

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет будівництва та транспорту**  
**Кафедра транспортних технологій**

**До захисту**  
**Допускається**  
**Завідувач кафедри**  
**транспортних технологій**

\_\_\_\_\_  
**Олександр САВОЙСЬКИЙ**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

за другим (магістерським) рівнем вищої освіти

на тему: «Дослідження транспортного забезпечення процесу збирання пшениці в умовах ТОВ «МХП-Урожайна країна» Роменського району»

Виконав:

\_\_\_\_\_

Владислав МАКСИМЕНКО

(підпис)

Група:

ТРТ 2401М

Науковий керівник:

\_\_\_\_\_

Юрій СЕМІРНЕНКО

(підпис)

Рецензент:

\_\_\_\_\_

Оксана ЮРЧЕНКО

(підпис)

Суми – 2025

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет будівництва та транспорту**  
**Кафедра транспортних технологій**

Ступінь вищої освіти «Магістр»

Спеціальність 275 «Транспортні технології (за видами)»

Спеціалізація 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)»

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Завідувач кафедри

транспортних технологій

Олександр САВОЙСЬКИЙ

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Владиславу МАКСИМЕНКУ

**1. Тема кваліфікаційної роботи:** «Дослідження транспортного забезпечення процесу збирання пшениці в умовах ТОВ «МХП-Урожайна країна» Роменського району»

**2. Керівник кваліфікаційної роботи:** к.т.н., доцент Семірненко Юрій Іванович

затверджені наказом закладу вищої освіти від «07» січня 2025 року № 38/ос

**3. Строк подання здобувачем кваліфікаційної роботи:** 17 грудня 2025 року

**4. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:** річні звіти базового підприємства, нормативно технічна документація, наукові та літературні джерела

**5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:** анотація, вступ, аналітична частина, основна частина, охорона праці на підприємстві, економічне обґрунтування, висновки, список використаної літератури, додатки

**6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:** ілюстративний матеріал у вигляді презентації Microsoft Power Point на 14 аркушах (слайдах) формату А4

## 7. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	с. викладач Таценко О. В.		
Економічне обґрунтування	к.т.н., доцент Тарельник Н. В.		

8. Дата видачі завдання: «03» січня 2025 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Погоджено з керівником кваліфікаційної роботи
1.	Обрання теми	до 03.01.2025 р.	
2.	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	до 17.02.2025 р.	
3.	Складання плану роботи	до 03.03.2025 р.	
4.	Написання вступу	до 17.03.2025 р.	
5.	Підготовка розділу «Аналітична частина»	до 04.05.2025 р.	
6.	Підготовка розділу «Основна частина»	до 01.09.2025 р.	
7.	Підготовка розділу «Охорона праці на підприємстві»	до 06.10.2025 р.	
8.	Підготовка розділу «Економічне обґрунтування»	до 17.11.2025 р.	
9.	Написання висновків та пропозицій	до 01.12.2025 р.	
10.	Подання роботи на перевірку унікальності	до 10.12.2025 р.	
11.	Подання роботи на рецензування	до 13.12.2025 р.	
12.	Подання до попереднього захисту	до 17.12.2025 р.	

Здобувач вищої освіти

\_\_\_\_\_ (підпис)

Владислав МАКСИМЕНКО

Керівник

кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Юрій СЕМІРЕНКО

## АНОТАЦІЯ

**Максименко Владислав Олегович.** «Дослідження транспортного забезпечення процесу збирання пшениці в умовах ТОВ «МХП-Урожайна країна» Роменського району».

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня магістра за освітньою програмою «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» зі спеціальності 275 «Транспортні технології (за видами) спеціалізації 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)». Сумський національний аграрний університет, Суми, 2025.

Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: річні звіти базового підприємства, нормативно технічна документація, наукові та літературні джерела.

Зміст розрахунково-пояснювальної записки: анотація, вступ, аналітична частина, основна частина, охорона праці на підприємстві, економічне обґрунтування, висновки, список використаної літератури,

Об'єкт дослідження - транспортно-технологічний процес перевезення зерна пшениці від поля до пунктів приймання в умовах ТОВ «МХП-Урожайна країна».

Предмет дослідження - методи та технічні рішення з оптимізації транспортних потоків та інфраструктури розвантаження.

Мета роботи - техніко-економічне обґрунтування комплексу інфраструктурних та управлінських рішень для мінімізації непродуктивних простоїв транспорту.

Аналіз виявив, що основним «вузьким місцем» є непродуктивний простій великотоннажного транспорту на розвантаженні. Проектне рішення передбачає капітальні інвестиції у розмірі 1 500 000 грн на встановлення додаткової точки вивантаження на току та впровадження алгоритму GPS-диспетчеризації. Це дозволяє скоротити час простою на 40%.

Наукова новизна полягає в обґрунтуванні комплексного рішення, що поєднує інвестиції в інфраструктуру з оперативною диспетчеризацією на

основі GPS-даних. Крім економічного ефекту, проект забезпечує зменшення викидів CO та мінімізує ризик перевтоми водіїв.

Отримані результати можуть бути застосовані в практичній діяльності ТОВ «МХП-Урожайна країна» та впроваджені на інших агропромислових підприємствах, що мають схожу структуру транспортних процесів та проблеми з пропускнуою здатністю пунктів приймання зерна.

**Ключові слова:**

ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ОПТИМІЗАЦІЯ, ПРОСТОЇ, ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЯ, ІНФРАСТРУКТУРА, ПРОДУКТИВНІСТЬ, АГРОЛОГІСТИКА, КАПІТАЛЬНІ ІНВЕСТИЦІЇ, ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ, ТЕРМІН ОКУПНОСТІ, ОХОРОНА ПРАЦІ

## ABSTRACT

**Maksymenko Vladyslav Olehovych.** “Research of Transport Provision for the Wheat Harvesting Process under the Conditions of LLC ‘MHP-Urozhaina Kraina’ in Romny District.”

Master’s qualification work submitted for the degree of Master under the educational program "Transport Technologies (Automobile Transport)" in specialty 275 "Transport Technologies (by type), specialization 275.03 ‘Transport Technologies (Automobile Transport).’ Sumy National Agrarian University, Sumy, 2025.

Source Data for the Qualification Work: Annual reports of the base enterprise, regulatory and technical documentation, scientific, and literary sources.

Content of the Calculation and Explanatory Note: Annotation (Abstract), Introduction, Analytical Part, Main Part, Occupational Safety at the Enterprise, Economic Justification, Conclusions, List of References.

Object of the Study: The transport and technological process of transporting grain (wheat) from the field to receiving points under the conditions of LLC "MHP-Urozhaina Kraina."

Subject of the Study: Methods and technical solutions for optimizing transport flows and unloading infrastructure.

Goal of the Work: Technical and economic justification of a set of infrastructural and managerial solutions to minimize unproductive transport idle time.

Analysis revealed that the main "bottleneck" is the unproductive downtime of heavy-duty transport at unloading points. The project solution includes capital investments of 1 500 000 UAH for installing an additional unloading point at the threshing floor and implementing a GPS-dispatching algorithm. This allows for the reduction of downtime by 40%.

Scientific Novelty lies in substantiating a comprehensive solution that combines infrastructure investment with operative dispatching based on GPS data.

In addition to the economic effect, the project ensures the reduction of CO emissions and minimizes the risk of driver fatigue.

The obtained results can be applied in the practical activities of LLC "MHP-Urozhaina Kraina" and implemented in other agro-industrial enterprises with similar transport process structures and grain receiving throughput issues.

### **Keywords**

TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL PROCESS, OPTIMIZATION, IDLE TIME, DISPATCHING, INFRASTRUCTURE, PRODUCTIVITY, AGROLOGISTICS, CAPITAL INVESTMENTS, ECONOMIC EFFECT, PAYBACK PERIOD, OCCUPATIONAL SAFETY.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	11
<b>РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ ПШЕНИЦІ</b> .....	
1.1. Теоретичні основи та огляд сучасних транспортних систем у агропромисловому комплексі.....	15
1.2. Характеристика господарської діяльності та організаційна структура ТОВ "МХП-Урожайна країна".....	18
1.3. Аналіз транспортно-технологічної схеми та організації перевезень зерна.....	20
1.4. Оцінка ефективності та виявлення проблемних ділянок логістичних ланцюгів.....	21
1.5. Аналіз сучасного стану проблеми та завдання дослідження.....	27
<b>РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ</b> .....	
2.1. Обґрунтування вихідних даних, методів розрахунку та критеріїв оптимізації транспортного процесу.....	30
2.2. Аналіз та розрахунок показників існуючої транспортної технології.....	31
2.3. Розробка та обґрунтування проектних рішень.....	32
2.4. Математичне та імітаційне моделювання транспортно-технологічного процесу.....	35
<b>РОЗДІЛ 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНИХ РІШЕНЬ</b> .....	
3.1. Обґрунтування структури та розміру капітальних інвестицій.....	41

3.2. Розрахунок експлуатаційних витрат та зниження собівартості транспортної роботи .....	42
3.3. Обрахунок річного економічного ефекту та його складових.....	44
3.4. Обчислення показників економічної дієвості інвестицій.....	46
3.5. Оцінка інвестиційної привабливості проекту з урахуванням фактору часу.....	47
<b>РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ, БЕЗПЕКА РУХУ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА.....</b>	<b>49</b>
4.1. Аналіз умов праці та ідентифікація небезпечних виробничих факторів.....	49
4.2. Розробка заходів із забезпечення охорони праці та безпеки руху.....	51
4.3. Розробка заходів із забезпечення екологічної безпеки та розрахунок ефекту.....	53
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>57</b>
<b>Список використаних джерел.....</b>	<b>59</b>

## ВСТУП

Агропромисловий комплекс є однією з ключових галузей економіки України, а ефективність збирання врожаю безпосередньо впливає на продовольчу безпеку та конкурентоспроможність аграрних підприємств. У сучасних умовах, коли підвищуються вимоги до швидкості та якості польових робіт, транспортно-технологічний процес перевезення зерна від комбайна до пункту приймання набуває вирішального значення. Будь-які непродуктивні втрати часу в цьому ланцюгу призводять до збільшення термінів збирання, зростання собівартості тонно-кілометра та підвищення ризиків втрат врожаю від несприятливих погодних умов.

Аналіз діяльності ТОВ «МХП-Урожайна країна» показав, що, незважаючи на використання прогресивного збирального парку, основним «вузьким місцем» логістичного ланцюга є тривалий час простою великотоннажного транспорту (автопоїздів Scania та КамАЗ) на пунктах розвантаження (токах та елеваторах), який сягає 0,5 години за один цикл. Такий непродуктивний простій знижує експлуатаційну продуктивність рухомого складу і вимагає постійного пошуку шляхів його усунення. Оптимізація ТТП збирання шляхом удосконалення інфраструктури розвантаження та впровадження оперативної диспетчеризації дозволяє синхронізувати роботу транспорту з пунктами приймання, забезпечуючи максимальну віддачу від існуючого автопарку. Вирішення цієї задачі має важливе науково-прикладне значення.

Кваліфікаційна робота магістра виконана відповідно до плану науково-дослідних робіт кафедри транспортних технологій Сумського національного аграрного університету за спеціальністю 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» та є складовою частиною комплексної теми, що спрямована на підвищення ефективності експлуатації автомобільного транспорту в агропромисловому комплексі України.

Метою роботи є техніко-економічне обґрунтування комплексу інфраструктурних та управлінських рішень, спрямованих на оптимізацію транспортно-технологічного процесу збирання пшениці, зниження собівартості перевезень та підвищення ефективності використання рухомого складу. Для досягнення поставленої мети визначені наступні завдання дослідження:

- 1) Провести аналіз існуючої транспортно-технологічної схеми перевезення зерна в ТОВ «МХП-Урожайна країна» та визначити ключові експлуатаційні показники.
- 2) Ідентифікувати основні причини непродуктивних простоїв рухомого складу та кількісно оцінити їхній вплив на загальну продуктивність.
- 3) Розробити та обґрунтувати проектні рішення щодо удосконалення інфраструктури розвантаження та впровадження алгоритму диспетчеризації.
- 4) Здійснити розрахунок техніко-економічної ефективності запропонованих рішень, визначити річний економічний ефект та термін окупності капітальних інвестицій.
- 5) Розробити заходи із забезпечення охорони праці, безпеки дорожнього руху та екологічної безпеки при виконанні транспортних робіт в умовах інтенсивної збиральної кампанії.

Об'єкт дослідження: транспортно-технологічний процес перевезення зерна пшениці від поля до пунктів приймання (токів, елеваторів) в умовах аграрного підприємства.

Предмет дослідження: Методи та технічні рішення з оптимізації транспортних потоків, інфраструктури розвантаження та управлінської диспетчеризації з метою підвищення експлуатаційної продуктивності рухомого складу.

Для досягнення поставленої мети та завдань використовувався комплекс наукових методів:

- 1) Системний аналіз — для вивчення існуючої транспортної технології та ідентифікації «вузьких місць».
- 2) Хронометражні спостереження та статистичний аналіз — для визначення фактичного часу циклу перевезень та кількісної оцінки простоїв.
- 3) Теорія транспортних потоків та експлуатаційно-технічні розрахунки — для визначення продуктивності рухомого складу та необхідної кількості транспортних засобів при проектному варіанті.
- 4) Економіко-математичне моделювання — для розрахунку капітальних інвестицій, річного економічного ефекту та терміну окупності.
- 5) Методи оцінки виробничих ризиків — для розробки заходів з охорони праці та екологічної безпеки.

Наукова новизна дослідження полягає в наступному: Удосконалено методику розрахунку експлуатаційної продуктивності транспорту в агрологістиці шляхом врахування коефіцієнта непродуктивних простоїв на кінцевих пунктах розвантаження як основного параметру, що підлягає оптимізації. Вперше для даного підприємства обґрунтовано комплексне рішення, що поєднує інвестиції в інфраструктуру (паралельне розвантаження на току) з впровадженням оперативного алгоритму диспетчеризації на базі GPS-моніторингу, що дозволяє гарантувати реалізацію досягнутого технологічного ефекту. Кількісно доведено синергетичний зв'язок між технологічною оптимізацією (скорочення простоїв) та позитивним екологічним ефектом (зниження викидів забруднюючих речовин за рахунок зменшення роботи двигунів на холостому ході).

Практична цінність роботи полягає в тому, що її результати можуть бути використані ТОВ «МХП-Урожайна країна» та іншими агрохолдингами для підвищення ефективності перевезення масових вантажів. Впровадження проекту забезпечить зростання експлуатаційної продуктивності основного парку великотоннажного транспорту. Досягнуто зниження питомої собівартості перевезень. Розраховано річний економічний ефект від

впровадження проекту. Розроблені конкретні інструкції та заходи з охорони праці, які мінімізують ризики травматизму на модернізованому току та запобігають перевтомі водіїв.

Магістерська робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ ПШЕНИЦІ

1.1. Теоретичні основи та огляд сучасних транспортних систем у агропромисловому комплексі

Транспортне забезпечення процесу збирання врожаю є ключовим елементом логістичного ланцюга агропромислового підприємства, оскільки прямо впливає на швидкість збирання, якість зерна та собівартість кінцевої продукції. У контексті збирання пшениці транспортне забезпечення визначається як комплекс заходів, спрямованих на своєчасне переміщення зібраного врожаю від комбайнів до місць післязбиральної обробки або зберігання (тік, елеватор) із мінімальними втратами та витратами.

Основними критеріями ефективності ТЗ є:

- 1) Синхронізація: узгодження продуктивності комбайнів і пропускної спроможності транспортних засобів та пунктів розвантаження.
- 2) Оперативність: мінімізація часу простою комбайнів в очікуванні транспорту та транспорту на пунктах розвантаження.
- 3) Економічність: зниження експлуатаційних витрат на тонно-кілометр.

У світовій та вітчизняній практиці застосовуються дві основні технологічні схеми організації перевезень зернових:

Прямий перевантажувальний спосіб ("комбайн-зерновоз", рис. 1.1): Зерно вивантажується безпосередньо в кузов зерновоза, який очікує поруч із комбайном. Цей спосіб є найбільш поширеним, але вимагає точної синхронізації прибуття транспорту з наповненням бункера комбайна, що часто є джерелом простоїв.



Рис. 1.1 – прямий перевантажувальний спосіб

Накопичувальний спосіб ("комбайн-перевантажувач-зерновоз", рис 1.2): Використання проміжних накопичувачів (бункер-перевантажувачів) для прийому зерна від комбайнів на ходу та подальшого перевантаження в автомобільний транспорт на краю поля. Цей метод значно збільшує коефіцієнт використання часу комбайна та дозволяє використовувати транспортні засоби з більшою вантажопідйомністю, що є трендом у великих агрохолдингах.



Рис. 1.2 – накопичувальний спосіб

Ефективність використання автомобільного транспорту при збиранні зерна визначається наступними ключовими показниками:

Таблиця 1.1 – Ефективність використання автомобільного транспорту при збиранні зерна

Показник	Формула (принципова)	Вплив на ефективність
Коефіцієнт використання пробігу ( $\beta$ )	$\frac{L_B}{L_Z}$	Відображає частку пробігу з вантажем. Оптимізація маршруту та виключення "холостих" поїздок критичні для зниження собівартості.
Коефіцієнт використання вантажопідйомності ( $\gamma$ )	$\frac{W_\Phi}{W_H}$	Показує ступінь завантаження автомобіля. Недостатнє завантаження (через обмеження бункера чи неповний об'єм) підвищує питомі витрати.
Технічна швидкість ( $V_T$ )	$\frac{L_p}{T_p}$	Середня швидкість руху. Залежить від дорожніх умов (поля, ґрунтові дороги) та технічного стану автомобілів.
Продуктивність ( $W_{Tp}$ )	$W_\Phi \times \gamma \times \frac{\beta}{t_{ц}}$	Кількість тонн, перевезених за годину. Комплексний показник, що інтегрує всі інші.

Останні роки в управлінні агрологістикою характеризуються активним впровадженням цифрових технологій:

- 1) Впровадження систем GPS моніторингу та диспетчеризації: Дозволяє в режимі реального часу відстежувати місцезнаходження комбайнів і зерновозів, контролювати час простою на полі та в чергах, що є основою для оперативного керування перенаправленням транспорту.

- 2) Застосування бункерів-перевантажувачів: Збільшує продуктивність комбайнів на 20-40%, оскільки комбайн не простоює в очікуванні відвантаження.
- 3) Використання великотоннажного транспорту: Перехід до сидельних тягачів із напівпричепами більшої вантажопідйомності (30–40 т) для міжгосподарських перевезень та транспортування на елеватори. Це зменшує кількість рейсів та загальні транспортні витрати.
- 4) Моделювання транспортних потоків: Використання програмного забезпечення для моделювання сценаріїв збирання з метою вибору оптимальної кількості та складу рухомого складу на етапі планування.

Таким чином, дослідження транспортного забезпечення ТОВ "МХП - Урожайна країна" буде зосереджено на аналізі поточних техніко-експлуатаційних показників, порівнянні їх з теоретично оптимальними та застосуванні сучасних методів оптимізації (маршрутизація, синхронізація, використання накопичувачів) для підвищення продуктивності та зниження собівартості.

## 1.2. Характеристика господарської діяльності та організаційна структура ТОВ "МХП-Урожайна країна"

ТОВ "МХП-Урожайна країна" втілює в собі концепцію сучасного аграрного підприємства, що спрямоване на ефективне виробництво сільськогосподарських культур. Засноване у 2010 році, воно стало визначним гравцем у галузі та входить до складу агроіндустріального холдингу МХП. Директором підприємства є Рибалко Андрій Володимирович.

Розташований у місті Ромни, Сумської області, ТОВ "МХП-Урожайна країна" має вражаючий земельний банк, що становить близько 32 тисяч гектарів. Цей показник свідчить про значний обсяг діяльності підприємства та його вплив на аграрний сектор регіону. Крім того, підприємство має понад 8 тисяч орендодавців та займається вирощуванням різноманітних

сільськогосподарських культур, таких як кукурудза, пшениця озима, ріпак озимий, соняшник, соя, гірчиця та гречка.

Підприємство має два виробничих підрозділи: в Сумах та у Ромнах. Виробничий підрозділ у Сумах налічує 9,9 тисяч гектарів землі, тоді як в Ромнах ця цифра складає 22,4 тисяч гектарів. Ця організаційна структура дозволяє оптимізувати виробничі процеси та максимально ефективно використовувати ресурси.

Однією з ключових переваг підприємства є впровадження технології точного землеробства. Починаючи з підготовки ґрунту і закінчуючи збиранням врожаю, "МХП-Урожайна країна" використовує передові методи для максимізації врожайності та якості продукції. Крім того, на території підприємства розташований глинський зерноочисний комплекс, оснащений обладнанням для сушіння та очищення зерна, а також філія "МХП-Андріяшівський елеватор".

Підприємство володіє сучасним логістичним центром, що включає в себе складські приміщення, автопарк, залізничні під'їзні колії та спеціалізоване обладнання для навантаження та розвантаження. Ця інфраструктура забезпечує ефективну та оперативну обробку та транспортування продукції. ТОВ "МХП-Урожайна країна" виступає як передовий учасник аграрного ринку, поєднуючи сучасні технології, професійний підхід та великий досвід у сфері вирощування сільськогосподарських культур. Його прогресивний підхід до виробництва та стратегічне розташування роблять його ключовим гравцем у розвитку аграрного сектору.

Для забезпечення перевезень використовується змішаний парк транспорту, до складу якого входять як власні, так і наймані транспортні засоби. Такий підхід забезпечує підприємству більшу гнучкість у пікові періоди активного збирання врожаю. Власний автопарк Тягачі: Scania P114 (3 од.), Scania R440 (2 од.), Scania G380 (3 од.). Самоскиди: КамАЗ-45143 (5 од.). Вантажівки марки Scania використовуються здебільшого для магістральних перевезень, оскільки мають високу вантажопідйомність (до 40 тонн повної маси). Самоскиди

КамАЗ успішно виконують внутрішньогосподарські перевезення або доставку на короткі відстані.

Перевага - власний автопарк дозволяє ефективно контролювати технічний стан транспорту, а також планувати графіки роботи. Найманий транспорт представлений різними моделями зерновозів. Це забезпечує додаткову транспортну спроможність у періоди найбільшого навантаження, наприклад, при великому обсязі врожаю чи значній віддаленості полів від елеватора.

Взаємодія з найманим транспортом потребує особливої уваги, зокрема суворого контролю якості послуг, точності дотримання графіків та оперативної комунікації з диспетчерами.

### 1.3. Аналіз транспортно-технологічної схеми та організації перевезень зерна

Процес транспортування зібраного врожаю пшениці у ТОВ «МХП-Урожайна країна» здійснюється за сучасною двоступеневою схемою із застосуванням бункерів-перевантажувачів, агрегованих із тракторами John Deere. Це є ключовим елементом логістичної системи підприємства. Комбайн під час руху перевантажується в бункер-перевантажувач, останній в свою чергу на спеціальному майданчику навантажує магістральний зерновоз для доставки на елеватор або тік. Запровадження цієї технології дозволяє уникати простоїв комбайнів, які більше не потребують очікування співпадаючого транспорту. Натомість бункер-перевантажувач виконує роль мобільного накопичувального буфера між збиранням пшениці і вантажним транспортом. Управління транспортними процесами централізоване і передбачає гнучкість у прийнятті рішень залежно від ситуації. Зерновози, як власні, так і наймані, не заїжджають безпосередньо в поле. Вони очікують на визначених майданчиках поруч із угіддями. Бункери-перевантажувачі транспортують зібране зерно до цих майданчиків і по черзі завантажують транспорт (режим «жива черга»). На всіх транспортних засобах встановлено GPS-трекери, що

забезпечують диспетчерам реальну картину руху транспорту. Оперативний контроль включає регулювання черг, моніторинг процесу завантаження/розвантаження та актуальне відстеження місцезнаходження машин.

Базові маршрути транспортування визначені наперед, що дозволяє спростити процес розрахунку часу доставки. У разі виникнення непередбачуваних обставин (затори, погодні негаразди, аварії або перевантаження елеватора) маршрути оперативно коригуються диспетчерською службою.

Час завантаження зерновоза за допомогою бункера-перевантажувача становить 10–15 хвилин, що є високим показником та сприяє мінімізації простоїв.

Відстань перевезення значно варіюється в діапазоні від 20 до 70 км в залежності від розташування полів, що вимагає постійної оптимізації кількості транспорту та маршрутів під конкретні поля.

1.3.1. Документальне забезпечення транспортних процесів. Основним документом, що регламентує перевезення зерна та слугує основою для обліку, є товарно-транспортна накладна (ТТН). Завдяки цифровізації, ТТН формується безпосередньо на місці завантаження і містить усі необхідні часові та вагові параметри, що забезпечує прозорість логістичного ланцюга.

Таблиця 1.2 – Інформація яка вказується в ТТН

<b>Фіксовані дані в ТТН</b>	<b>Значення для аналізу</b>
Час приїзду на поле	Визначає початок циклу очікування завантаження.
Час виїзду з поля	Визначає час простою під завантаженням та час початку руху.

## Продовження таблиці 1.2

<b>Фіксовані дані в ТТН</b>	<b>Значення для аналізу</b>
Час прибуття на елеватор	Ключовий показник для розрахунку часу руху та виявлення простоїв у черзі.
Вага тари та вага вантажу	Основа для розрахунку чистої вантажопідйомності (продуктивності) та контролю за збереженням вантажу.
Номери пломб	Підтверджує цілісність вантажу під час транспортування (захист від крадіжок/підміни).

Процедура видачі ТТН посилена системою контролю: контролер на полі сканує QR-код автомобіля для ідентифікації та реєстрації в системі, а після завантаження пломбує тент, вносячи номери пломб у програмне забезпечення.

#### 1.4. Оцінка ефективності та виявлення проблемних ділянок логістичних ланцюгів

1.4.1. Аналіз ефективності транспортної технології. Впровадження дволанкової системи з бункером-перевантажувачем (БП) демонструє високу ефективність на етапі польових робіт, але системні проблеми виникають на етапі розвантаження.

Таблиця 1.3 – Основні експлуатаційні показники транспортної роботи

<b>Етап</b>	<b>Результат</b>	<b>Оцінка ефективності</b>
Взаємодія Комбайн- БП	Час простою комбайнів	Висока. Технологія дозволяє працювати комбайнам безперебійно, збираючи урожай у максимально стислі терміни.

## Продовження таблиці 1.3

Етап	Результат	Оцінка ефективності
Взаємодія БП-Зерновоз	Час завантаження 10-15 хв.	Висока. Швидке завантаження мінімізує простій магістрального транспорту на полі.
Взаємодія Зерновоз- Елеватор	Простій в черзі дуже великий; в середньому 2 рейси/день.	Низька. Простій на елеваторі є критичним "вузьким місцем" системи, що призводить до низького коефіцієнта використання автотранспорту.

1.4.2. Розрахунок ключових експлуатаційних показників. Для оцінки ефективності використовуємо розрахунок часу циклу рейсу ( $T_{ц}$ ). Оскільки швидкість (79 км/год) висока, ми проаналізуємо два сценарії: перевезення на найкоротше (20 км) та найдовше (70 км) плече.

1) Час руху в обидва кінці:

$$t_{\text{рух}} = \frac{2 \times L}{V_T} \times 60 \text{ (хв)} \quad (1.1)$$

$$\text{Коротке плече - 20 км} = \frac{2 \times 20}{79} \times 60 = 30.4 \text{ хв}$$

$$\text{Довге плече - 70 км} = \frac{2 \times 70}{79} \times 60 = 106.3 \text{ хв}$$

2) Час, що не залежить від відстані ( $t_{\text{пост}}$ ):

$$t_{\text{пост}} = t_{\text{зв}} + t_{\text{розв}} + t_{\text{черга}} + t_{\text{тех}} \quad (1.2)$$

Таблиця 1.4 – Основні показники роботи автотранспорту

$t_{зв}$	12 хв (середнє 10-15 хв)
$t_{розв}$	15 хв
$t_{черга}$	30 хв
$t_{пост}$	12+15+30=57 хв

Перевезення на відстань 20 км:

$$30,4 + 57 = 87,4$$

$$\frac{480}{87,4} = 5,5$$

Перевезення на відстань 70 км:

$$106,3 + 57 = 163,3$$

$$\frac{480 \text{ хв}}{163,3} = 2,9$$

Сценарій Б: Перевезення на Елеватор

Дані про 2 рейси за зміну свідчать про те, що  $T_{ц} \approx 4$  години (або 240 хвилин). Це означає, що середній простій в черзі становить:

$$t_{черга} = T_{ц} - t_{рух} - t_{зв} - t_{розв} \quad (1.3)$$

Таблиця 1.5 - Розрахунок капітальних вкладень у вдосконалення транспортної інфраструктури

Плече (L)	$t_{рух}$ (хв)	$t_{пост}$ (хв) (окрім черги)	Середній простій в черзі $t_{черга}$ (хв)
--------------	-------------------	----------------------------------	--

Продовження таблиці 1.5

20 км	30,4	$12 + 27,5 = 39,5$	$240 - 30,4 - 39,5 = 170,1$ хв (2,8 год)
70 км	106,3	$12 + 27,5 = 39,5$	$240 - 106,3 - 39,5 = 94,2$ хв (1,6 год)

Навіть при короткому плечі (20 км) простій в черзі на елеваторі становить майже 3 години на рейс, що є катастрофічним показником використання транспорту.

1.4.3. Оцінювання ефективності та логістичних ланцюгів. Продуктивність автопоїздів:

Приймаючи  $Q = 18$  т і 2 рейси за 8 - годинну зміну (Елеватор):

$$P = Q \times N_{\text{рейсів}} \quad (1.4)$$

$$P = 18 \text{ т} \times 2 \text{ рейси} = 36 \text{ тонн/зміну}$$

Така низька продуктивність (36 т за 8 годин) є прямим наслідком тривалих простоїв.

Коефіцієнт використання вантажопідйомності ( $\gamma$ ): Враховуючи, що машини завантажуються під норму (18 т),  $\gamma = 1$ . Це свідчить про правильне використання вантажопідйомності на етапі завантаження.

Взаємодія видів транспорту:

Комбайн - БП: Ідеальна взаємодія.

Зерновоз - Елеватор: Низька ефективність. Велика пропускна здатність на полі (за рахунок БП) не компенсується низькою пропускною здатністю на елеваторі. Логістичний ланцюг має дисбаланс потужностей.

Використання інфраструктури (Тік проти Елеватора): Перевезення на Тік є значно ефективнішим (до 5.5 рейсів при 20 км), ніж на Елеватор (2 рейси).

1.4.4. Загальна оцінка логістичних ланцюгів. Транспортна система ТОВ «МХП-Урожайна країна» демонструє сильний дисбаланс потужностей між польовою логістикою та інфраструктурою приймання:

- 1) Польовий етап (Висока ефективність). Технологія "Комбайн - Бункер-перевантажувач - Зерновоз" та ефективна GPS-диспетчеризація

мінімізують простої комбайнів і швидкість завантаження магістрального транспорту (10-15 хв). Цей етап забезпечує високий ритм збирання.

- 2) Етап приймання (Низька ефективність). Великі простої в чергах на елеваторі (які призводять до 2 рейсів на зміну) нівелюють усі переваги польової ефективності. Проблема елеватора є критичним "вузьким місцем" логістичного ланцюга.

1.4.5. Аналіз продуктивності та використання автотранспорту. Використовуємо середні показники: чиста вантажопідйомність  $Q = 18$  т, середня технічна швидкість  $V_T = 79$  км/год. Прийmemo середню відстань перевезення  $L_{сер} = 45$  км.

- 1) Коефіцієнт використання автотранспорту (за часом):

Найманий та власний транспорт використовується вкрай неефективно.

Таблиця 1.6 – Економічна ефективність удосконалення транспортно-технологічного процесу

Місце розвантаження	Середній час циклу ( $T_{ц}$ )	Кількість рейсів на 8-годинну зміну	Продуктивність машини/зміну
Елеватор (Критично)	240 хв (4 години)	2 рейси	36 т (18 т × 2)
Тік (Ефективніше)	125 хв (при $L_{сер} = 45$ км)	3,8 рейси	68,4 т (18 т × 3,8)

- 2) Оцінка коефіцієнта використання пробігу ( $\beta$ ):

Для  $L_{сер} = 45$  км, час руху займає 68 хв (з 240 хв циклу).

$$\beta = \frac{L_{загальний}}{L_{з вантажем}} = 0,5$$

Коефіцієнт  $\beta = 0.5$  є нормальним для маятникового маршруту. Однак, час витрачений на продуктивний рух, становить лише  $68/240 = 28\%$  від загального часу циклу. Решта  $72\%$  часу втрачається на простої, з яких більша частина припадає на чергу на елеваторі.

1.4.6. Економічний аналіз втрат через простої. Проаналізуємо потенційні економічні втрати через низьку продуктивність:

- 1) Прийmemo середню норму витрати палива на 100 км з вантажем = 35 л;
- 2) Загальна робота - 70000 т;
- 3) Необхідна кількість тонно-кілометрів -  $70000 \text{ т} \times 45 \text{ км} = 3\,150\,000 \text{ т/км}$ .

Якщо б середня продуктивність машини була 3,8 рейси/зміну (як на току), менша кількість машин виконала б той самий обсяг роботи, що зменшило б витрати на оплату праці водіїв та оренду.

Головна втрата полягає не в паливі, а в часі збирання. Зниження кількості рейсів у 1,9 рази (від 3,8 до 2) означає, що збір врожаю затягується, збільшуючи ризик втрат від погодних умов і загальні операційні витрати.

1.4.7. Організація роботи та використання технічних засобів:

- 1) Використання GPS-трекерів та ПЗ забезпечує чудовий контроль. Це дозволяє диспетчерам швидко приймати рішення про перенаправлення машин з перевантаженого елеватора на тік, що частково пом'якшує проблему черг.
- 2) Пломбування вантажу та QR-ідентифікація гарантують безпеку логістичного ланцюга та точний облік.
- 3) Власна сервісна служба та інженерний відділ забезпечують високий коефіцієнт технічної готовності парку.

Через простій на елеваторі, продуктивність зерновоза падає на  $47\%$  порівняно з роботою на току (36 т проти 68,4 т). Це призводить до необхідності залучення більшої кількості (дорожчого) найманого транспорту.

Ефективність транспортної системи ТОВ «МХП-Урожайна країна» стримується зовнішнім чинником - низькою пропускною здатністю елеваторів. Внутрішні логістичні процеси (польові роботи, диспетчеризація,

технічне обслуговування) організовані на високому рівні, але їхня ефективність руйнується тривалими простоями на етапі розвантаження.

## 1.5. Аналіз сучасного стану проблеми та завдання дослідження

1.5.1. Аналіз світових тенденцій у Smart-логістиці агропромислового комплексу. Проблема підвищення ефективності збирання та внутрішньогосподарського перевезення зернових культур є пріоритетною у світовому агропромисловому комплексі. У сучасному контексті ця проблема розглядається через призму Smart-Agriculture Logistics (Розумна агрологістика), що є частиною загальної концепції Індустрії 4.0 та 5.0. Метою є не просто автоматизація, а інтелектуальне управління всіма логістичними процесами для забезпечення максимальної синхронізації та мінімізації втрат.

Основою Smart-логістики є Інтернет речей (IoT) та системи збору й аналізу великих даних (Big Data). Ці технології дозволяють створити «цифрового двійника» поля та транспортного процесу:

- 1) Сенсорика та IoT. Сучасні комбайни та бункери-перевантажувачі оснащуються сенсорами, які в режимі реального часу фіксують не лише GPS-координати, а й рівень заповнення бункера, вологість зібраного зерна, фактичну продуктивність. Всі ці дані передаються на центральний сервер.
- 2) Використання Big Data (великих даних) дозволяє прогнозувати динаміку черг. Наприклад, система може, ґрунтуючись на даних про поточну продуктивність комбайнів та пропускну здатність току/елеватора, з високою точністю передбачити, коли час очікування на конкретному пункті приймання перевищить критичний поріг.
- 3) Передові системи управління автопарком (FMS) виходять за рамки простого моніторингу. Вони автоматично генерують рекомендації для диспетчера або навіть безпосередньо для водіїв щодо оптимальної

швидкості та часу прибуття до пункту розвантаження, щоб уникнути накопичення транспорту.

Світовий досвід показує, що без інтеграції IoT та Big Data неможливо досягти максимальної ефективності. Це підтверджує необхідність управлінського вдосконалення через впровадження GPS-диспетчеризації у даному проєкті.

1.5.2. Детальний аналіз "вузьких місць" у транспортно-технологічному процесі збирання зернових культур. Процес перевезення зерна є циклічним, і його ефективність визначається найслабшою ланкою – «вузьким місцем». Для ТОВ «МХП - Урожайна країна» цим місцем є тривалий простій зерновозів на пунктах розвантаження (тік та елеватор), що становить.

Простої можна класифікувати за їхньою природою.

Технологічні простої. Час, необхідний для виконання обов'язкових технологічних операцій (зважування, відбір проб, сам процес вивантаження, оформлення ТТН). Цей час є мінімально необхідним і становить близько 15 хв;

Організаційні простої (черги). Час очікування, пов'язаний з недостатньою пропускною здатністю приймального пункту (недостатня кількість розвантажувальних ям, повільна робота персоналу, несправності вагового обладнання). Саме ці простої є непродуктивними і становлять основний предмет оптимізації;

Аварійні простої. Викликані поломками обладнання току/елеватора або самого транспортного засобу. На підприємстві основна проблема полягає у недостатній пропускній здатності току (одна вивантажувальна точка), що призводить до накопичення транспорту та виникнення організаційних простоїв. Це спричиняє недотримання принципу синхронізації, коли пропускна здатність пункту приймання не відповідає потоку, що надходить із поля.

Тривалі непродуктивні простої мають значні негативні наслідки, які виходять за межі прямого зростання собівартості:

- 1) Зростання собівартості. Кожна годину простою – це додаткові витрати на зарплату водія та амортизацію.
- 2) Ризик втрати врожаю. Уповільнення загального темпу збирання збільшує часовий інтервал кампанії. Це підвищує ризик втрати 1% врожаю (осипання, ураження дощами), що є найбільшим економічним ризиком.
- 3) Проблема безпеки руху. Нерегулярний графік роботи, спричинений непередбачуваними чергами, порушує режим праці та відпочинку водіїв.

Для вирішення проблеми «вузького місця» застосовуються різноманітні наукові та практичні методи, вибір яких визначає методологічну базу даного дослідження.

Теорія масового обслуговування традиційно використовується для аналізу систем з чергами (ток/елеватор розглядається як канал обслуговування). ТМО дозволяє розрахувати середній час очікування та ймовірність простою. Обмеженням ТМО є те, що вона часто базується на стаціонарних параметрах, тоді як агрологістика є динамічною.

Імітаційне моделювання найбільш адекватний метод для даного проекту. Він дозволяє створити динамічну модель усього процесу (рух комбайнів, заповнення бункерів, пробіг транспорту та обслуговування на току) та імітувати вплив проектних рішень. Саме імітаційне моделювання дозволяє довести, що встановлення другої точки розвантаження дійсно призведе до скорочення часу простою.

Аналіз показав, що проблема має дві взаємопов'язані складові, і лише комплексний підхід може гарантувати економічний ефект. Інфраструктурне вдосконалення вирішує проблему пропускну здатності. Встановлення додаткової точки розвантаження ліквідує фізичне обмеження. Диспетчеризація вирішує проблему оперативного планування. Навіть дві точки розвантаження можуть виявитися неефективними, якщо весь транспорт

прибуде одночасно. Алгоритм динамічного перенаправлення забезпечує гнучке балансування потоків між двома точками приймання (тік та елеватор).

Наукова новизна даної роботи полягає у розробці та техніко-економічному обґрунтуванні комплексного проектного рішення, що поєднує інвестиції у підвищення пропускної здатності току з управлінською інтеграцією на основі GPS-технологій.

## РОЗДІЛ 2

### ПРОЕКТУВАННЯ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ

2.1. Обґрунтування методики розрахунку та вихідних даних та критеріїв оптимізації транспортного процесу

Цей розділ присвячений обґрунтуванню необхідності змін у транспортному забезпеченні ТОВ "МХП-Урожайна країна" та кількісному моделюванню запропонованих рішень.

Методика розрахунку базується на класичних положеннях транспортної логістики, а саме: визначення необхідної кількості транспортних засобів для синхронної роботи зі збиральним парком та розрахунок продуктивності рухомого складу на основі часу циклу.

Таблиця 2.1 - Вихідні дані для розрахунків

Параметр	Позначення	Значення
Загальний обсяг перевезень	$Q_{\text{заг}}$	70 000 т
Кількість комбайнів	$N_{\text{комб}}$	5 од.
Експлуатаційна продуктивність комбайна	$W_{\text{комб}}$	15 т/год
Загальна продуктивність збирання	$W_{\text{зб}}$	75 т/год
Тривалість зміни	$T_{\text{зм}}$	10 год
Вантажопідйомність Scania	$Q_{\text{Scania}}$	28 т
Плече перевезення (елеватор)	$L$	45 км
Технічна швидкість (польові дороги)	$V_{\text{техн}}$	40 км/год
Коефіцієнт використання пробігу	$B$	0,5
Коефіцієнт використання вантажопідйомності	$\mu$	0,9

## 2.2. Аналіз та розрахунок показників існуючої транспортної технології

На основі хронометражних спостережень, час простою транспорту під розвантаженням та оформленням документів на току/елеваторі є найвищим і становить  $t_{\text{пр, існ}} = 0,5$  год.

2.2.1. Розрахунок часу циклу перевезення (існуючий). Час циклу  $t_{\text{ц}}$  визначається як сума часу руху  $t_{\text{р}}$  та часу простою під операціями  $t_{\text{пр}}$ :

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{р}} + t_{\text{пр}} \quad (2.2)$$

Час руху Scania (з вантажем та порожнім):

$$t_{\text{р}} = \frac{2L}{V_{\text{техн}}} = \frac{2 \times 45}{40} = 2,25 \text{ год}$$

Час циклу (існуючий):

$$t_{\text{ц, існ}} = 2.25 + 0.5 = 2.75$$

## 2.2.2. Розрахунок продуктивності та необхідної кількості ТЗ.

Продуктивність одного автомобіля за годину  $W_{\text{тр}}$ :

$$W_{\text{тр}} = \frac{Q_{\text{ном}} \times \mu}{t_{\text{ц}}} \quad (2.2)$$

$$W_{\text{тр, існ}} = \frac{28 \times 0.9}{2.75} = 9.16 \text{ т/год}$$

Кількість необхідних рейсів за сезон:

$$N_{\text{рейсів}} = \frac{Q_{\text{scania}}}{Q_{\text{ном}} \times \mu} \quad (2.3)$$

$$N_{\text{рейсів}} = \frac{42000}{28 \times 0.9} = 1667 \text{ рейсів}$$

Низька продуктивність (9,16 т/год) прямо вказує на те, що 30% часу циклу припадає на непродуктивні простої (0,5 год / 2,75 год). Це є ключовим логістичним "вузьким місцем", яке необхідно усунути для зниження собівартості.

2.3. Розробка та обґрунтування проектних рішень щодо оптимізації транспортно-технологічного процесу

Для усунення важливих непродуктивних простоїв, як зазначено у підрозділі 2.2, комплекс інноваційних рішень містить взаємодоповнюючі компоненти: покращення інфраструктури току та оптимізацію управління транспортними потоками за допомогою GPS-диспетчеризації. Реалізація цього комплексу забезпечує синхронізацію роботи транспортних засобів з пропускною здатністю пунктів прийому.

2.3.1. Покращення інфраструктури потоку та розрахунок його пропускної здатності. Тривалі простої, безпосередньо пов'язані з послідовним обслуговуванням транспортних засобів. Для переходу до більш ефективного паралельного обслуговування пропонується встановити додатковий, незалежний пункт розвантаження на поточній ділянці (наприклад, мобільний або стаціонарний розвантажувач зерна з окремим приймальним бункером).

Модернізація допоможе скоротити час очікування, витрачений на маневрування та фактичне очікування звільнення однієї розвантажувальної ями. В умовах паралельного обслуговування час очікування буде обмежений часом зважування та часом на оформлення документів.

Очікується, що час простою під час розвантаження зменшиться на 40% з введенням другої точки розвантаження.

Розрахунок проектного часу простою:

$$t_{\text{пр. про}} = t_{\text{пр. існ}} \times (1 - \text{Економія}) \quad (2.4)$$

$$t_{\text{пр. про}} = 0,5 \times (1 - 0,40) = 0,3$$

Розрахунок проектного часу циклу:

$$t_{\text{ц. про}} = t_p + t_{\text{пр. про}} \quad (2.5)$$

$$t_{\text{ц. про}} = 2,25 + 0,3 = 2,55 \text{ год}$$

Зниження часу циклу:

$$\Delta t_{\text{ц}} = \frac{2,75 - 2,55}{2,75} \times 100\% = 7,27\%$$

2.3.2. Деталізація управлінського рішення. Для гарантованої реалізації проектного показника  $t_{\text{пр, про}} = 0,3$  год необхідне впровадження ефективного управлінського інструменту – системи GPS-диспетчеризації.

Для впровадження системи необхідне оснащення рухомого складу сучасним АПК:

1) Встановлення трекерів на кожен великотоннажний автомобіль (Scania, КамАЗ). Вони повинні забезпечувати не тільки передачу координат, а й контроль статусу роботи;

2) Датчики фіксації часу роботи двигуна на холостому ході (для оцінки екологічного ефекту);

3) Кнопка статусу - водій позначає початок/кінець завантаження та розвантаження, що підвищує точність хронометражу.

Програмне забезпечення повинне забезпечувати:

1) Визначення чітких зон (поля, тік, елеватор) для автоматичного розрахунку часу, проведеного ТЗ у кожній зоні (наприклад, час простою у геозоні «Елеваторна черга»);

2) Автоматичне формування звітів щодо ефективності використання кожного автомобіля та дотримання графіку.

Головна функція диспетчера — динамічне балансування транспортного навантаження між пунктами приймання.

Проектне рішення - розробка алгоритму оперативного диспетчерського перенаправлення великотоннажного транспорту.

Алгоритм прийняття рішень:

1) Моніторинг черг у реальному часі для візуалізації кількості зерновозів, що знаходяться у геозоні очікування на елеваторі та току;

2) Встановлюється критичний поріг простою на основному пункті приймання (Елеватор);

3) На карті визначається буферна зона (наприклад, 10-15 км від роздоріжжя), в якій автомобілі можуть бути перенаправлені без значної втрати часу на пробіг;

4) Якщо час очікування на Елеваторі перевищує певний час, диспетчер обирає найближчий автомобіль, що прямує до Елеватора, і перенаправляє його на удосконалений тік. При цьому враховується мінімізація додаткового пробігу;

Таке гнучке управління логістичним ланцюгом гарантує, що ресурс рухомого складу миттєво використовується на більш ефективному маршруті, що дозволяє досягти проектного показника на току і знизити час простою на елеваторі.

2.3.3. Розрахунок підвищення продуктивності та скорочення часу роботи. Новий, скорочений час циклу (2,55 год) дозволяє значно збільшити експлуатаційну продуктивність наявного парку, що є прямим підтвердженням технічної доцільності проекту.

Використовуючи формулу продуктивності для автомобіля Scania (вантажопідйомність  $Q = 25$  т), проводимо розрахунок підвищення продуктивності ( $W_{тр}$ ):

$$W_{тр} = \frac{9,88 - 9,16}{9,16} \times 100\% = 7,86\%$$

Зростання продуктивності на 7,86% дозволить виконати плановий обсяг перевезень (прийmemo 42000 тонн) за меншу загальну кількість годин роботи:

$$T = T_{існ} - T_{про} \quad (2.6)$$

$$T = \frac{42000}{9,16} - \frac{42000}{9,88} = 4585,15 - 4352,01 = 334,14 \text{ г}$$

Запропоновані інфраструктурні та управлінські рішення дозволяють підвищити продуктивність основного рухомого складу Scania на 7,86% та зекономити понад 334 години роботи автопарку за сезон, що підтверджує технічну доцільність проекту та створює умови для отримання значного економічного ефекту.

2.4. Математичне та імітаційне моделювання транспортно-технологічного процесу

Для кількісної оцінки ефективності існуючої технології та обґрунтування технічної доцільності проектних рішень застосовується інструмент Теорії масового обслуговування (ТМО). Процес розвантаження транспорту на току є класичною Системою масового обслуговування (СМО), в якій автомобілі

виступають як «заявки», а розвантажувальні точки — як «канали обслуговування». Моделювання дозволяє визначити критичні точки та спрогнозувати ефект від модернізації.

2.4.1. Визначення вхідних параметрів та моделі СМО. Використовуємо модель із експоненціальним розподілом інтервалів прибуття та часу обслуговування (M/M/S).

Вхідні параметри (прийняті на основі даних Розділу 2):

1) Інтенсивність вхідного потоку ( $\lambda$ ). Кількість автомобілів, що прибувають на тік протягом години. Прийmemo, що в піковий період на тік прибуває 3 авто/год.

$$\lambda = 3,0 \text{ авто/год}$$

Інтенсивність обслуговування однієї точки ( $\mu$ ). Пропускна здатність однієї точки розвантаження (обернена до часу простою):

$$\mu = \frac{1}{t_{\text{пр}}} \quad (2.7)$$

Існуючий час:

$$\mu_{\text{існ}} = \frac{1}{0,5} = 2 \text{ авто/год}$$

Проектний час:

$$\mu_{\text{пр}} = \frac{1}{0,3} = 3,33 \text{ авто/год}$$

Таблиця 2.2 - Інтенсивність обслуговування однієї точки ( $\mu$ )

ПАРАМЕТР	ІСНУЮЧИЙ ВАРІАНТ	ПРОЕКТНИЙ ВАРІАНТ
Час простою (год)	0,5	0,3
Інтенсивність (авто/год)	2	3,33
Кількість каналів (S)	1	2

2.4.2. Аналіз існуючої системи масового обслуговування (М/М/1). Існуюча технологія (одна точка розвантаження) відповідає моделі М/М/1.

1) Коефіцієнт завантаження системи ( $\rho$ ):

$$\rho = \frac{\lambda}{S \times \mu} = \frac{\lambda}{1 \times \mu_{\text{існ}}} \quad (2.8)$$

$$\rho_{\text{існ}} = \frac{3,0}{2,0} = 1,5$$

Оскільки  $\rho_{\text{існ}} > 1$ , система масового обслуговування є критично перевантаженою. Теоретично, при такому співвідношенні черга зростає нескінченно, що математично підтверджує, що існуючий тік є головним «вузьким місцем» і не може справлятися з піковим навантаженням.

2) Середня довжина черги ( $L_q$ ) та Середній час очікування в черзі ( $W_q$ ). Через те, що  $\rho_{\text{існ}} > 1$ , стандартні формули ТМО для стаціонарного режиму не застосовуються. Це доводить, що необхідні радикальні зміни для зниження  $\rho_{\text{існ}}$  до рівня, меншого за 1.

2.4.3. Моделювання проектної СМО з інфраструктурним удосконаленням (модель М/М/2). Проектне рішення передбачає: а) встановлення другої точки розвантаження ( $S=2$ );

б) підвищення швидкості обслуговування до  $\mu = 3,33$  авто/год (час простою 0,3 год).

1) Коефіцієнт завантаження системи ( $\rho$ ):

$$\rho = \frac{\lambda}{S \times \mu_{\text{про}}} \quad (2.9)$$

$$\rho = \frac{3,0}{2 \times 3,33} = 0,45$$

Оскільки  $\rho < 1$ , система стає стабільною та здатна обробляти пікове навантаження.

2) Ймовірність простою системи ( $P_0$ ). Ймовірність того, що обидва канали вільні.

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^{S-1} \frac{(S\rho)^k}{k!} + \frac{(S\rho)^S}{S!(1-\rho)}} \quad (2.10)$$

де  $S=2$ ;

$\rho = 0,45$ ;

$\lambda/\mu = 0,9$

$$P_0 = \frac{1}{\frac{(0,9)^0}{0!} + \frac{(0,9)^1}{1!} + \frac{(0,9)^2}{2!(1-0,45)}} = 0,428$$

Тобто, система буде повністю вільна 42,8% часу.

3) Середня довжина черги ( $L_q$ ):

$$L_q = \frac{P_0 \times (S\rho)^{S+1}}{S!(1-\rho)^2} \quad (2.11)$$

$$L_q = \frac{0,428 \times (2 \times 0,45)^3}{2 \times (1 - 0,45)^2} = 0,51 \text{ авто}$$

Середній час очікування в черзі ( $W_q$ ). Середній час, який автомобіль проводить у черзі (без часу обслуговування):

$$W_q = \frac{Lq}{\lambda} \quad (2.12)$$

$$W_q = \frac{0,51}{3} = 0,17 \text{ год}$$

Середній час перебування в системі ( $W_s$ ). Загальний час від прибуття до виїзду (час очікування + час обслуговування):

$$W_s = W_q + t_{пр}, \text{ про} \quad (2.13)$$

$$W_s = 0,17 + 0,3 = 0,47 \text{ год}$$

2.4.4. Обґрунтування інтеграції диспетчеризації на основі ТМО. Результати моделювання (Таблиця 2.3) однозначно підтверджують ефективність інфраструктурного рішення. Однак модель М/М/2 передбачає, що вхідний потік ( $\lambda$ ) рівномірно розподіляється на два канали.

У реальних умовах  $\lambda$  може бути нерівномірним, і транспортний потік може бути змішаним (тік + елеватор). Саме для забезпечення умов, необхідних для роботи моделі М/М/2 (тобто рівномірного і контрольованого потоку), необхідно впровадити систему GPS-диспетчеризації.

Функція диспетчеризації з точки зору ТМО - диспетчер діє як превентивний регулятор вхідного потоку ( $\lambda$ ) та забезпечує гнучке перенаправлення заявок. Коли один пункт (Елеватор) стає перевантаженим ( $\rho > 1$ ), диспетчер перекидає потік на менш завантажений модернізований тік. Це гарантує, що час простою на току не перевищить цільового показника 0,3 грн, отриманого в результаті моделювання  $W_s = 0,47$  год, і підтримує загальну ефективність на рівні 7,86%.

Таблиця 2.3 – Порівняльна оцінка ефективності системи розвантаження (ТМО)

<b>Показник</b>	<b>Одиниця виміру</b>	<b>Існуюча СМО (М/М/1)</b>	<b>Проектна СМО (М/М/2)</b>
<b>Кількість каналів(S)</b>	од.	1	2
<b>Інтенсивність обслуговування(<math>\mu</math>заг)</b>	авто/год	2	6,66
<b>Коефіцієнт завантаження(<math>\rho</math>)</b>	од.	1,5	0,45
<b>Статус системи</b>	-	Перевантажена	Стабільна
<b>Середній час очікування в черзі(<math>Wq</math>)</b>	год	Нескінченний	0,17
<b>Середній час простою в системі(<math>Ws</math>)</b>	год	Нескінченний	0,47
<b>Скорочення часу простою в системі</b>	%	-	82,9%

## РОЗДІЛ 3

### ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНИХ РІШЕНЬ

#### 3.1. Обґрунтування структури та розміру капітальних інвестицій

Метою проекту є підвищення ефективності використання наявного автопарку парку великотоннажного транспорту Scania та КамАЗ за рахунок ліквідації "вузького місця" – тривалих простоїв на пунктах розвантаження. Капітальні інвестиції (Кінвест) спрямовуються на вдосконалення інфраструктури току, а саме - на встановлення додаткової точки вивантаження та оснащення управлінського комплексу.

Таблиця 3.1 - Визначення структури капітальних інвестицій

№	Стаття інвестицій	Призначення	Сума тис. грн
1	Придбання мобільного/стаціонарного зернорозвантажувача	Забезпечення паралельного розвантаження	1 100
2	Монтажні та пусконаладжувальні роботи	Введення обладнання в експлуатацію та його інтеграція в існуючу технологічну схему току	150

## Продовження таблиці 3.1

№	Стаття інвестицій	Призначення	Сума тис. грн
3	Обладнання додаткової вагової ділянки (сенсори, ПК для диспетчера, програмне забезпечення)	Управлінський комплекс для диспетчеризації та контролю режиму праці.	200
4	Резервні витрати та логістика	Непередбачені витрати, навчання персоналу роботі з новим обладнанням та GPS-системою.	50
Загальна сума капітальних інвестицій			1 500

Таким чином, загальний обсяг капітальних інвестицій, необхідних для реалізації проекту, становить 1 500 000 грн.

### 3.2. Розрахунок експлуатаційних витрат та зниження собівартості транспортної роботи

Економічний ефект від зниження простоїв (з 0,5 год до 0,3 год) виражається у скороченні необхідного часу роботи рухомого складу для виконання заданого річного обсягу перевезень ( $Q_{Scania} = 42000$  т).

3.2.1. Визначення економії робочого часу. Час циклу перевезень для відстані перевезень 45 км:

Існуючий:  $t_{ц, існ} = 2,75$  год

Проектний:  $t_{ц, про} = 2,55$  год

Продуктивність одного автомобіля Scania:

Існуюча:  $W_{\text{пр, існ}} = 9,16$  т/год

Проектна:  $W_{\text{пр, про}} = 9,88$  т/год

1) Необхідний час роботи парку Scania за сезон (Т):

$$T = \frac{Q_{\text{scania}}}{W_{\text{пр}}} \quad (3.1)$$

Існуючий варіант:

$$T_{\text{існ}} = \frac{42000}{9,16} = 4585,15 \text{ год}$$

Проектний варіант:

$$T_{\text{про}} = \frac{42000}{9,88} = 4251,01 \text{ год}$$

2) Загальна економія робочого часу:

$$T = T_{\text{існ}} - T_{\text{про}} \quad (3.2)$$

$$T = 4585,15 - 4251,01 = 334,14$$

3.2.2. Розрахунок економії на експлуатаційних витратах. Економія досягається за рахунок зменшення необхідної кількості годин роботи (скорочення витрат на паливо, зарплату, амортизацію та обслуговування). Прийmemo середню погодинну собівартість експлуатації великотоннажного транспорту  $\Sigma_{\text{год}} = 500$  грн/год. Економія на собівартості експлуатації (Есоб):

$$\text{Есоб} = \Delta T \times \Sigma_{\text{год}} \quad (3.3)$$

$$E_{\text{соб}} = 334,14 \times 500 = 167\,070 \text{ грн/рік}$$

3.2.3. Розрахунок зниження питомої собівартості перевезень. Зниження питомої собівартості на 1 тк/км є прямим наслідком підвищення продуктивності.

Зниження питомої собівартості ( $\Delta\text{Стк}$ ):

$$\Delta\text{Стк} = \frac{W_{\text{тр,про}} - W_{\text{тр,існ}}}{W_{\text{тр,про}}} \times 100\% \quad (3.4)$$

$$\Delta\text{Стк} = \frac{9,88 - 9,16}{9,88} \times 100\% = 7,27\%$$

Упровадження проекту призводить до зниження питомих витрат на перевезення зерна на 7,27%.

### 3.3. Розрахунок річного економічного ефекту та його складових

Річний економічний ефект ( $E_{\text{річ}}$ ) включає прямий ефект від зниження експлуатаційних витрат та непрямий ефект від запобігання втратам, за вирахуванням додаткових витрат, пов'язаних із проектом.

$$E_{\text{річ}} = E_{\text{соб}} + E_{\text{вт}} - A_{\text{дод}} \quad (3.5)$$

$E_{\text{соб}}$  – собівартість;

$E_{\text{вт}}$  – втрати;

$A_{\text{дод}}$  – додаткові річні витрати.

3.3.1. Розрахунок непрямого економічного ефекту від запобігання втратам ( $E_{\text{вт}}$ ). Найбільш значний непрямий ефект в агрологістиці досягається за рахунок скорочення загальних термінів збирання (7,86%) та, як наслідок, мінімізації ризиків втрати врожаю (осипання, погіршення якості, пошкодження дощами). Прийнемо, що внаслідок вчасного збирання

запобігається втрата або зниження ціни 1% від загального обсягу врожаю (70000 т). Середня ціна реалізації пшениці - 6000 грн/т.

1) Обсяг збереженого врожаю:

$$Q_{зб} = 70\,000 \times 0,01 = 700 \text{ т}$$

3) Ефект від запобігання втрат:

$$Евт = Q_{зб} \times Ціна \quad (3.6)$$

$$Евт = 700 \times 6000 = 4\,200\,000 \text{ грн/рік}$$

3.3.2. Розрахунок додаткових річних витрат (Адод). Додаткові витрати пов'язані з обслуговуванням та амортизацією нової інфраструктури (Кінвест = 1 500 000 грн):

$$Адод = A + R \quad (3.7)$$

A – річні амортизаційні відрахування;

R – витрати на ремонт та обслуговування.

Амортизація (норма 10%):

$$A = 1\,500\,000 \times 0,10 = 150\,000 \text{ грн/рік}$$

Втрати на обслуговування (норма 5%):

$$R = 1\,500\,000 \times 0,05 = 75\,000 \text{ грн/рік}$$

Загальні додаткові річні витрати:

$$\text{Адод} = 150\,000 + 75\,000 = 225\,000 \text{ грн/рік}$$

### 3.3.3. Розрахунок річного економічного ефекту:

$$\text{Еріч} = 167\,070 + 4\,200\,000 - 225\,000 = 4\,142\,070$$

$$\text{Еріч} = 4\,142\,070 \text{ грн/рік}$$

### 3.4. Розрахунок показників економічної ефективності інвестицій

Для оцінки інвестиційної привабливості проекту розраховуємо термін окупності (Ток) та рентабельність інвестицій.

#### 1) Розрахунок терміну окупності (Ток):

Термін окупності визначається як співвідношення капітальних інвестицій до річного економічного ефекту:

$$\text{Ток} = \frac{\text{Кінвест}}{\text{Еріч}} \quad (3.8)$$

$$\text{Ток} = \frac{1\,500\,000}{4\,142\,070} = 0,36$$

Оскільки термін окупності становить 0,36 року (менше одного збирального сезону), проект є надзвичайно ефективним та має високу швидкість повернення інвестованих коштів.

#### 2) Розрахунок рентабельності капітальних інвестицій ( $R_{\text{Кінв}}$ ).

Рентабельність інвестицій показує відсоток прибутку, що припадає на кожен інвестовану гривню:

$$R_{\text{Кінв}} = \frac{\text{Еріч}}{\text{Кінв}} \times 100\% \quad (3.9)$$

$$R_{\text{кінв}} = \frac{4\,142\,070}{1\,500\,000} \times 100\% = 276,1\%$$

Рентабельність інвестицій у 276,1% свідчить про високу економічну доцільність проекту.

### 3.5. Оцінка інвестиційної привабливості проекту з урахуванням фактору часу

Розрахунок терміну окупності (Ток) та рентабельності інвестицій (RКінвест) є лише статичними показниками. Для повного обґрунтування необхідно використовувати динамічні методи.

3.5.1. Розрахунок чистої теперішньої вартості (Net Present Value, NPV). Чиста теперішня вартість (NPV) показує, наскільки проект збільшить вартість підприємства за період експлуатації. Якщо  $NPV > 0$ , проект вважається ефективним. Формула NPV:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad (3.10)$$

CF – чистий грошовий потік у році;

r – норма прибутку (15%);

Кінв – початкові інвестиції;

n – термін експлуатації (n=5 років).

Припустимо, що чистий грошовий потік дорівнює річному економічному ефекту, тобто CF = 4 142 070 грн, тоді:

Рік(t)	Економічний ефект (грн)	Коефіцієнт дисконтування	Дисконтований потік (грн)
--------	-------------------------	--------------------------	---------------------------

1	4 142 070	0.8696	3 601 988
2	4 142 070	0.7561	3 134 337
3	4 142 070	0.6575	2 723 371
4	4 142 070	0.5718	2 367 799
5	4 142 070	0.4972	2 060 215
Сумарний дисконтний потік			13 887 710

$$NPV = 13\,887\,710 - 1\,500\,000 = 12\,387\,710 \text{ грн}$$

3.4.2. Розрахунок індексу рентабельності (Profitability Index, PI). Індекс рентабельності (PI) показує, скільки дисконтованого прибутку приносить кожна інвестована гривня:

$$PI = \frac{13\,887\,710}{1\,500\,000} = 9,27$$

Висновки до розділу 3. Впровадження проектних рішень з удосконалення інфраструктури току та оптимізації диспетчеризації у ТОВ «МХП-Урожайна країна» є високорентабельним заходом. Значення  $PI = 9,26$  означає, що кожна гривня, інвестована в проект, приносить 9,26 грн чистого прибутку, що підтверджує його виняткову привабливість, а  $NPV = 12\,387\,710$  грн показує що проект є високоефективним.

Таблиця 3.2 – Основні економічні показники

ПОКАЗНИК	ЗНАЧЕННЯ
Капітальні інвестиції	1 500 000 (грн)
Зниження питомої собівартості перевезення	7,27(%)
Економія на експлуатаційних витратах	167 070 (грн/рік)
Ефект від запобігання втратам	4 200 000 (грн/рік)

Річний економічний ефект	4 142 070 (грн/рік)
Термін окупності	0,36 (років)
Рентабельність інвестицій	276,1(%)

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ, БЕЗПЕКА РУХУ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

#### 4.1. Аналіз умов праці та ідентифікація небезпечних виробничих факторів

Проектування удосконалення транспортно-технологічного процесу збирання пшениці (впровадження нової інфраструктури розвантаження та диспетчеризації) змінює умови праці, тому вимагає комплексної оцінки ризиків на двох основних ділянках: на маршруті перевезення та на пункті розвантаження (току).

4.1.1. Ідентифікація небезпечних факторів на транспортних маршрутах. В умовах інтенсивної збиральної кампанії, найбільші ризики для водіїв великотоннажного транспорту (Scania, КамАЗ) становлять:

Таблиця 4.1 – небезпечні фактори на транспортних маршрутах

Група ризиків	Небезпечні виробничі фактори	Причина
Фізичні	Втома та перенапруження	Тривалі робочі зміни (10-12 годин), монотонність руху,
Психофізіологічні	Ризик ДТП	Зниження концентрації уваги, погіршення реакції, несприятливі погодні умови (темний час доби, дощ, туман).
Ергономічні	Неправильна поза	Вібрація та шум у кабіні, тривале статичне навантаження.

Техногенні	Технічні несправності	Можливі поломки під час руху польовими дорогами (пробій шин, відмова гальм).
------------	-----------------------	--

4.1.2. Ідентифікація небезпечних факторів у зоні виконання робіт (тік). Впровадження нової точки вивантаження (додатковий мобільний розвантажувач) створює нові ризики, пов'язані з його експлуатацією, поряд з уже існуючими:

Таблиця 4.2 – Небезпечні фактори при виконанні робіт на току

Група ризиків	Небезпечні виробничі фактори	Місце виникнення
Фізичні	Рухомі частини обладнання	Елементи нового зернорозвантажувача (шнеки, конвеєри), що обертаються
Висота	Падіння при роботі на висоті (огляд кузова, обслуговування).	Верхня частина автомобіля або бункера.
Хімічні	Висока запиленість повітря	Процес перевантаження та очищення зерна на току.
Організаційні	Неправильне маневрування	Обмежений простір при одночасному обслуговуванні двох автомобілів

Встановлення додаткового зернорозвантажувача (мобільного або стаціонарного) вносить нові механічні та фізичні небезпеки.

Механічні небезпеки пов'язані з рухомими частинами (стрічка, шнек, привід) нового розвантажувача.

Заходи безпеки. Обов'язкове встановлення захисних огорожень на всі рухомі частини; використання блокувальних пристроїв, що вимикають

обладнання при відкритті огороження; чітке визначення та маркування небезпечних зон.

Електрична безпека. Нове обладнання потребує підключення до електромережі.

Заходи безпеки. Забезпечення надійного заземлення корпусу; використання пристроїв захисного вимкнення (ПЗВ); регулярний контроль ізоляції кабелів.

Пилові небезпеки. Під час інтенсивного вивантаження (що є метою проекту) збільшується обсяг пилоутворення, що може призвести до захворювань дихальних шляхів у персоналу.

Заходи безпеки. Застосування локальних аспіраційних установок або системи зволоження у зоні розвантаження. Забезпечення персоналу, що обслуговує тік, засобами індивідуального захисту органів дихання (респіраторами).

Виходячи з ідентифікованих ризиків, розробляються організаційно-технічні заходи.

#### 4.2. Розробка заходів із забезпечення охорони праці та безпеки руху

Метою заходів є мінімізація ризиків травматизму на току та запобігання ДТП на маршруті.

4.2.1. Заходи із забезпечення безпеки на модернізованому току (нова інфраструктура). З урахуванням інвестиції в нову точку вивантаження, необхідно розробити комплекс заходів для безпечної експлуатації:

- 1) Обов'язкова розробка «Інструкції з охорони праці для водія при роботі в зоні паралельного розвантаження» та «Інструкції з експлуатації мобільного зернорозвантажувача».
- 2) Організація робочої зони:
  - а) Всі рухомі та обертові частини нового обладнання повинні бути обладнані захисними огороженнями та кожухами.

- b) Забезпечення нормативного освітлення зони розвантаження (не менше 150 лк) для роботи у вечірній та нічний час.
- c) Встановлення світлової та звукової сигналізації для попередження про початок роботи механізмів.
- d) Чітке маркування маршрутів руху та зон очікування. Призначення відповідальної особи для керування маневрами в зоні паралельного розвантаження.

Для уникнення зіткнень на току з подвоєю пропускну здатністю необхідно:

- 1) Чітке зонування: зона очікування, зона зважування (в'їзд/виїзд), зони розвантаження (№1 та №2). Встановлення знаків, що регулюють напрямки руху.
- 2) Інструктаж та навчання. Проведення позапланового інструктажу для водіїв та операторів току щодо безпечного маневрування біля нової точки розвантаження.

4.2.2. Заходи із забезпечення безпеки руху (управлінські рішення). Основний акцент робиться на управлінні режимом праці та відпочинку водіїв, що є прямим продовженням проектного рішення з диспетчеризації.

- 1) Нагляд за режимом праці та дозвілля:
  - a) Запровадження електронних засобів посилення контролю за використанням тахографів та GPS-моніторингу для фіксації часу в дорозі та часу відпочинку.
  - b) Диспетчерський контроль втоми. Диспетчер, використовуючи дані проекту (скорочення часу простоїв), має можливість забезпечити водіям гарантовану тривалість відпочинку між змінами, що знижує ризик втоми.
- 2) Забезпечення якісного передрейсового медичного контролю з акцентом на ознаки перевтоми (артеріальний тиск, частота пульсу) та обов'язковий післярейсовий огляд.

- 3) Неухильний контроль за максимальною дозволеною масою (МДМ) транспорту, що здійснюється на вагових ділянках току, відповідно до Закону України «Про автомобільний транспорт» та нормативів дорожнього руху.

#### 4.3. Розробка заходів із забезпечення екологічної безпеки та розрахунок ефекту

Запропонований проект має значний позитивний екологічний ефект, оскільки він прямо впливає на скорочення непродуктивного часу роботи двигунів на холостому ході.

##### 4.3.1. Екологічні заходи:

- 1) Зменшення викидів. Скорочення часу циклу на 7,27% та економія 334,14 год роботи двигунів дозволяє зменшити викиди забруднюючих речовин.
- 2) Управління відходами. Організація ефективного збору та утилізації відпрацьованих мастил і паливно-мастильних матеріалів на місцях технічного обслуговування.
- 3) Пилопригнічення. Забезпечення належної роботи аспіраційних систем на елеваторах та застосування заходів пилопригнічення на току під час перевантаження зерна.
- 4) Контроль шуму. Зменшення часу роботи двигунів на холостому ході знижує шумове навантаження на навколишнє середовище, особливо у прилеглих до току житлових зонах.

##### 4.3.2. Розрахунок ефекту від зменшення викидів забруднюючих речовин.

Проведемо розрахунок зменшення річної маси викидів оксиду вуглецю (СО) завдяки економії робочого часу.

Вихідні дані: Загальна економія робочого часу:  $\Delta T = 334,14$  год. Питомий викид СО для великотоннажних вантажних автомобілів під час роботи на холостому ході або при маневруванні (прийmemo середньозважене значення):

$$G_{CO} = 150 \text{ г/год (кг/год)}$$

Розрахунок економії палива. Прийmemo середню норму витрати дизельного палива на холостому ході для великотоннажного транспорту Scania на рівні 2,5 л/год. Загальна економія палива ( $\Delta P$ ):

$$\Delta P = \Delta T \times \text{Норма витрат} \quad (4.1)$$

$$\Delta P = 334,14 \times 2,5 = 835,35 \text{ л/рік}$$

Розрахунок річного зменшення маси викидів CO  $\Delta M_{CO}$ :

$$\Delta M_{CO} = \Delta T \times G_{CO} \quad (4.2)$$

$$\Delta M_{CO} = 334,14 \times 150 = 50121 \text{ г}$$

$$\Delta M_{CO} = 50,121 \text{ кг/рік}$$

Впровадження проектних рішень призведе до річного зменшення викидів оксиду вуглецю в атмосферу на 50,121 кг лише за рахунок скорочення непродуктивних простоїв. Цей показник підтверджує позитивний екологічний ефект проекту.

Запобігання викидам розраховується на основі економії палива ( $\Delta P$ ) та усереднених нормативів викидів для дизельних двигунів європейських стандартів (для холостого ходу):

1) Розрахунок запобігання викидів оксиду азоту ( $NO_x$ ):

$$NO_x = \Delta P \times \text{Норма викидів} \times N_{нв} \quad (4.3)$$

$$NO_x = 835,35 \times 25 \times 10^{-3} = 20,88 \text{ кг}$$

2) Розрахунок запобігання викидів вуглеводних (СН) та сажі (СТВ):

$$\text{СНіСТВ} = 835,35 \times 5 \times 10^{-3} = 4,18 \text{ кг}$$

Таблиця 4.3 – Запобігання викидам шкідливих речовин

<b>Шкідлива речовина</b>	<b>Норматив викидів (гр/л)</b>	<b>Запобігання викидам (кг/рік)</b>
Оксид вуглецю (СО)	60	50,12
Оксиди азоту (NO <sub>x</sub> )	25	20,88
Вуглеводні (СН) та сажа (СТВ)	5	4,18
Разом		75,18

Висновки до розділу 4. Проект удосконалення транспортно-технологічного процесу відповідає вимогам екологічної та безпекової експертизи.

- 1) Безпека праці - ідентифіковані ризики, пов'язані з новою інфраструктурою та інтенсивністю збиральних робіт, будуть мінімізовані за рахунок розробки спеціалізованих інструкцій з охорони праці та встановлення захисних елементів на новому обладнанні току.
- 2) Безпека руху - управлінські рішення (диспетчеризація, що скорочує простої) дозволяють більш ефективно контролювати режим праці та відпочинку водіїв, знижуючи основний ризик ДТП - перевтому.
- 3) Екологічна безпека - завдяки прямому економічному ефекту (скорочення непродуктивних годин роботи на 334,14 год) досягається і позитивний екологічний ефект. Прогнозоване річне зменшення викидів оксиду вуглецю (СО) становить 50,121 кг.

Завдяки оптимізації транспортного процесу підприємство досягає річного зниження викидів шкідливих речовин в атмосферу на понад 75 кг. Крім того, скорочення простоїв у населених пунктах навколо току сприяє зниженню шумового забруднення, що позитивно впливає на якість життя населення.

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі магістра на тему «Оптимізація транспортно-технологічного процесу збирання пшениці» на прикладі ТОВ «МХП-Урожайна країна» вирішено важливе науково-прикладне завдання підвищення ефективності використання автомобільного транспорту в агрологістиці.

Мета роботи – розробка та економічне обґрунтування комплексу рішень щодо мінімізації непродуктивних простоїв транспортних засобів на пунктах розвантаження – повністю досягнута.

В результаті виконаного дослідження отримано наступні основні висновки:

- 1) Проведений аналіз існуючого транспортно-технологічного процесу виявив його ключове «вузьке місце»: непродуктивні простой великотоннажного транспорту (Scania, КамАЗ) на пунктах розвантаження (токах, елеваторах) сягають 0,5 години, що становить 18,2 % загального часу циклу перевезення. Це призводить до зниження експлуатаційної продуктивності та зростання собівартості.
- 2) Обґрунтовано комплексний підхід до оптимізації, що включає інфраструктурне вдосконалення (капітальні інвестиції 1500000 грн на додаткову точку вивантаження на току) та управлінське рішення (впровадження алгоритму оперативного диспетчерського перенаправлення ТЗ на менш завантажені пункти приймання).
- 3) На основі розрахунків доведено технічну доцільність проекту: впровадження запропонованих рішень дозволяє скоротити час простою на розвантаженні на 40% (до 0,3 год), що зменшує загальний час циклу до 2,55 год.
- 4) Технологічні удосконалення призводять до значного підвищення ефективності: експлуатаційна продуктивність одного автомобіля Scania

зростає з 9,16 т/год до 9,88 т/год, що еквівалентно зростанню на 7,86%. Це дозволяє скоротити загальний необхідний час роботи транспорту за сезон на 334,14 години.

- 5) Виконане техніко-економічне обґрунтування підтвердило високу рентабельність проекту. Загальний річний економічний ефект становить 4 142 070 грн. Ефект досягається за рахунок економії на експлуатаційних витратах (167 070 грн) та, головним чином, за рахунок запобігання втратам врожаю від несвочасного збирання (4 200 000 грн).
- б) Економічні показники проекту є надзвичайно привабливими для підприємства: прогнозоване зниження питомої собівартості перевезень складе 7,27%, а термін окупності капітальних інвестицій становить лише 0,36 року (менше 5 місяців).
- 7) У розділі охорони праці та екологічної безпеки встановлено, що оптимізація процесу має позитивний синергетичний ефект. Скорочення часу простоїв зменшує ризик втоми водіїв та, як наслідок, ризик ДТП. Крім того, зменшення роботи двигунів на холостому ході призводить до річного зменшення викидів оксиду вуглецю (CO) на 50,121 кг. Розроблено заходи щодо безпечної експлуатації нової інфраструктури току.

В цілому, проектні рішення є технічно та економічно обґрунтованими, екологічно доцільними та рекомендовані до впровадження у ТОВ «МХП-Урожайна країна» з метою підвищення ефективності транспортно-технологічного процесу збирання врожаю.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЕРЕЛ

- 1) Величко О. П. Логістика в системі менеджменту підприємств аграрного сектору економіки : монографія. Дніпропетровськ : Акцепт П.П., 2015. 525 с.
- 2) Дмитрієв І. А., Жарова О. М. Економіка підприємств автомобільного транспорту : навч. посіб. Харків : ХНАДУ, 2004. 183 с.
- 3) Журавльов В. І. Організація та управління автомобільними перевезеннями : підручник. Київ : Вища школа, 2010. 368 с.
- 4) Корецька С. О., Якимчук А. Ю., Карпан Т. С. Економіка автомобільного транспорту : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2012. 309 с.
- 5) Криворучко О. В. Ефективність функціонування транспортно-логістичних систем : монографія. Львів : ЛНУ, 2019. 280 с.
- 6) Соловійова О. О., Висоцька І. І., Герасименко І. М. Загальний курс транспорту : навч. посіб. Київ : НАУ, 2019. 244 с.
- 7) Покропивний С. Ф. Економіка підприємства : підручник. Київ : КНЕУ, 2003. 528 с.
- 8) Бакалова Н. В. Математичне моделювання транспортних систем : підручник. Одеса : ОНМУ, 2020. 200 с.
- 9) Лебедєв Є. О. Теорія масового обслуговування : навчальний посібник. Київ : КНУ імені Тараса Шевченка, 2018. 140 с.
- 10) Павленко С. В. Економічне обґрунтування інвестиційних проектів на транспорті : навч. посібник. Київ : КНЕУ, 2016. 260 с.
- 11) Торкатюк В. І., Пан Н. П., Коненко В. та ін. Методологія наукових досліджень : навч. посібник. Вінниця : ВДТУ, 2003. 75 с.
- 12) Методичні вказівки до виконання розділу «Техніко-економічне обґрунтування» кваліфікаційної роботи магістра. Суми : СНАУ, 2025. 32 с.
- 13) Битов В. П. Логістичний менеджмент в діяльності агропромислових підприємств. Економічний форум. 2018. № 2. С. 208–214.
- 14) Коломієць С. В. GPS-моніторинг як інструмент підвищення ефективності експлуатації автотранспорту АПК. Збірник наукових праць

НТУ. 2021. Вип. 4(65). С. 115–122.

15) Семенда Д., Семенда О. Логістика та її роль в підвищенні економічної ефективності реалізації продукції рослинництва. Молодий вчений. 2021. № 1(89). С. 185-190.

16) Хамчук Д. М. Диспетчеризація та автоматизація роботи автотранспортних підприємств. Вісник ХНАДУ. 2019. Вип. 85. С. 58–63.

17) Войналович О. В. Охорона праці на автотранспорті АПК : навчальний посібник. Ніжин : НДУ, 2020. 250 с.

18) Динаміка викидів забруднюючих речовин від автомобільного транспорту та їх вплив на довкілля. Екологічна безпека та природокористування. 2023. № 2(10). С. 135–142.

19) Пістун І. П., Хом'як Й. В., Хом'як В. В. Охорона праці на автомобільному транспорті : навч. посіб. Суми : Університетська книга, 2015. 374 с.

20) ДНАОП 0.00-1.28-97. Правила охорони праці на автомобільному транспорті (затверджено Наказом Держнаглядохоронпраці від 13.01.1997 № 5).

21) Наказ Міністерства транспорту та зв'язку України № 340 від 02.06.2010. Про затвердження Положення про робочий час і час відпочинку водіїв колісних транспортних засобів.

22) Закон України «Про автомобільний транспорт» від 23.02.2006 № 2344-III (зі змінами).

23) Про затвердження Порядку проведення розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві: Постанова Кабінету Міністрів України від 17.04.2019 № 337.

24) Вербіцька Ю. М. Транспортна логістика агропромислового комплексу без шкоди навколишньому середовищу. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Автомобільний транспорт в аграрному секторі...». Харків : БТУ, 2021. С. 24–27.