

Це реалізовано за допомогою наступного методу класу Platform:

*Фрагмент коду надається за звернення до авторів*

У випадку виходу з ладу одного з датчиків, не буде складнощів одразу виявити проблему. Адже центр мас зміститься від нього. Промодельюємо вихід з ладу датчика №5. Отримаємо результат зображений на рисунку 3.11.

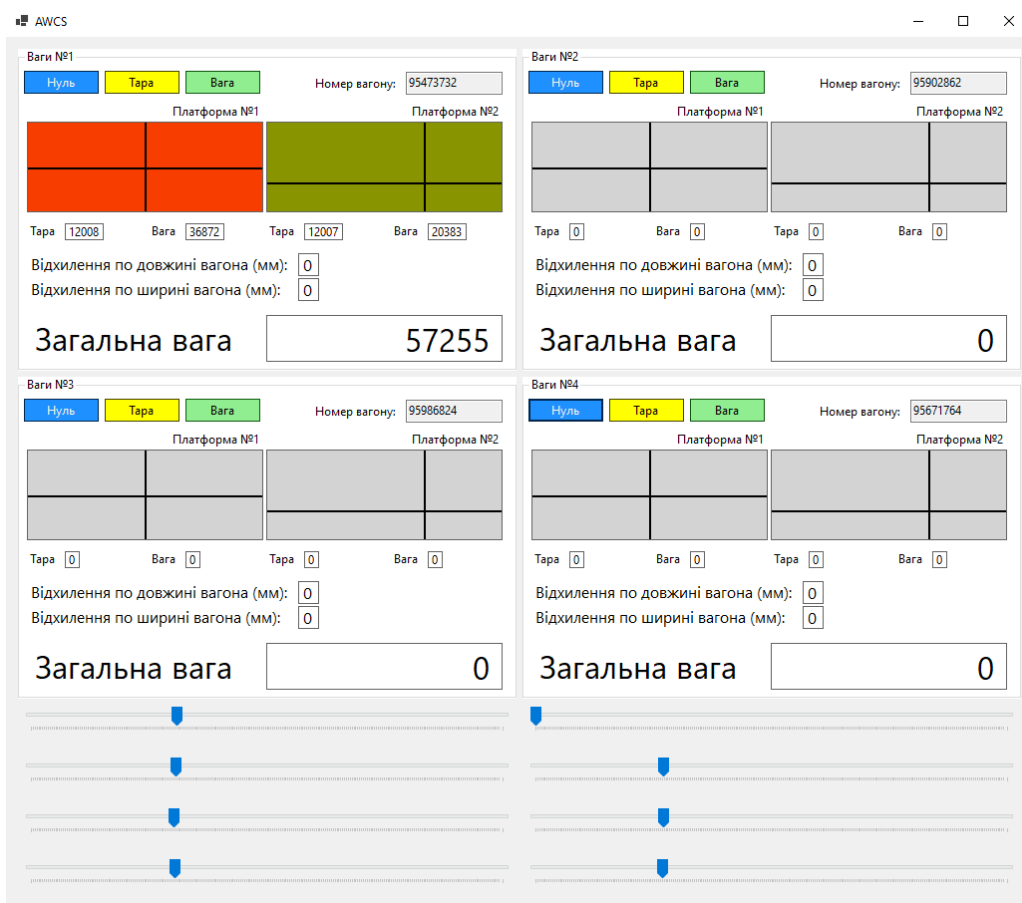


Рис. 3.11 – Вихід з ладу одного з датчиків

Моделюємо наступну ситуацію. Вантаж розподілився рівномірно, але маємо перевантаження другої платформи. В стандартних хоперах максимальне навантаження не перевищує 76 т, а отже на кожну вісь має припадати по 38 т максимум. На рис. 3.12 показано ситуацію, коли завантажили майже рівно 76 т вантажу, але при цьому перевантажили задню вісь майже на тону. Колір платформи автоматично було зафіксовано на багряному, а значення ваги перевантаженої платформи було виділено.

Ваги №1

Номер вагону:

Платформа №1                      Платформа №2


Тара       Вага       Тара       Вага

Відхилення по довжині вагона (мм):   
 Відхилення по ширині вагона (мм):

**Загальна вага**

Рис. 3.12 – Перевантаження платформи

Тепер більш детально опишемо алгоритм обрахунку зміщення центру мас вагону відносно геометричного центру двох платформ, використовуючи дані з восьми тензодатчиків. Кожен датчик вимірює вагу, яка діє на нього в певній точці платформи, а їх координати визначаються в умовній системі координат.

Вхідними даними є довжина платформи (приймемо  $L=3000$  мм), ширина колії (візьмемо ширину європейської колії  $W=1435$  мм), координати датчиків  $(x_i, y_i)$  у двовимірній системі координат та покази датчиків  $(s_i)$ , де  $i \in \{1, 2, \dots, 8\}$ . На рисунку 3.13 зображено схему розміщення датчиків двох платформних ваг та схему вагону-хопера (рис.3.14).

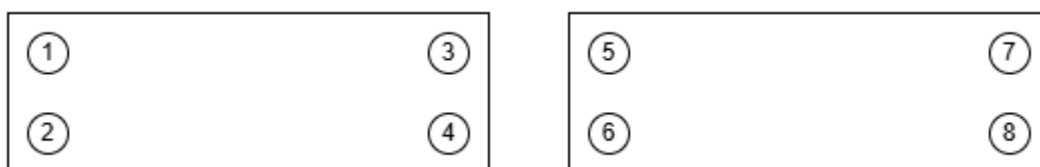


Рис. 3.13 – Схема розташування датчиків

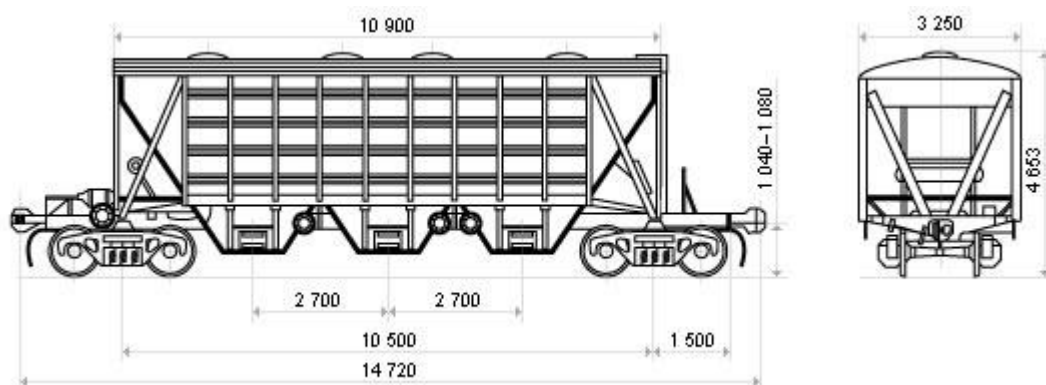


Рис. 3.14 – Хопер (вагон)

Обчислення геометричного центру: Геометричний центр платформи визначається як середнє значення мінімальної та максимальної координати:

$$x_{geo} = \frac{\min(x_i) + \max(x_i)}{2} \quad (3.1)$$

$$y_{geo} = \frac{\min(y_i) + \max(y_i)}{2} \quad (3.2)$$

Загальна вага системи обчислюється як сума ваги, виміряної всіма датчиками:

$$W_{total} = \sum_{i=0}^8 S_i \quad (3.3)$$

Центр мас розраховується як зважене середнє координат усіх датчиків, з урахуванням їх ваги:

$$x_{mass} = \frac{\sum_{i=0}^8 S_i \cdot x_i}{W_{total}} \quad (3.4)$$

$$y_{mass} = \frac{\sum_{i=0}^8 S_i \cdot y_i}{W_{total}} \quad (3.5)$$

Відхилення центру мас відносно геометричного центру обчислюється як різниця координат:

$$\Delta x = x_{mass} - x_{geo} \quad (3.6)$$

$$(3.7)$$

$$\Delta y = y_{mass} - y_{geo}$$

Для масштабування відносних зміщень в умовній системі координат в міліметри використовуються коефіцієнти масштабу:

$$\Delta x_{mm} = \Delta x \cdot \frac{W_{total}}{x_{max} - x_{min}} \quad (3.8)$$

$$\Delta y_{mm} = \Delta y \cdot \frac{W_{total}}{y_{max} - y_{min}} \quad (3.9)$$

Результати  $\Delta x_{mm}$  та  $\Delta y_{mm}$  відображають зміщення центру мас вагону в міліметрах відносно геометричного центру платформи.

Лістинг функції наведено нижче:

*Фрагмент коду надається за звернення до авторів*

В заключенні, декілька слів про продуктивність. При роботі з чотирма вагами, що налічують разом 8 платформ та 32 датчиками в сумі, при частоті оновленні даних в 100 мс, маємо використання оперативної пам'яті до 100 МБ. (рис 3.15, 3.16). Отримані результати є задовільними, програму можна використовувати на досить слабких комп'ютерах, що означає можливість для широкого впровадження на більшість підприємств.

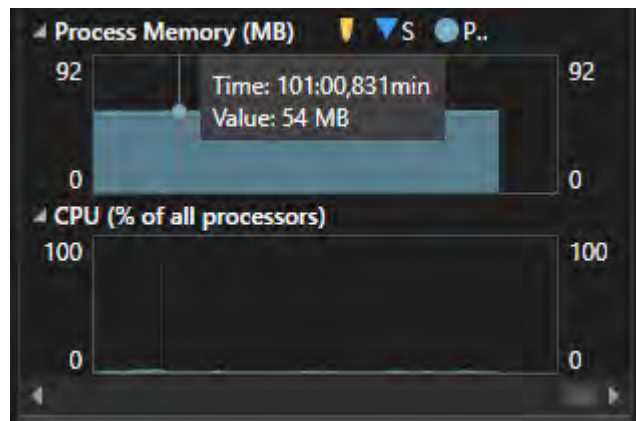


Рис. 3.15 – Використання ресурсів в налагоджувачі Visual Studio

Ім'я	Стан	ЦП	Пам'ять	Диск	Мережа	Графічн...
AWCS		0,4%	62,0 МБ	0 Мбіт/с	0 Мбіт/с	0%
AWCS						

Рис. 3.16 – Використання ресурсів в диспетчері завдань

### 3.4. Висновки до розділу III

У цьому розділі було розглянуто аналоги програмного забезпечення для вагового контролю та зважування. Обґрунтовано вибір середовища розробки та мови програмування. Обґрунтовано вибір об'єктно-орієнтованого підходу до програмування. Розглянуто та описано бібліотеки, що використовуються в проєкті.

Детально описано алгоритм роботи програми, створено та описано UML-діаграму. Виконано опис основних класів та принципи роботи їх основних методів. Наведено приклади програмного коду з описом алгоритмів та математичного апарату, що лежить в основі розрахунків.

В даному розділі також було представлено опис можливостей програмного продукту та виконано його тестування. Було описано ситуації, в яких програма має працювати та проблеми, які вона здатна попередити.

Висока швидкодія та низькі системні вимоги до апаратної частини комп'ютера мають сприяти широкому впровадженню на підприємства всіх типів. Висока адаптивність програми та можливість швидкої конфігурації в залежності від потреб замовника дозволить використовувати її як самостійний програмний продукт, так і в якості доповнення для розширення функціоналу вже існуючих програмних комплексів для зважування.

Використання розробленого програмного продукту може значно вплинути на ефективність роботи пунктів перевалки на залізниці. Підвищити надійність та безпеку при переміщенні вантажів.



## РОЗДІЛ IV. РОЗРОБКА START-UP ПРОЄКТУ « ІННОВАЦІЙНА АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ВАГОВОГО МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ ДЛЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ»

### 4.1. Опис ідеї та технологічний аудит стартап-проєкту

Проєкт передбачає розробку та впровадження інтегрованої автоматизованої системи завантаження вантажів на залізничному транспорті в реальному часі. Система використовує високоточні датчики для динамічного завантаження вагонів, що дозволяють виявляти перевантаження, контролювати правильний розподіл ваги та забезпечувати безпеку перевезень. За допомогою інтелектуальних модулів для обробки даних та аналітики система надає операторам актуальну інформацію про стан вантажів і поїздів (табл. 4.1). Відрізняється вона від існуючих аналогів не тільки технологіями збору даних, але й унікальними можливостями збереження та аналізу цих даних, а також інтеграцією з сучасними технологіями для підвищення безпеки та ефективності.

Таблиця 4.1 – Опис ідеї стартап-проєкту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Ідея створення стартапу укладається в розробці високотехнологічної системи, яка дозволяє ефективно відстежувати вагу вантажу та технічний стан вагонів у реальному часі, оптимізувати процеси управління залізничними перевезеннями та зменшити витрати на обслуговування та технічне обслуговування. Система буде оснащена інтелектуальними сенсорами, які вимірюють точну вагу кожного вагона та його навантаження в реальному часі. Це дозволить контролювати перевантаження та забезпечити оптимальний розподіл вантажу по вагонах. сенсори на вагонах взаємодіють між собою і з центральною системою, забезпечуючи безперервний потік даних про стан вагонів і перевезення	1.Технічний моніторинг: Виявлення проблем з вагонами, які можуть призвести до аварій або поломок. Планування маршрутів, уникнення перевезень, оптимізація використання ресурсів.	Вчасне виявлення технічних проблем дозволяє уникнути аварій та втратити ризику. Економія на ремонті та обслуговуванні. Автоматичний моніторинг стану вагонів знижує потребу в частині перевірок та зменшує витрати на ремонт.
	2.Автоматизація процесів : Зміна залежності від людського фактору	Використання Blockchain для збереження даних забезпечує високу

в реальний час, що дозволяє диспетчерам оперативно приймати рішення. Система використовує інтелектуальні сенсори для збору даних у реальному часі, Blockchain для збереження даних, а також NFT для ідентифікації та верифікації інформації. Даний проєкт має на меті забезпечити безпеку, ефективність та оптимізацію залізничних перевезень.	та підвищення ефективності роботи диспетчерів.	прозорість і неможливість фальсифікації інформації.
	3. Міжнародні стандарти безпеки та контролю : Використання міжнародних стандартів для забезпечення якості та безпеки перевезень.	Швидке виявлення проблем дає можливість швидко їх використовувати, зменшуючи час простою та затримки.
	4. Модульне рішення для різних типів перевезень : Система підходить для вантажних та пасажирських перевезень.	Інноваційна технологія дозволяє залізничним компаніям відобразитися на ринку за високу надійність та безпеку.

**Висновок:** даний стартап матиме наступну назву: «Інноваційна автоматизована система вагового моніторингу та управління для залізничних перевезень», який спрямований на створення високотехнологічної системи для точного моніторингу ваги вантажів і технічного стану вагонів, використовуючи штучний інтелект (AI), Інтернет речей (IoT) та сенсори для оптимізації перевезень, підвищення безпеки та зниження витрат на обслуговування. Логотип його зображено на рисунку 4.1.



Рисунок 4.1 – Логотип стартап-проєкту

В умовах швидкого розвитку інновацій та стартапів, визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проєкту є критично важливим етапом для забезпечення успіху. Оцінка техніко-економічних аспектів, порівняння з конкурентами та виявлення переваг і виявлених труднощів, що наведені в таблиці 4.2, має детально оцінити потенціал старту та зрозуміти, з якими викликами можна зіткнутися під час реалізації ідеї.

Таблиця 4.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект (Інновацій на автоматизована система вагонного моніторингу))	Конкурент 1 (RailTech Solution s.)	Конкурент 2 (SmartRail Systems.)	Конкурент 3 (TrackGuard Technologies.)			
1	Швидкість виконання	1 год 30 хв	1 год	1 год 45 хв	1 год 30 хв		+	
2	Точність	99,9 %	99,5 %	98 %	99 %			+
3	Вартість	15000 грн	12000 грн	14000 грн	16000 грн			+
4	Надійність	98 %	99,7 %	98,5 %	99 %			+

В умовах швидкого технологічного прогресу і зростаючого попиту на інноваційні рішення, важливим елементом успішної реалізації проекту є аналіз та вибір оптимальних технологій , які наведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Автоматизована система моніторингу	Інтернет речей (IoT), сенсори, хмарні технології	Технології IoT та сенсори вже існують, але потрібно розробити рішення для залізничного транспорту	Технології IoT та сенсори доступні на ринку, необхідно адаптувати їх для залізничних перевезень
2	Вагонний моніторинг в реальному часі	Аналітика великих даних (Big Data), штучний інтелект (AI)	Технології для збору та аналізу великих даних існують, але потрібно налаштувати алгоритми для специфічних потреб	Технології Big Data та AI доступні на ринку, але потребують адаптації для конкретних завдань моніторингу вагонів

Продовження табл. 4.3.

№ п/п	Ідея проєкту	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
3	Система управління вагонами на основі даних	Системи управління транспортними потоками	Існують основні технології для управління транспортом, але необхідно створити інтеграцію для залізничного транспорту	Технології доступні на ринку, але потребують налаштування та інтеграції для залізничних перевезень
4	Система безпеки для контролю стану вагонів	Біометричні технології, відеоспостереження, датчики	Системи частково існують, потрібно розробити додаткові модулі для конкретних умов проєкту	Доступні технології безпеки, але потрібно розробити систему для залізничного транспорту
Обрана технологія реалізації ідеї проєкту: Інтернет речей (IoT), Штучний інтелект (AI), Аналітика великих даних (Big Data), Системи управління транспортними потоками.				

**Висновок:** ідея проєкту має значні переваги в порівнянні з конкурентами, зокрема у швидкості виконання, точності та надійності. Це дозволяє проєкту бути більш ефективним та надійним у сфері моніторингу залізничного транспорту. Проте, хоча вартість моєї системи є конкурентною, вона може бути вищою для деяких компаній з обмеженим бюджетом. В цілому, мій проєкт має високий потенціал завдяки своїм сильним технічним характеристикам, що дозволяє виділитися на ринку і задовольнити потреби компаній у безпечному та ефективному моніторингу перевезень, технологічна реалізація інноваційної автоматизованої системи вагонного моніторингу та управління для залізничних перевезень є цілком можливою, оскільки на ринку існують відповідні технології, які можна адаптувати та інтегрувати для конкретних потреб. Для реалізації проєкту будуть використовуватися технології Інтернету речей (IoT), штучного інтелекту, аналітики великих даних та систем безпеки, які вже доступні на ринку, але потребують налаштування для специфічних умов залізничних перевезень. Основний виклик полягає в адаптації та інтеграції цих технологій для досягнення максимальної ефективності та безпеки перевезень.

## 4.2. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту

На сьогоднішній день інновації та підприємницькі ініціативи розвиваються дуже швидко, і одним із ключових факторів успішного запуску стартапу є правильний аналіз ринку. Для цього можна використати таблицю 4.4, яка надає всебічний огляд важливих показників ринку.

Таблиця 4.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проєкту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	4 основні конкуренти на ринку, зокрема великі залізничні компанії та спеціалізовані постачальники технологій.
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	Приблизно 15% від ринку, з орієнтацією на 1500 вагонів на рік. Середній чек для впровадження на один вагон 60 000 грн. $1500 \times 60\,000 = 90$ млн. грн на рік.
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Ринок розвивається, зростання попиту на автоматизовані технології для залізничного транспорту.
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Технічні складнощі в інтеграції з існуючими системами управління залізничними перевезеннями, нормативно-правові обмеження в регулюванні безпеки.
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	1. Високі вимоги до сертифікації для безпеки транспорту. 2. Норми сертифікації для автоматизованих систем управління та моніторингу.
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	15-18%

**Висновок:** Згідно з попереднім оцінюванням, ринок для впровадження інноваційної автоматизованої системи вагонного моніторингу та управління для залізничних перевезень є перспективним, оскільки він характеризується стабільним зростанням попиту на високотехнологічні рішення. Незважаючи на технічні та юридичні складнощі при впровадженні нових систем, загальний

обсяг ринку і стабільна динаміка розвитку вказують на великі можливості для успішного входу на ринок.

При розробці стартап-проєкту важливо враховувати потреби та особливості потенційних клієнтів. Ці аспекти детально розглядаються в таблиці 4.4.

Таблиця 4.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проєкту

№ п/п	Потреби, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Підвищення ефективності та безпеки залізничних перевезень	Оператори залізничного транспорту, компанії, що займаються логістикою, державні органи, власники вантажних вагонів	Оператори шукають ефективні рішення для зниження витрат і підвищення безпеки, вантажні компанії – для оптимізації логістики	Надійність, точність, інтеграція з існуючими системами, знижена вартість обслуговування.
2	Управління перевезеннями та моніторинг вагонів	Власники залізничного транспорту, логістичні компанії, вантажоперевізники	Зацікавленість у зниженні часу на транспортування і полегшення моніторингу, що забезпечує точність даних у реальному часі	Легкість в інтеграції, масштабованість, безпека даних
3	Інноваційні технології для автоматизації процесів	Інвестиційні компанії, технологічні стартапи, компанії, що займаються розробкою інфраструктури	Зацікавленість в інноваціях та розвитку нових рішень для оптимізації процесів	Інноваційність, готовність до тестування нових технологій, високий рівень підтримки та обслуговування

**Висновок:** цільова аудиторія стартапу зосереджена на різних сегментах ринку залізничного транспорту, включаючи операторів, компанії, що займаються логістикою, та державні органи. Потреби ринку визначаються необхідністю підвищення ефективності, безпеки та автоматизації процесів управління перевезеннями. Ці фактори створюють сприятливе середовище для впровадження нашого стартапу.

У сучасному бізнес-середовищі, де швидко розвиваються технології та зростає конкуренція, важливо не тільки розробити інноваційний продукт, але й виявити та підготуватися до потенційних загроз (табл. 4.6) та можливостей (табл. 4.7), які можуть вплинути на успіх проєкту.

Таблиця 4.6 – Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Технічна надійність системи моніторингу	Можливі технічні завади, помилки в роботі системи, збільшення часу на обробку даних	Вдосконалення алгоритмів, регулярне технічне обслуговування, модернізація системи
2	Відповідність стандартам і нормативам залізничного транспорту	Невідповідність вимогам національних або міжнародних стандартів безпеки та технічних регламентів	Постійний моніторинг змін у законодавстві, регулярні оновлення системи для відповідності стандартам
3	Вплив макроекономічних факторів (криза, зміни в регулюванні)	Зміни в політиці, економічні кризи або зміни в регулюванні можуть призвести до зменшення попиту або відтермінування інвестицій	Створення резервних стратегій, диверсифікація пропозицій, гнучка адаптація до змін економічної ситуації
4	Конкуренція та зниження цін на ринку	Зростання конкуренції від інших компаній, що пропонують подібні рішення	Постійний аналіз конкурентного середовища, вдосконалення пропозиції та додаткові інноваційні функції для підвищення конкурентоспроможності

**Висновок:** оцінка факторів загроз є критично важливою для успіху стартап-проєкту, оскільки це дозволяє прогнозувати потенційні ризики та заздалегідь розробити стратегії для їх мінімізації. Забезпечення технічної надійності та відповідність стандартам є основними напрямками, які допоможуть підтримати стабільність роботи системи. Урахування макроекономічних змін і зростання конкуренції на ринку дозволяють створити адаптивні механізми для підвищення ефективності та підтримки стійкості бізнесу в конкурентному середовищі.

Таблиця 4.7 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Зростання попиту на інноваційні транспортні рішення	Підвищення уваги до ефективності та безпеки залізничних перевезень	Розширення портфоліо продуктів, адаптація системи під нові вимоги ринку
2	Інвестиції у модернізацію інфраструктури	Державні та приватні інвестиції в модернізацію залізничної інфраструктури	Активна співпраця з державними та приватними компаніями для участі в тендерах та отримання контрактів
3	Розвиток «розумних» міст та інфраструктури	Зростання попиту на інтегровані транспортні рішення в умовах «розумних» міст	Вдосконалення системи моніторингу та управління, адаптація до концепції «розумного транспорту»
4	Зміни в регулюванні безпеки транспорту	Строгіші вимоги до безпеки залізничних перевезень та автоматизації процесів	Оновлення продукту для відповідності новим стандартам безпеки, співпраця з регуляторами для відповідності вимогам

**Висновок:** фактори можливостей для інноваційної автоматизованої системи вагонного моніторингу та управління надають значний потенціал для зростання та розвитку стартапу. Активне використання інвестицій, адаптація до нових вимог безпеки, а також участь у стратегічному партнерстві та інтеграція з «розумними» містами дозволяють не тільки покращити ефективність роботи, а й забезпечити конкурентні переваги на ринку. Зростання попиту на інноваційні технології в сфері транспорту, зокрема на автоматизовані системи моніторингу та управління для залізничних перевезень, створює великий потенціал для розвитку проекту. Партнерства з державними та приватними компаніями, а також участь у міжнародних ініціативах, можуть суттєво посилити позиції стартапу на ринку. Розвиток "розумних" міст і модернізація інфраструктури створюють можливості для впровадження технологій автоматизації, що також підвищує попит на подібні системи. Урахування нових стандартів безпеки та інтеграція з іншими транспортними рішеннями дозволяють проекту стати важливою частиною більш широкої екосистеми, що забезпечить стабільний і довгостроковий розвиток на ринку залізничних перевезень.



Надалі проводимо ступеневий аналіз конкуренції на ринку (табл. 4.8), тому що він є важливою складовою стратегічного управління підприємством, оскільки різноманітність конкурентного середовища може впливати на діяльність компанії різними способами.

Таблиця 4.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Тип конкуренції – монополістична	Наявність великої кількості гравців на ринку, які пропонують подібні рішення, але з унікальними технологічними відмінностями.	Необхідно акцентувати увагу на інноваційних функціях продукту та підтримці високої якості обслуговування для здобуття переваг над конкурентами.
2. За рівнем конкурентної боротьби – національна	Велика кількість національних постачальників технологій для моніторингу та управління залізничними перевезеннями.	Важливо встановлювати стратегічні партнерства з ключовими національними гравцями та активно впроваджувати маркетингові кампанії для зміцнення бренду..
3. За галузевою ознакою – внутрішньогалузева	Конкуренція між компаніями, що пропонують системи моніторингу і управління для залізничних перевезень, з подібними функціями та технологіями.	Зосереджуватися на постійному вдосконаленні технологій, інноваційних розробках і забезпеченні високої надійності продуктів..
4. Конкуренція за видами товарів – товарно-родова	Конкуренція між різними видами автоматизованих систем, що спеціалізуються на моніторингу вагонів, відстеженні їх стану та прогнозуванні потреб в обслуговуванні.	Необхідно регулярно оновлювати продукт, додаючи нові функції та розширюючи можливості системи для задоволення різноманітних потреб користувачів.

Продовження табл. 4.8.

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
5. За характером конкурентних переваг – нецінова	Розробка та впровадження унікальних функцій для моніторингу, таких як інтеграція з іншими транспортними системами та аналіз великих даних для передбачення технічних неполадок.	Забезпечувати високий рівень інновацій та підтримку стандартів безпеки для створення додаткової вартості для користувачів.
6. За інтенсивністю – марочна	Створення сильної репутації бренду через довіру до продукту, надійність систем та ефективність обслуговування.	Розвивати унікальний бренд і забезпечити високу якість обслуговування, що зробить компанію лідером на ринку за рівнем довіри серед споживачів.

**Висновок:** ступеневий аналіз конкуренції на ринку залізничних технологій для моніторингу та управління перевезеннями підкреслює важливість інновацій, високої якості продуктів та надійної підтримки клієнтів. Успіх стартапу буде залежати від здатності адаптуватися до різних типів конкуренції та правильно позиціонувати продукт на ринку. У відповідь на конкурентний тиск необхідно продовжувати вдосконалювати системи, розширювати можливості моніторингу і активно працювати над розвитком бренду. Для успіху стартапу в галузі автоматизованих систем вагонного моніторингу та управління для залізничних перевезень компанія повинна використовувати комплексний підхід до стратегічного планування. Це включає постійну адаптацію до змін на ринку, впровадження інновацій, а також активну роботу з державними органами та зацікавленими сторонами. Крім того, важливо забезпечити високий рівень підтримки користувачів, що сприятиме розвитку лояльності серед клієнтів. Підтримка конкурентоспроможності буде можливою завдяки чіткій стратегії щодо інновацій, масштабування та зростання на міжнародних ринках.

Далі ми здійснимо глибокий аналіз конкурентної ситуації в галузі за допомогою моделі М. Портера (табл. 4.9), що дозволить всебічно оцінити поточний стан ринку. Оцінюючи основні компоненти, такі як прямі конкуренти, потенційні учасники ринку, постачальники, клієнти та замітники товарів, ми зможемо виявити стратегічні можливості та виклики, з якими наш стартап зіштовхнеться. Такий підхід дозволить не лише зрозуміти поточну конкурентну ситуацію, а й розробити ефективні стратегії для досягнення лідерства на ринку, враховуючи можливі загрози та ризики. Зокрема, важливим аспектом буде вивчення конкурентних переваг, що допоможе у визначенні унікальних характеристик нашого продукту, здатних задовольнити потреби клієнтів та ефективно відрізнитися від інших гравців на ринку.

Таблиця 4.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	1.RailTech Solutions 2.SmartRail Systems 3.TrackGuard Technologies	Бар'єри входження в ринок: - технологічні ; - фінансові; - маркетингові.	Фактори сили постачальників: -унікальні технології моніторингу; -доступ до високотехнологічних датчиків; - співпраця з великими виробниками та постачальниками;	Фактори сили споживачів: - вимоги до надійності та безпеки систем; -бажання мінімізувати витрати на експлуатацію; - цінова чутливість;	Фактори загроз з боку заміників: - альтернативні методи моніторингу; -потенційні системи, які не потребують постійного моніторингу; -потенційні системи, які не потребують постійного моніторингу;
Висновки	Принципова можливість виходу на ринок є, проте конкурентний тиск зростатиме	Успіх стартапу залежатиме від швидкості розробки та впровадження технологій.	Для забезпечення конкурентоспроможності необхідно активно працювати з постачальниками високотехнологічних компонентів.	Важливо забезпечити високу якість системи та її здатність до безперебійної роботи.	Успіх на ринку залежить від здатності реагувати на інновації та постійно вдосконалювати продукт.

**Висновок:** Принципова можливість впровадження інноваційної автоматизованої системи вагонного моніторингу та управління на ринку існує, однак конкуренція на цьому ринку буде зростати з часом. Успіх стартапу залежатиме від швидкості розробки, рівня інноваційності продукту, а також здатності ефективно впроваджувати та підтримувати ці технології. Зокрема, важливою умовою для успішної конкуренції буде наявність високоякісної системи, що відповідає вимогам клієнтів і має надійні партнерські зв'язки з постачальниками.

Щоб бути конкурентоспроможним на ринку проєкт повинен мати не завищені ціни на послуги, швидко обробляти замовлення з дотриманням всіх екологічних стандартів.

На основі аналізу конкуренції, проведеного в таблиці 4.9, а також із урахуванням характеристик ідеї проєкту (табл. 4.2), вимог споживачів до товару (табл. 4.5) та факторів маркетингового середовища (табл. 4.6 та 4.7) визначаємо та обґрунтовуємо перелік факторів конкурентоспроможності (табл. 4.10).

Таблиця 4.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проєктів значущим)
1	Точність, достовірність, специфічність аналізу	Висока точність і достовірність даних критично важливі для ефективного управління рухом вагонів, своєчасного технічного обслуговування та забезпечення безпеки перевезень. Невідповідність даних може призвести до затримок, поломок і додаткових витрат.
2	Вартість впровадження та експлуатації	Оптимальні ціни на впровадження системи та її обслуговування дозволяють компаніям-клієнтам знизити витрати та підвищити рентабельність. Завищена вартість може стати бар'єром для впровадження технології.
3	Інноваційність та гнучкість системи	Використання екологічно безпечних методів та підходів у процесах моніторингу та управління сприяє зменшенню впливу на навколишнє середовище, що є важливим для підвищення довіри клієнтів і відповідності регуляторним вимогам.
4	Дотримання екологічних стандартів	Використання екологічно безпечних методів та підходів у процесах моніторингу та управління сприяє зменшенню впливу на навколишнє середовище, що є важливим для підвищення довіри клієнтів і відповідності регуляторним вимогам.

## Продовження табл. 4.10.

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
5	Швидкість та стабільність обробки даних	Оперативне отримання результатів моніторингу та їх аналіз у реальному часі забезпечує високу ефективність управління перевезеннями, мінімізацію затримок і оптимізацію логістичних процесів.
6	Репутація та довіра	Високий рівень довіри клієнтів та репутація надійного партнера забезпечують постійний попит на систему та лояльність користувачів. Досвід співпраці з великими транспортними компаніями посилює конкурентні переваги.
7	Доступність та зручність інтеграції	Простота встановлення та інтеграції системи в існуючі інфраструктурні рішення клієнтів, зручність у використанні та легкість технічного обслуговування сприяють залученню нових клієнтів і підвищують їх задоволеність.

**Висновок:** аналіз конкурентоспроможності інноваційної автоматизованої системи вагонного моніторингу та управління дозволяє виділити ключові фактори, які впливають на успіх на ринку: точність і достовірність даних, вартість впровадження та експлуатації, інноваційність та гнучкість системи, дотримання екологічних стандартів, швидкість і стабільність обробки даних, репутація, а також доступність і зручність інтеграції. Поєднання цих факторів та впровадження сучасних інновацій дозволить зайняти провідну позицію на ринку, забезпечуючи потреби клієнтів і зберігаючи високу якість надання послуг. Надалі за визначеними факторами конкурентоспроможності в таблиці 10 проводимо аналіз сильних та слабких сторін стартап-проєкту (табл. 4.11).

Таблиця 4.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «Децентралізована сертифікація якості води»

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали /1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з децентралізованою сертифікацією якості води						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Точність та достовірність даних	3		•			○		@
2	Вартість впровадження та експлуатації	2	@				○	•	
3	Інноваційність та гнучкість системи	3	○	@	•				

## Продовження табл. 4.11.

№п/п Фактор конкуренто-спроможності	Бали /1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з децентралізованою сертифікацією якості води							
		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
4	Дотримання екологічних стандартів	2				@•	○		
5	Швидкість та стабільність обробки даних	3		•	@		○		
6	Репутація та довіра	2		@	•		○		
7	Доступність та зручність інтеграції	3				• @	○		

@ – перший конкурент (RailTrack Analytics Inc.)

• – другий конкурент (SmartCargo Solutions Ltd.)

○ – третій конкурент (OptiRail Systems Inc.)

**Висновок:** сильними сторонами інноваційної автоматизованої системи вагонного моніторингу та управління є точність і достовірність даних, інноваційність системи, швидкість та стабільність обробки інформації, а також доступність і зручність інтеграції. У порівнянні з конкурентами, продукт демонструє високий рівень відповідності сучасним вимогам ринку. Слабкими сторонами є вартість впровадження та експлуатації, що вимагає подальшого аналізу для розробки ефективної цінової політики.

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних та слабких сторін, загроз та можливостей (табл. 4.12) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, сильних і слабких сторін в таблиці 4.11.

Таблиця 4.12 – SWOT – аналіз стартап-проєкту

Сильні сторони:	Слабкі сторони:
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Висока точність та достовірність даних завдяки інноваційним алгоритмам і сенсорам.</li> <li>2. Автоматизація процесів зменшує людський фактор і покращує ефективність.</li> <li>3. Можливість моніторингу в реальному часі.</li> <li>4. Зручний інтерфейс для операторів та клієнтів.</li> <li>4. Підтримка екологічних стандартів через оптимізацію перевезень.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Високі початкові витрати на розробку та впровадження системи.</li> <li>2. Складність інтеграції з існуючими інфраструктурами.</li> <li>3. Необхідність навчання персоналу для роботи з новими технологіями.</li> <li>4. Обмежений досвід роботи компанії у галузі залізничних перевезень.</li> </ol>

Продовження табл. 4.12.

Можливості:	Загрози:
<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Розширення ринку завдяки попиту на автоматизацію залізничних перевезень.</li> <li>2.Державні програми модернізації інфраструктури.</li> <li>3.Підвищення безпеки та ефективності перевезень за допомогою сучасних технологій.</li> <li>4. Інтеграція з іншими системами логістики та транспорту.</li> <li>4.Потенціал для міжнародного масштабування.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Висока конкуренція з боку міжнародних корпорацій із великим досвідом.</li> <li>2.Труднощі в залученні інвестицій через високий рівень ризиків.</li> <li>3.Регуляторні та технічні бар'єри на місцевому ринку.</li> <li>4.Можливі кібератаки на автоматизовану систему.</li> <li>4. Економічна нестабільність та вплив зовнішніх факторів (пандемії, війни тощо).</li> </ol>

**Висновок:** SWOT-аналіз стартап-проекту демонструє значний потенціал для впровадження на ринку завдяки сильним сторонам, таким як висока точність, автоматизація процесів і відповідність екологічним стандартам. Можливості на ринку, зокрема модернізація інфраструктури та інтеграція з логістичними системами, створюють сприятливі умови для розвитку проекту.

Водночас, на успіх можуть вплинути такі слабкі сторони, як високі початкові витрати, складність інтеграції з існуючими системами та обмежений досвід у галузі. Також проєкт стикається із зовнішніми загрозами, зокрема конкуренцією, регуляторними бар'єрами та економічною нестабільністю. Для досягнення конкурентоспроможності на ринку необхідно спрямувати зусилля на подолання слабких сторін, зокрема шляхом залучення інвестицій, адаптації до ринкових умов та забезпечення захисту даних від кіберзагроз. Важливим аспектом є розробка ефективної маркетингової стратегії, яка підкреслить переваги системи, сприятиме залученню клієнтів і створенню довіри до проєкту

На основі проведеного SWOT-аналізу розглядаємо та аналізуємо можливі альтернативи ринкової поведінки (табл. 4.13) з урахуванням строків та ймовірності залучення необхідних ресурсів. Це дозволить визначити оптимальний час виходу стартапу на ринок, враховуючи потенційні проєкти конкурентів, які можуть бути реалізовані в майбутньому.

Таблиця 4.13 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проєкту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Інтеграція системи з наявними ІТ-платформами залізничних перевезень	Партнерство із залізничними операторами, технічні спеціалісти, фінансування	від 4 до 8 міс.
2	Розробка пілотного проєкту з великим залізничним оператором	Співпраця з ключовими операторами ринку, державна підтримка, експертні команди	від 6 до 12 міс.
3	Запуск мобільного застосунку для управління системою моніторингу	Команда розробників мобільних додатків, маркетингові фахівці, інвестиції	від 3 до 9 міс.

**Висновок:** для виведення стартапу на ринок доцільно обрати альтернативу інтеграції системи з наявними ІТ-платформами залізничних перевезень. Цей варіант має відносно високу ймовірність отримання необхідних ресурсів, а строки його реалізації є коротшими, що дозволяє швидше почати комерційну діяльність і закріпитися на ринку.

### 4.3. Розроблення ринкової стратегії проєкту

Важливим етапом розвитку будь-якого проєкту є аналіз цільових груп потенційних споживачів (табл. 4.14), особливо у сфері залізничних перевезень. Розглядаючи вимоги та потреби кожного сегмента клієнтів, ми можемо точніше визначити ключові аспекти нашої інноваційної автоматизованої системи вагонного моніторингу та управління.



Таблиця 4.14 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів прийняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Транспортні компанії, які використовують великі обсяги залізничних перевезень та прагнуть оптимізувати управління своїм вагонним парком.	Висока, оскільки транспортні компанії зацікавлені у зниженні витрат та підвищенні ефективності логістичних процесів..	Значний, оскільки більшість компаній активно впроваджують цифрові технології для моніторингу та управління.	Середня, адже на ринку присутні конкуруючі системи моніторингу, але їхня функціональність може бути обмеженою.	Висока, за умови пропонування інноваційних функцій та конкуренто-спроможної ціни.
2	Логістичні оператори, які займаються перевезеннями вантажів різного типу та мають потребу у реальному часі відстежувати рух своїх вагонів.	Висока, адже точний моніторинг та управління вагонами дозволяють підвищити рівень обслуговування клієнтів	Значний, оскільки логістичні компанії прагнуть підвищити точність та швидкість доставки вантажів.	Помірна, оскільки такі системи лише починають активно впроваджуватися в галузі.	Середня, залежить від масштабів впровадження та партнерства з великими гравцями ринку.
3	Власники залізничних вагонів, які зацікавлені в автоматизації процесів обслуговування та моніторингу технічного стану свого вагонного парку.	Висока, оскільки автоматизація знижує витрати на технічне обслуговування та запобігає аваріям.	Помірний, оскільки власники вагонів можуть використовувати альтернативні методи моніторингу.	Висока, адже існує конкуренція з боку традиційних рішень та постачальників в послуг.	Висока, якщо система пропонує унікальні переваги, такі як прогнозування технічних збоїв.
4	Державні та регіональні органи, які здійснюють контроль за безпекою залізничних перевезень та відповідністю стандартам.	Висока, оскільки державні органи зацікавлені у підвищенні безпеки перевезень та забезпеченні нормативної відповідності.	Значний, особливо у країнах із високим рівнем залізничних перевезень.	Низька, оскільки цей сегмент менш конкурентний, але вимагає високої відповідності регуляторним вимогам.	Низька, через складність сертифікації та довгий цикл прийняття рішень.

## Продовження табл. 4.14.

Які цільові групи обрано:

- 1) Транспортні компанії, які використовують залізничні перевезення.
- 2) Логістичні оператори.
- 3) Власники вагонного парку.
- 4) Державні та регіональні органи, які відповідають за безпеку перевезень

**Висновок:** Згідно з аналізом потенційних груп споживачів, ми зосередимося на транспортних компаніях та логістичних операторах, оскільки ці сегменти демонструють високу готовність сприйняти продукт, значний попит та відносно простий доступ до ринку. Подальші стратегії будуть спрямовані саме на ці цільові групи.

Для роботи в обраному сегменті ринку необхідно сформувані базову стратегію розвитку (табл. 4.15).

Таблиця 4.15 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проєкту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкуренто-спроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Розвиток інноваційної автоматизованої системи вагонного моніторингу та управління для залізничних перевезень.	Надання унікальної технології для моніторингу технічного стану вагонів, що дозволяє знизити витрати на обслуговування та підвищити ефективність роботи транспортних компаній..	Автоматизація, підвищення безпеки, зниження витрат на обслуговування, реальний час моніторингу, точність та надійність даних, можливість інтеграції з іншими системами логістики.	Стратегія диференціації

**Висновок:** обрана альтернатива розвитку проєкту: «Розвиток інноваційної автоматизованої системи вагонного моніторингу та управління для залізничних перевезень» сприяє вибору базової стратегії розвитку, якою є стратегія диференціації. Ця стратегія передбачає створення інноваційної системи з унікальними можливостями, що дозволяють значно підвищити

ефективність перевезень і надають конкурентні переваги на ринку залізничних перевезень.

Наступним нашим кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 4.16).

Таблиця 4.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «прохідником» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
1	Так	Шукатиме нових споживачів, не забираючи значну частину клієнтів у конкурентів.	Не буде копіювати характеристики товарів конкурентів, а створить нові функції та технології для моніторингу	Стратегія лідерства за інноваціями

**Висновок:** оскільки цей проект є першим на ринку з інноваційною автоматизованою системою вагонного моніторингу, компанія має на меті шукати нових споживачів, не орієнтуючись на забір клієнтів у конкурентів, і створювати власні інноваційні рішення для моніторингу та управління. Тому обрана стратегія конкурентної поведінки – лідерство за інноваціями.

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту, а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки далі розробляємо стратегію позиціонування (табл. 4.17), котра полягає у формуванні ринкової позиції, за яким споживачі мають ідентифікувати торговельну проєкт.

Таблиця 4.17 – Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проєкту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проєкту (три ключових)
1	Надійність, ефективність, точність	Стратегія лідерства за інноваціями	Висока точність моніторингу стану вагонів, оперативне реагування на проблеми	Надійність, інноваційність, точність
2	Співробітництво та партнерство	Стратегія лідерства за інноваціями	Партнерство з транспортними компаніями для інтеграції технологій моніторингу	Партнерство, професіоналізм, взаємодія
3	Прозорість та комунікація	Стратегія лідерства за інноваціями	Легкий доступ до даних, зручний інтерфейс для користувачів	Прозорість, зручність, доступність
4	Дотримання стандартів	Стратегія лідерства за інноваціями	Відповідність міжнародним стандартам безпеки та якості транспортування	Надійність, безпека, стандартизація

**Висновок:** Стратегія позиціонування для стартап-проєкту базується на стратегії лідерства за інноваціями. Основні елементи позиціонування враховують вимоги цільової аудиторії, зокрема надійність, точність, партнерство, прозорість та дотримання стандартів, що дозволяє виокремити систему вагонного моніторингу на ринку залізничних перевезень.

#### 4.4. Розроблення маркетингової програми та планування стартап-проєкту

Першим кроком в розробленні маркетингової програми стартап-проєкту є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач (табл. 4.18).

Таблиця 4.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Безпека та надійність транспорту	Оперативний моніторинг стану вагонів, попередження про несправності	Використання інноваційних сенсорних технологій для точного моніторингу, автоматичне виявлення потенційних проблем
2	Оперативне реагування на несправності	Швидка діагностика та можливість дистанційного керування	Автоматизація процесів управління вагонами, оперативне усунення неполадок без необхідності людського втручання
3	Покращення ефективності перевезень	Оптимізація маршрутів та зниження витрат на технічне обслуговування	Використання даних в реальному часі для оптимізації логістики, підтримка високих стандартів безпеки

**Висновок:** ключовими перевагами концепції потенційного товару є використання інноваційних сенсорних технологій для моніторингу, автоматизація процесів управління та забезпечення безпеки, а також оперативне виявлення і реагування на несправності, що підвищує ефективність перевезень.

Далі розробляємо трирівневу маркетингову модель товару, а саме: уточнюємо ідея продукту та/або послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (табл. 4.19).

Таблиця 4.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Базова потреба споживачів – забезпечення ефективного та безпечного моніторингу та управління залізничними перевезеннями. Основна функціональна вигода полягає в автоматизації контролю стану вагонів, їх швидкості, технічного стану та моніторингу шляхів, що дозволяє оптимізувати логістичні процеси та підвищити безпеку перевезень..		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх/Тл/Е/Ор
	1. Виявлення несправностей на ранніх стадіях	М	Вр
	2. Моніторинг технічного стану вагонів	Нм	Тх
	3. Інтеграція з іншими транспортними системами	М	Тл
	4. Система аналізу та прогнозування потреб у технічному обслуговуванні	Нм	Е
	4. Збір та обробка даних у реальному часі	М	Ор
	<b>Якість:</b> Відповідність стандартам якості, виконання нормативних вимог до показників якості, параметри тестування відповідно до акредитованих методик, належне позначення та інформація про продукт. Система повинна забезпечувати високу точність у виявленні несправностей, моніторингу технічного стану вагонів та прогнозуванні потреб у технічному обслуговуванні. Всі показники повинні відповідати міжнародним стандартам безпеки та якості.		
	<b>Пакування</b> для компонентів системи (датчики, пристрої для збору даних, модулі зв'язку) повинно забезпечувати їх захист від пошкоджень, пилу, вологи та інших несприятливих впливів під час транспортування та монтажу.		
	<b>Марка:</b> TransSafe – система моніторингу вагонів, RailGuard – платформа для управління залізничними перевезеннями.		
III. Товар із підкріпленням	До продажу: Якісне програмне забезпечення та апаратне забезпечення з підтримкою в режимі реального часу, технічна документація та налаштування, ефективна цінова політика.		
	Після продажу: Клієнтська підтримка, сервісне обслуговування та оновлення програмного забезпечення, гарантії на обладнання, а також навчання для персоналу.		
<b>Захист від копіювання:</b> Патентування алгоритмів прогнозування технічних несправностей, використання захищених каналів зв'язку для обміну даними, інтеграція з унікальними датчиками та системами, що забезпечують конфіденційність і безпеку.			

**Висновок:** потенційна система вагонного моніторингу та управління буде захищена від копіювання через патентування використовуваних технологій, алгоритмів та інтеграцій. Цей підхід дозволяє забезпечити

конкурентні переваги та відповідати вимогам ринку, підвищуючи безпеку та ефективність перевезень у сфері залізничного транспорту.

Далі проводимо експресним методом визначення цінових меж (табл. 4.20), якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар, що передбачає аналіз ціни на товари-аналоги, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів.

Таблиця 4.20 – Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	\$150,000	\$250,000	Високий, оскільки цільові клієнти – це великі залізничні компанії та державні організації з високими бюджетами для інвестицій у новітні технології	Верхня межа: \$500,000 - \$700,000 (в залежності від масштабу проекту та рівня інтеграції). Нижня межа: \$200,000 - \$350,000 (для базових або менш складних конфігурацій).

**Висновок:** Таким чином, верхня та нижня межі встановлення ціни на інноваційну автоматизовану систему вагонного моніторингу та управління для залізничних перевезень дозволяє стартап-проекту знаходитися в конкурентоспроможному ціновому діапазоні на ринку, забезпечуючи високу якість системи, ефективність її впровадження, а також досвідчений підхід до визначення ціноутворення в рамках індустрії залізничних перевезень.

Наступним кроком визначаємо оптимальну систему збуту, в межах якого приймається рішення (табл. 4.21).

Таблиця 4.21 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Закупівля технологічних систем для моніторингу технічного стану вагонів.	Постачання обладнання, налаштування та інтеграція, технічна підтримка	Непрямої канал збуту	Організація дистрибуції через стратегічних партнерів та системи розподілу.

**Висновок:** оптимальною стратегією є використання непрямого каналу збуту, що передбачає організацію дистрибуції через стратегічних партнерів та системи розподілу для залізничних операторів. Такий підхід дозволяє налаштувати ефективний ланцюг постачання та забезпечити надійне та своєчасне впровадження технології для забезпечення безпеки і моніторингу технічного стану вагонів.

Складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій (табл. 4.22), яка опирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів.

Таблиця 4.22 – Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Клієнти зацікавлені в підвищенні безпеки та ефективності залізничних перевезень через автоматизовані системи моніторингу	Онлайн-платформи, виставки, конференції, професійні журнали, соціальні мережі.	Інноваційність, підвищення ефективності перевезень, безпека	Показати переваги автоматизованої системи моніторингу для підвищення безпеки та зниження витрат.	«Інноваційна система моніторингу вагонів: забезпечте безпеку та ефективність вашого транспорту вже сьогодні!»



**Висновок:** ринкова програма для стартап-проєкту, який пропонує автоматизовану систему вагонного моніторингу та управління для залізничних перевезень, може включати наступні елементи:

**Концепція товару:**

- Розробка та впровадження інноваційної автоматизованої системи для моніторингу технічного стану вагонів у реальному часі.

- Підвищення безпеки та ефективності перевезень, автоматизація процесів обслуговування та прогнозування потреб в технічному обслуговуванні.

**Концепція збуту:**

- Створення партнерських відносин з операторами залізничних компаній, транспортними підприємствами та постачальниками обладнання для інтеграції автоматизованої системи.

- Реклама через інтернет, участь у виставках і конференціях з транспортної безпеки.

- Розвиток онлайн-платформи для продажу та технічної підтримки.

**Концепція просування:**

- Методи просування: реклама у спеціалізованих виданнях, участь у галузевих виставках і форумах.

- Завдання рекламного повідомлення – підвищення уваги до переваг автоматизованих систем моніторингу для підвищення ефективності та безпеки перевезень. Попередній аналіз можливостей ціноутворення:

- Конкурентне середовище: на ринку є кілька компаній, що пропонують часткові рішення, але автоматизовані системи є новим напрямом.

- Цінова стратегія: встановлення цін у середньому діапазоні з фокусом на інноваційність та додаткові послуги (інтеграція, технічна підтримка).

- Можливості ціноутворення: ціна на систему буде розраховуватися на основі витрат на розробку, встановлення та технічну підтримку з урахуванням потенційної економії для клієнта від зменшення витрат на обслуговування та покращення безпеки.

Інноваційна автоматизована система вагового моніторингу та управління для залізничних перевезень є сучасним рішенням, яке спрямоване на підвищення безпеки, ефективності та автоматизацію процесів у сфері залізничної логістики. Для успішної реалізації стартапу було розроблено бізнес-модель, що враховує всі основні аспекти функціонування проєкту, а також сформовано команду з професіоналів, кожен із яких володіє необхідними компетенціями для виконання своїх завдань. Представлені нижче таблиці демонструють основні елементи бізнес-моделі та склад команди, які забезпечать досягнення стратегічних цілей проєкту.

Таблиця 4.23 Бізнес-модель стартапу

<b>Канва бізнес-моделі</b>				
8.Ключові партнери Постачальники сенсорів, логістичні партнери, державні організації.	7.Ключові види діяльності Розробка, тестування, впровадження рішень, обслуговування клієнтів.	2.Ціннісна пропозиція Підвищення безпеки та ефективності залізничних перевезень через автоматизований моніторинг.	4.Відносини з клієнтами Індивідуальні консультації, навчання, технічна підтримка.	1. Цільові клієнти Великі залізничні компанії, державні організації, транспортні оператори.
	6.Ключові ресурси Команда розробників, виробничі потужності, технологічні партнери.		3.Канали Прямі продажі, участь у виставках, онлайн-платформа для продажу.	
9.Структура виплат - Розробка програмного забезпечення, - виробництво обладнання, - маркетинг - технічна підтримка.			4.Потоки доходів - Продаж ліцензій - абонентська плата за технічну підтримку - додаткові послуги.	

**Висновок:** Бізнес-модель стартапу чітко окреслює ключові аспекти функціонування проєкту, враховуючи потреби клієнтів, ціннісну пропозицію, джерела доходів і структуру витрат. Вона орієнтована на довгострокові партнерства, ефективне використання ресурсів і монетизацію через продаж обладнання, ліцензій та технічної підтримки. Модель забезпечує конкурентоспроможність стартапу та створює основу для його успішного розвитку і масштабування.

Команда стартапу складається з висококваліфікованих фахівців, кожен із яких відповідає за ключовий напрямок роботи. Злагоджена співпраця команди забезпечує ефективну реалізацію проєкту, від розробки інноваційних рішень до їх впровадження та підтримки клієнтів.(таб.4.24)

Таблиця 4.24 «Команда стартапу»

<b>Посада</b>	<b>Обов'язки</b>
Генеральний директор	Загальне керівництво проєктом, стратегічне планування.
Технічний директор	Розробка технологій, управління технічними командами.
Операційний директор	Організація операційних процесів, логістика.
Директор з маркетингу	Стратегія просування, комунікації з клієнтами, реклама.
Керівник відділу продажів	Залучення клієнтів, партнерські програми, збут.
Інженер з розробки	Проектування та тестування обладнання, інтеграція систем.
Фінансовий директор	Бюджетування, фінансовий контроль, звітність.
Юрист-консультант	Бюджетування, фінансовий контроль, звітність.

**Висновок:** Сформована команда стартапу об'єднує досвідчених фахівців із різних галузей, що забезпечує ефективну реалізацію проєкту.

Чіткий розподіл обов'язків та високий рівень компетенцій кожного члена команди створюють надійну основу для успішного впровадження інноваційного рішення на ринку.

Календарний графік реалізації стартапу визначає етапи впровадження інноваційної автоматизованої системи вагового моніторингу та управління для залізничних перевезень. Він включає ключові дати та завдання, що дозволяють систематично та ефективно здійснити розробку, тестування, запуск та підтримку системи на всіх етапах її впровадження.

Таблиця 4.25 «Календарний графік реалізації стартапу»

Етап реалізації	Завдання	Термін виконання	Відповідальні
Підготовчий етап	Оцінка потреб ринку, аналіз конкурентів, розробка бізнес-моделі	1-2 місяць	Генеральний директор, Маркетинг
Розробка технічного завдання	Опис вимог до системи, вибір технологій, розробка технічного завдання	2-3 місяць	Технічний директор, Інженери
Проектування та розробка програмного забезпечення	Створення та тестування програмного забезпечення для моніторингу та управління	3-6 місяць	Технічний директор, Розробники
Розробка апаратного забезпечення	Проектування та виготовлення датчиків та сенсорів, інтеграція з ПЗ	3-6 місяць	Інженери, Постачальники обладнання
Інтеграція системи	Інтеграція програмного та апаратного забезпечення з транспортними системами	6-7 місяць	Технічний директор, Інженери
Тестування та налаштування	Перевірка системи на реальних об'єктах, тестування функціональності	7-8 місяць	Інженери, Операційний директор

Продовження табл. 4. 25.

Запуск пілотного проекту	Встановлення системи на тестових об'єктах, перевірка в реальних умовах	8-9 місяць	Операційний директор, Продажі
Масштабування та запуск продажів	Запуск системи на ринку, рекламна кампанія, залучення клієнтів	9-12 місяць	Маркетинг, Продажі, Генеральний директор
Підтримка та оновлення	Технічна підтримка, оновлення ПЗ, моніторинг результатів	Постійно	Технічний директор, Сервісний відділ

**Висновок:** календарний графік реалізації стартапу допомагає чітко організувати етапи та терміни виконання завдань, забезпечуючи ефективну координацію та успішне впровадження інноваційної системи моніторингу для залізничних перевезень.

#### 4.5. Висновки до розділу IV

Інноваційна автоматизована система вагонного моніторингу та управління для залізничних перевезень має значний потенціал для ринкової комерціалізації. Вона відповідає сучасним вимогам безпеки та ефективності транспорту, що робить її затребуваною серед залізничних компаній, операторів та постачальників транспортних послуг. Проект вирішує актуальні проблеми, пов'язані з моніторингом технічного стану вагонів, прогнозуванням потреб в обслуговуванні та інтеграцією з іншими транспортними системами, що є важливими для покращення безпеки та ефективності перевезень.

Хоча на ринку існують конкуренти, інноваційна система на основі автоматизації, прогнозування та інтеграції дозволяє виділитися, пропонуючи унікальні переваги, які забезпечують високий рівень безпеки та зниження витрат. Проект має великий потенціал для реалізації завдяки високому попиту

на сучасні технології моніторингу в транспортному секторі та прагненню зменшити аварійність та підвищити ефективність перевезень.

Впровадження додаткових технологій, таких як штучний інтелект для передбачення потреб в технічному обслуговуванні, а також можливість інтеграції з іншими елементами інфраструктури, може ще більше підвищити ефективність і конкурентоспроможність проєкту. Подальша імплементація системи є доцільною, оскільки вона відповідає сучасним вимогам до безпеки та ефективності транспорту, а також забезпечить значне зниження витрат на технічне обслуговування та підвищення оперативності залізничних перевезень.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У результаті виконання магістерської дисертації на тему "Автоматизована система вагового контролю перевалки залізничних вантажів" було досягнуто низки важливих технічних та практичних результатів, що демонструють ефективність та перспективність розроблених рішень.

У першому розділі було проведено аналіз актуальних досліджень в області автоматизованих систем вагового контролю та конструктивних рішень у залізничній сфері. На основі цього аналізу було обрано оптимальні та сучасні рішення для реалізації автоматизованої системи вагового контролю.

У другому розділі було описано загальну структуру системи та її основні елементи. У цьому розділі було розглянуто основні характеристики та особливості вагонних ваг, які застосовуються для зважування залізничного транспорту. Було проведено аналіз елементів автоматизованої системи вагового контролю, розроблено структурну схему та запропоновано вибір оптимальних комплектуючих.

У третьому розділі було реалізовано програмне забезпечення, використовуючи мову програмування C#. Розроблено UML-діаграму класів, описано бібліотеки, що використовуються в проєкті та алгоритми роботи основних функцій та методів класів.

У четвертому розділі представлено стартап-проєкт із впровадження розроблених систем. Виконано оцінку ринку, обґрунтовано економічну доцільність і запропоновано плани масштабування.

Отже, створена система задовольняє поточні вимоги та має перспективи для подальшого вдосконалення, включаючи інтеграцію з іншими програмними продуктами, для розширення їх функціоналу.

## Список літератури

[1] Швець А. О. Вплив поздовжнього та поперечного зміщення центру ваги вантажу в піввагонах на їх динамічні показники. Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту, Дніпро, 2018, № 5. С. 115 – 128

[2] Колисниченко І. Ю. Дослідження динамічних сигналів одноплатформних залізничних ваг. Національний технічний університет «Дніпровська політехніка». Дніпро. С. 174 – 183.

[3] Клочко Л. І. Несні сталеві конструкції для встановлення залізничних тензометричних ваг. Фак. «Будівництво, архітектура та інфраструктура», Український державний університет науки і технологій. Дніпро С. 80 – 90.

[4] Вагове обладнання. Загальні відомості [Електронний ресурс]. Асвік Центр. Режим доступу до ресурсу: <https://asvik.kiev.ua/ua/articles/4>.

[5] Вагонні ваги ТОВ «Київський ваговий завод» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://kvz.in.ua/>.

[6] Про зважування вагонів під час руху поїзда [Електронний ресурс]. – 2008. – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v3310342-08#Text>.

[7] Антонов П.А. Ваги: типи та застосування. Антонов П.А. - Харків - М.: Точмашпрібор, 1998. - 254 с.

[8] Ваговий індикатор FT-112 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.flintec.com/electronics/weight-indicators/ft-112>.

[9] RFID-мітка для вагона [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.vostok.dp.ua/ukr/infa1/rfid/rfidgd/>.

[10] Програмне забезпечення для автомобільних ваг АРМ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://vis.ua/product/13-programmnoe-obespechenie-arm/>.

[11] Програма "Автомобільні ваги. Зваження в русі" Оператор АВД-20Т". [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://asvik.kiev.ua/ua/catalog/group/10>.



[12] Mueller J. P. C# 10.0 All-in-One For Dummies. – Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2022. – 864 с.

[13] C# The modern, innovative, open-source programming language for building all your apps. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://dotnet.microsoft.com/en-us/languages/csharp>.

[14] Бублик В. В. Об'єктно-орієнтоване програмування : К.: ІТкнига, 2015. 624 с.

[15] Tesseract Open Source OCR Engine [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://github.com/tesseract-ocr/tesseract>