

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет механіко технологічний**

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри
транспортних технологій та
(назва кафедри)

засобів у АПК
_____ **Савченко Л.А.**
(підпис) (ПІБ)

« _____ » _____ 2026 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему Удосконалення систем моніторингу та диспетчеризації автопарку в
корпорації "Астарта"

Спеціальність 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному
_____ транспорті)» (код і назва)

Гарант освітньої програми

К. Т. Н., доцент _____
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис)

Опалко В.Г
(ПІБ)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

К. Т. Н., доцент _____
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис)

Савченко Л.А.
(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Заярний С.О.
(ПІБ студента)

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет механіко технологічний**

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
транспортних технологій та засобів у АПК
К. Т. Н., доцент Савченко Л. А.
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПБ)
« ____ » _____ 2026

ЗАВДАННЯ
на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту
Заярному Сергію Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 275.03 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)
(код і назва)

Тема випускної бакалаврської роботи Удосконалення систем моніторингу та диспетчеризації автопарку в корпорації "Астарта"

затверджена наказом ректора НУБіП України від

Термін подання завершеної роботи на кафедру

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до випускної бакалаврської роботи:

1. Загальна характеристика ТОВ «Астарта»
2. Аналіз перевезень в умовах підприємства
3. Методика визначення економічної ефективності
4. Статті з обраної теми зі збірників наукових праць та журналів, довідники, посібники та інтернет-ресурси.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз транспортної галузі України, загальна характеристика ТОВ «Астарта»
2. Обґрунтування впровадження алгоритмів динамічної маршрутизації та предиктивного управління чергами на терміналах
3. Удосконалення технологій перевезення швидкопсувних вантажів
4. Безпека праці

Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Розглянути теоретичні основи систем моніторингу та диспетчеризації автопарку, зокрема сутність, роль та особливості використання телематики, IoT-рішень та інформаційних екосистем у процесі перевезень агропромислових

вантажів.

2. Проаналізувати організаційні та управлінські аспекти логістичного забезпечення, включаючи принципи планування, предиктивної маршрутизації (VRP), координації та контролю транспортних процесів у ланцюгах постачання.
3. Дослідити особливості організації перевезень сільськогосподарської сировини та швидкопсувної продукції в агропромхолдингу «Астарта-Київ», з урахуванням взаємодії елементів транспортної системи та вимог до збереження «холодового ланцюга» (Угода СПС).
4. Проаналізувати логістичну систему корпорації «Астарта-Київ», охарактеризувати процеси автомобільного перевезення продукції та оцінити основні техніко-експлуатаційні показники роботи власного спеціалізованого автопарку (зокрема рефрижераторів).
5. Виявити основні проблеми та недоліки в організації логістичних процесів (непродуктивні простой на терміналах, перевитрати пального) та розробити заходи щодо підвищення ефективності системи через впровадження інструментів управління чергами (Smart Slotting) та алгоритмів AgriChain.
6. Обґрунтувати та запропонувати комплекс заходів з удосконалення систем моніторингу автопарку (впровадження BLE-датчиків, CAN-телематики та системи Eco-Driving) та оцінити їх економічну ефективність (капітальні інвестиції, операційну економію, рентабельність та термін окупності).

Дата видачі завдання «1» вересня 2025 р.

Керівник випускної бакалаврської роботи _____
(підпис)

Савченко Л.А
(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____
(підпис)

Заярний С. О.
(прізвище та ініціали студента)

Анотація

Бакалаврська робота присвячена підвищенню ефективності транспортної логістики АПХ «Астарта-Київ» шляхом удосконалення систем моніторингу та диспетчеризації автопарку. Об'єктом дослідження є процес логістичного забезпечення та транспортування агропромислової продукції. У роботі проаналізовано динаміку вантажних перевезень та виявлено ключові інфраструктурні виклики. Запропоновано комплекс інноваційних рішень, що включає перехід від пасивного GPS-моніторингу до предиктивного управління на базі корпоративної екосистеми AgriChain. Обґрунтовано доцільність впровадження алгоритмів динамічної маршрутизації (VRP), модуля управління чергами «Smart Slotting», а також інтеграції IoT-датчиків для безперервного контролю мікроклімату під час перевезення швидкопсувних вантажів. Окрім цього, розроблено рекомендації щодо використання телематики CAN-шини для контролю стилю водіння (Eco-Driving). Економічний аналіз підтвердив високу інвестиційну привабливість проєкту: за орієнтовних капітальних витрат (CAPEX) у 1 453 800 грн очікувана річна економія (OPEX) становить понад 21,8 млн грн, що забезпечує термін окупності менше одного місяця та високий рівень рентабельності (ROI). Запропоновані заходи сприятимуть оптимізації витрат, зменшенню екологічного навантаження та підвищенню надійності ланцюгів постачання. Ключові слова: транспортна логістика, диспетчеризація, моніторинг автопарку, AgriChain, VRP-алгоритми, Smart Slotting, IoT-технології, економічна ефективність.

Abstract

The bachelor's thesis is devoted to improving the efficiency of transport logistics of the agricultural holding "Astarta-Kyiv" by enhancing fleet monitoring and dispatching systems. The object of the study is the process of logistics provision and transportation of agro-industrial products. The paper analyzes the dynamics of freight transportation and identifies key infrastructural challenges. A set of innovative solutions is proposed, including the transition from passive GPS monitoring to predictive management based on the AgriChain corporate ecosystem. The feasibility of implementing dynamic routing algorithms (VRP), the "Smart Slotting" queue management module, and the integration of IoT sensors for continuous microclimate control during the transportation of perishable goods is substantiated. In addition, recommendations are developed on the use of CAN-bus telematics to monitor driving style (Eco-Driving). Economic analysis confirmed the high investment attractiveness of the project: with an estimated capital expenditure (CAPEX) of UAH 1,453,800, the expected annual savings (OPEX) amount to over UAH 21.8 million, ensuring a payback period of less than one month and a high return on investment (ROI). The proposed measures will help optimize costs, reduce environmental impact, and increase the reliability of supply chains. Keywords: transport logistics, dispatching, fleet monitoring, AgriChain, VRP algorithms, Smart Slotting, IoT technologies, economic efficiency.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ В УКРАЇНІ	9
1.1. Аналіз динаміки вантажних перевезень у 2022–2025 роках	9
1.2. Особливості транспортування швидкопсувних продуктів та вимоги до транспортних засобів	10
1.3. Огляд літературних джерел і ступінь сучасної проблеми в галузі вантажних перевезень	14
1.4. Аналіз математичних моделей, якими описують транспортний процес	16
Висновки до 1 розділу.....	19
РОЗДІЛ 2. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА АПХ «АСТАРТА-КИЇВ» ТА ЙОГО ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ.....	21
2.1 Історія становлення та розвитку підприємства	21
2.2. Дослідження організації структури управління логістикою «астарти»	23
2.3 Аналіз загальноекономічних факторів	25
2.4 Аналіз ринкової позиції підприємства	27
2.5 Аналіз факторів впливу на діяльність підприємства	28
Висновки до 2 розділу.....	29
РОЗДІЛ 3. ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМІВ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ АВТОПАРКУ АПХ «АСТАРТА-КИЇВ»	31
3.1. Оптимізація маршрутизації та впровадження предиктивного диспетчерського управління	31
3.2. Удосконалення технічного забезпечення контролю швидкопсувних вантажів.....	32
3.3. Розширення функціоналу телематики для контролю експлуатаційних витрат	34
3.4. Економічна оцінка ефективності впровадження інноваційних рішень	35
Висновки до 3 розділу.....	39
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ, ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА ПОВЕДІНКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	41
4.1 Охорона праці водіїв та персоналу диспетчерського центру.....	41
4.2 Екологічна безпека та сталий розвиток.....	41
4.3 Поведінка в надзвичайних ситуаціях та умовах воєнного стану.....	42
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	44
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	47

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

АПК – Агропромисловий комплекс
АПХ – Агропромисловий холдинг
ГВК – Габаритно-ваговий контроль
НБУ – Національний банк України
ПММ – Паливно-мастильні матеріали
СПС – Угода про міжнародні перевезення швидкопсувних харчових продуктів та про спеціальні транспортні засоби
ТЗ – Транспортний засіб
ТМО – Теорія масового обслуговування
ТО – Технічне обслуговування
ШВ – Швидкопсувні вантажі
API – Application Programming Interface (інтерфейс прикладного програмування)
B2B – Business-to-Business (бізнес для бізнесу)
BLE – Bluetooth Low Energy (технологія бездротового зв'язку з низьким енергоспоживанням)
CAN-шина – Controller Area Network (стандарт промислової мережі для з'єднання контролерів автомобіля)
CAPEX – Capital Expenditure (капітальні інвестиції)
ERP – Enterprise Resource Planning (система планування ресурсів підприємства)
ESG – Environmental, Social, and Corporate Governance (екологічне, соціальне та корпоративне управління)
GPS – Global Positioning System (глобальна система позиціонування)
НАССР – Hazard Analysis and Critical Control Points (система аналізу небезпек і критичних контрольних точок)
IoT – Internet of Things (Інтернет речей) – моніторинг в реальному часі
ISO – International Organization for Standardization (Міжнародна організація зі стандартизації)
NPV – Net Present Value (чиста приведена вартість)
OPEX – Operating Expenditure (операційні витрати)
PP – Payback Period (термін окупності)
RFID – Radio Frequency Identification (радіочастотна ідентифікація)
ROI – Return on Investment (рентабельність інвестицій)
VRP – Vehicle Routing Problem (задача маршрутизації транспортних засобів)

ВСТУП

Задоволення потреб населення у якісному продовольстві та зміцнення експортного потенціалу аграрного сектору є важливим соціальним та економічним завданням держави. У сфері забезпечення людей продуктами харчування постає ряд викликів, які необхідно вирішувати комплексно, оскільки важливо врахувати взаємопов'язані інтереси виробників, логістичних операторів та кінцевих споживачів у межах збереження якісних характеристик продукції.

Об'єктом дослідження є процес логістичного забезпечення та транспортування продукції агропромхолдингу «Астарта-Київ».

Предмет дослідження — методи, математичні моделі та цифрові GPS-технології оптимізації вантажних перевезень у вертикально інтегрованій системі АПК.

Метою роботи є підвищення ефективності доставки продукції шляхом впровадження інтелектуальних систем моніторингу та науково обґрунтованих маршрутів.

Основні завдання:

- проаналізувати динаміку та структуру перевезень за 2022–2025 рр.;
- обґрунтувати переваги впровадження GPS-технологій у систему управління «AgriChain» [16];
- дослідити специфіку транспортування швидкопсувної продукції;
- розробити математичне забезпечення для мінімізації логістичних витрат.

Методи дослідження. Для розв'язання поставлених завдань у роботі використано комплекс загальнонаукових та спеціальних методів: системний аналіз (для дослідження логістичної структури підприємства), математичне моделювання (для оптимізації маршрутів і розв'язання задачі масового обслуговування на терміналах), порівняльний аналіз (для вибору ефективних ІТ-рішень диспетчеризації), а також метод оцінки ефективності інвестицій (для розрахунку економічної доцільності та строків окупності проєкту).

Наукова новизна одержаних результатів полягає у комплексному поєднанні алгоритмів динамічної предиктивної маршрутизації (VRP) з технологіями Інтернету речей (IoT) та телематикою CAN-шини в єдину цифрову екосистему підприємства. На відміну від існуючих рішень, які здебільшого фіксують відхилення постфактум, запропонований підхід дозволяє проактивно управляти мікрокліматом швидкопсувних вантажів та автоматизовано усувати простой на терміналах завдяки новому модулю «Smart Slotting».

Практична значущість отриманих результатів полягає в тому, що розроблені організаційні рекомендації, математичні моделі та апаратно-програмні рішення доведені до стадії практичного впровадження. Вони можуть бути безпосередньо використані транспортним підрозділом АПХ «Астарта-Київ» в екосистемі AgriChain, а також іншими аграрними підприємствами для радикального зниження операційних витрат автопарку, ліквідації втрат від псування продукції та мінімізації непродуктивних простоїв техніки.

Структура та обсяг роботи. Бакалаврська робота складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел. Основний зміст викладено на 75 сторінках друкованого тексту. Робота містить 5 рисунків та 8 таблиць.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ В УКРАЇНІ

1.1. Аналіз динаміки вантажних перевезень у 2022–2025 роках

Аналіз динаміки вантажних перевезень за 2021–2025 рр. свідчить про складний характер адаптації галузі. У 2022 році відбулося критичне скорочення обсягів перевезень до 317,5 млн т (спад на 48,9 % порівняно з 621,3 млн т у 2021 році), що було зумовлено воєнними діями, руйнуванням логістичної інфраструктури та блокуванням портів.

Починаючи з 2023 року спостерігається тенденція до відновлення ринку: у 2023 році обсяг зріс на 3,3 % (до 327,9 млн т), а у 2024 році — ще на 8,0 % (до 354,0 млн т). Проте у 2025 році зафіксовано корекцію обсягів до 322,2 млн т (спад на 9,0 %), що демонструє вразливість логістичної системи до макроекономічних та енергетичних викликів. Загалом рівень 2021 року станом на кінець досліджуваного періоду ще не досягнуто.

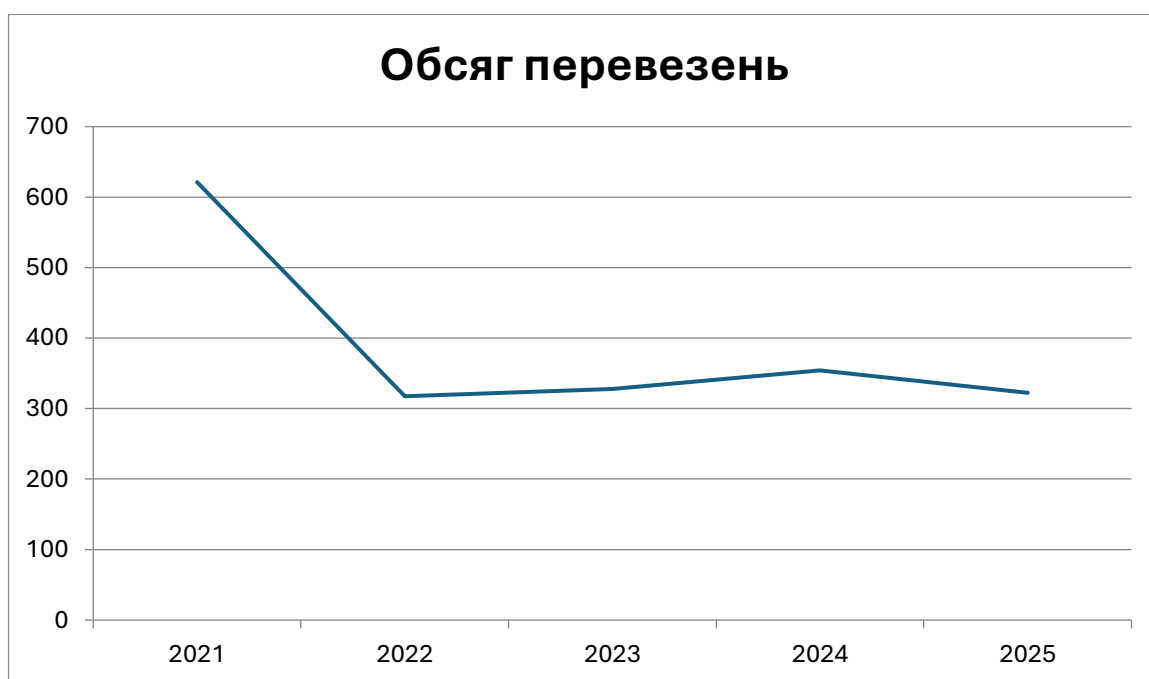


Рис. 1.1. Динаміка обсягів вантажних перевезень в Україні (2021–2025 рр.)

Середній темп зростання за період адаптації (2022–2025 рр.), розрахований за формулою середньої геометричної, становить 100,49 %. Це свідчить про те, що незважаючи на коливання, ринок утримує позитивний середній темп приросту на рівні 0,49 % щорічно. Базуючись на цьому показнику, прогнозний обсяг вантажних перевезень на 2026 рік очікується на

консервативному рівні у 323,8 млн т за умови відсутності нових формажорних інфраструктурних шоків.

Середній темп зростання за 2022-2025 роки:

$$\bar{T} = \sqrt[n-1]{\frac{y_n}{y_1}} \cdot 100\% \quad (1.1)$$

$$\bar{T} = \sqrt[3]{\frac{322,2}{317,5}} \cdot 100\% = \sqrt[3]{1,0148} \cdot 100\% = 100,49\% \quad (1.2)$$

Середній темп приросту становить: $100,49\% - 100\% = +0,49\%$ щорічно.

Аналіз за видами перевезень:

- Автомобільні перевезення: Показали найвищу гнучкість в умовах криз. Їх частка зросла через блокування портів на початку 2022 року, ставши основним каналом внутрішньої логістики агропродукції [10].
- Залізничні перевезення: Зазнали найбільшого падіння у 2022 році через руйнування колій та енергетичну кризу, але відіграли стратегічну роль у далекомагістральному експорті, поступово відновлюючи обсяги до 161,3 млн т у 2025 році [7].
- Міжнародні перевезення: Трансформувалися через зміну векторів експорту на західні кордони. Завдяки "транспортному безвізу" з ЄС та розбудові сухих портів, обсяги міжнародних автоперевезень демонструють стабільний ріст [10].

1.2. Особливості транспортування швидкопсувних продуктів та вимоги до транспортних засобів

Процес доставки продуктів харчування, що швидко псуються, до яких відноситься значна частка продукції «Астарті» (зокрема сире молоко та певні категорії цукрових напівфабрикатів), завдяки їх особливостям визначає особливі вимоги, зокрема організаційні та технологічні, які необхідно враховувати при транспортуванні. Комплексний підхід передбачає організацію такого ланцюга поставки, при якому буде вирішене велике коло проблем і задач, пов'язаних із вивченням характеристик продуктів та встановленням вимог до їх зберігання. Під продуктами харчування, крім самої харчової

речовини, розуміють ще й тару або упаковку, в якій здійснюється процес транспортування. Температурний режим, який необхідно зберігати під час перевезення таких вантажів, зумовлений необхідністю забезпечення тривалого терміну їх зберігання і гальмуванням процесів розвитку бактерій і мікроорганізмів. Погіршення якісних характеристик продукції несе не тільки матеріальні збитки, але й безпосередню загрозу здоров'ю людини, тому збереження якості є найбільш вагомою передумовою перевезення продукції даного класу (Таблиця 1.1).

Таблиця 1.1

Динаміка реалізації основної продукції АПХ «Астарта-Київ» (тис. тонн)

Продукція	2021 рік	2022 рік	2023 рік	2024 рік	2025 рік
Цукор	298	226	284	396	312
Пшениця	288	201	354	366	250
Кукурудза	772	366	493	373	350
Молоко (сире)	93	98	111	114	118
Шрот соєвий	170	158	174	169	170

Збереження належної якості продуктів харчування, що швидко псуються, в межах логістичної системи «Астарті» відбувається за рахунок комплексу заходів, першим з яких є доставка в мінімальний термін. Швидкість доставки продукту в цій моделі прямо пропорційна запасу його якості: чим швидше продукт потрапляє від виробника до переробника, тим меншим є ризик негативної зміни його параметрів. На швидкість впливає вид та спосіб транспортування, кількість та мобільність засобів, проте це не завжди оптимально з точки зору собівартості. Тому ключовим завданням холдингу у 2020 році став пошук балансу між швидкістю та витратами. Наступним рішенням є конструктивні особливості кузовів, що підтримують вологість та температуру. Особливо це стосується молока, де застосування матеріалів з високим опором теплопередачі та джерел холоду сприяє збереженню

споживчих властивостей. Значний вплив має також спеціальна тара та упаковка; як показує досвід, технологічне пакування суттєво продовжує термін придатності товарів.

Важливим технологічним аспектом є схеми розміщення продуктів у кузові для забезпечення вільної циркуляції повітря та рівномірного розподілу температури. Наприклад, молоко в пластикових пляшках перевозиться в коробках, де висота ярусів обмежена стійкістю нижнього ряду до навантаження, а продукція в м'яких пакетах — у ящиках на піддонах. На основі цих вимог формуються запити до автотранспорту: для перевезення ШВ застосовуються спеціалізовані фургони або цистерни, проектовані для підтримки мікроклімату. Використання такого парку має переваги над універсальними авто, включаючи кращу збереженість якості, зменшення природної усадки (втрати маси) та дотримання санітарно-гігієнічних вимог. Проте варто враховувати, що використання ізотермічних фургонів чи рефрижераторів може збільшити собівартість доставки на 40–120% порівняно зі звичайними вантажівками (рис 1.1).

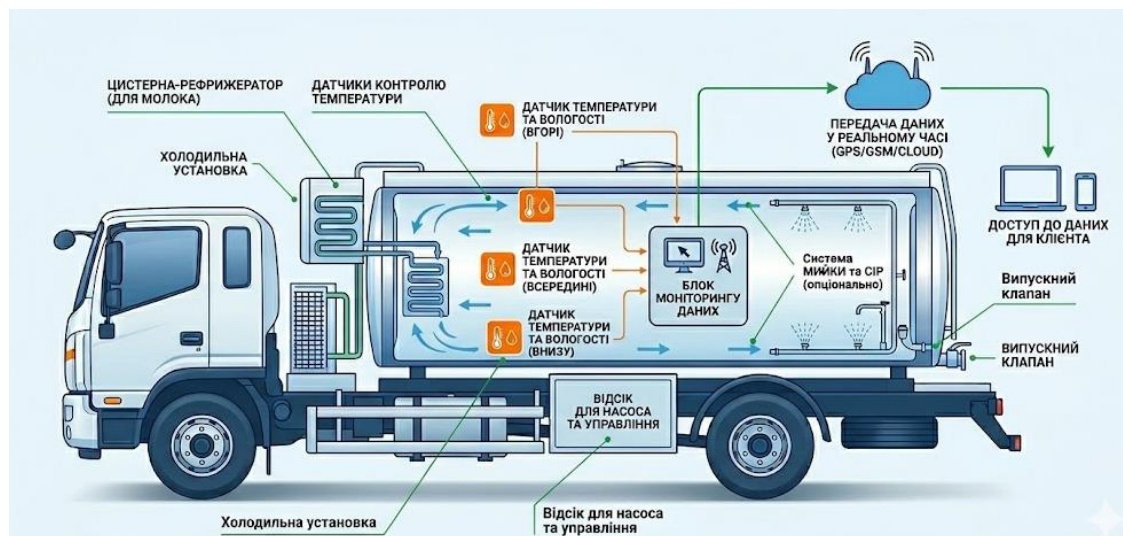


Рисунок 1.2 Цистерна рефрижератор з системою контролю (зображення згенеровано за допомогою Google Gemini)

У 2021 році на динаміку перевезень суттєво вплинула нормативно-правова база. Хоча Україна підпадає під юрисдикцію Женевських договорів (Угода СПС) щодо міжнародних перевезень, внутрішній ринок регулюється

сукупністю понад 25 різних нормативних актів, що створює певні труднощі через двоякість трактувань. Перевезення регулюється Правилами №363 від 1997 р.[12], а безпечність продукції — Законом України №771/97-ВР[9]. За призначенням спеціалізований склад «Астарті» поділяється на ізотермічні засоби та рефрижератори класів А, В, С, D, Е і F. Автомобілі-рефрижератори (наприклад, категорій FNA, FRA, FRC) обладнані компресорами для підтримки заданої температури, де клас ізоляції визначається коефіцієнтом опору теплопередачі. Загальна сукупність вимог, включаючи санітарно-епідеміологічні правила, робить організацію перевезень складним завданням, за недотримання якого перевізник несе повну юридичну відповідальність.

Таблиця 1.2 — Класифікація спеціалізованого транспорту за угодою СПС

Код СПС	Клас / Категорія	Температурний режим у кузові	Коефіцієнт К, Вт/м ² ·К
FNA	Рефрижератор класу А (нормальний)	від +12°C до 0°C включно	$\leq 0,7$
FNB	Рефрижератор класу В (посилений)	від +12°C до -10°C включно	$\leq 0,4$
FNC	Рефрижератор класу С (посилений)	від +12°C до -20°C включно	$\leq 0,4$
FND	Рефрижератор класу D	$\leq +2^\circ\text{C}$ (постійна температура)	$\leq 0,4$
FNE	Рефрижератор класу Е	$\leq -10^\circ\text{C}$ (постійна температура)	$\leq 0,4$
FNF	Рефрижератор класу F	$\leq -20^\circ\text{C}$ (постійна температура)	$\leq 0,4$
IN	Ізотермічний засіб (нормальний)	Без джерела холоду (теплоізоляція)	$\leq 0,7$
IR	Ізотермічний засіб (посилений)	Без джерела холоду (посилена ізоляція)	$\leq 0,4$
FRC	Рефрижератор посилений класу С	від +12°C до -20°C (для експорту)	$\leq 0,4$

Цифровізація через платформу AgriChain [16] дозволила «Астарті» інтегрувати ці жорсткі вимоги в автоматизовані алгоритми. Типова логістична операція у 2021 році починалася з автоматичної генерації заявки, де система враховувала клас необхідного автомобіля (наприклад, рефрижератор класу С

для молочних продуктів) та контролювала його санітарний стан [13]. Після прибуття на об'єкт проводилася ідентифікація через RFID-карти, а лабораторний експрес-аналіз у момент навантаження гарантував, що в логістичний ланцюг потрапляє лише якісна сировина. Система GPS-моніторингу в режимі реального часу відстежувала не лише координати, а й температурні показники всередині вантажного відсіку, миттєво сповіщаючи диспетчера про будь-які відхилення від норми. Таким чином, поєднання власного парку, суворих технологічних стандартів та сучасного програмного забезпечення дозволило холдингу мінімізувати втрати та забезпечити високу ефективність доставки в умовах динамічного ринку 2022–2025 років.

1.3. Огляд літературних джерел і ступінь сучасної проблеми в галузі вантажних перевезень

Ефективне функціонування транспортної логістики в аграрному секторі є фундаментом продовольчої та економічної безпеки держави. В умовах глобалізації та посилення конкуренції на світових ринках продовольства, діяльність таких вертикально інтегрованих структур, як агропромхолдинг «Астарта-Київ», вимагає науково обґрунтованих підходів до управління вантажопотоками. Питання моделювання транспортних систем та оптимізації логістичних процесів досліджувалися багатьма провідними науковцями. Значний внесок у розвиток теорії транспортних процесів, розробку математичних моделей взаємодії елементів логістичного ланцюга та дослідження ефективності вантажних перевезень зробили такі вчені, як М. Ю. Григорак [5], А. І. Воркут [3], М. І. Данько [6], О. М. Горяїнов [4], Є. В. Нагорний [11], Н. І. Бережна [2], В. К. Доля [8] та інші.. У працях цих авторів наголошується на необхідності комплексного підходу до проектування логістичних систем, де інтереси виробника, перевізника та споживача розглядаються як єдине ціле для досягнення максимального синергетичного ефекту.

Окремий пласт наукових досліджень присвячено специфіці перевезення швидкопсувних та стратегічних сільськогосподарських вантажів. Роботи В. В.

Хорошуна [14] та О. В. Шрамко [15] фокусуються на важливості дотримання температурних та санітарно-гігієнічних норм, що є критичним для молочного та цукрового сегментів «Астарти». Проте, аналіз літературних джерел свідчить, що більшість існуючих моделей розглядають транспортні витрати як статичну величину, не враховуючи динаміку врожайності, волатильність цін на енергоносії та специфіку роботи власних елеваторних потужностей агрохолдингів. Сучасна наукова парадигма вимагає переходу від простих лінійних моделей до складних ієрархічних систем управління, які здатні адаптуватися до ризиків у реальному часі.

Ступінь сучасної проблеми в галузі вантажних перевезень АПК України у період 2022–2025 років визначався системними протиріччями між зростаючими обсягами агровиробництва та обмеженими можливостями інфраструктури. Основною проблемою залишався критичний знос основних засобів: як рухомого складу залізниці, так і автошляхів загального користування. Для агрохолдингу «Астарта-Київ» це проявлялося у дефіциті спеціалізованих вагонів-зерновозів та обмеженнях щодо ваги автотранспорту (ГВК), що змушувало компанію шукати шляхи диверсифікації логістичних маршрутів. Крім того, висока частка тіньового ринку перевезень та корупційні ризики створювали нерівні умови конкуренції, стимулюючи холдинг до розбудови власного транспортного парку та впровадження прозорих систем моніторингу.

Важливою частиною проблеми в зазначений період стала низька швидкість діджиталізації логістичних процесів на загальнодержавному рівні. Відсутність інтегрованих цифрових платформ для взаємодії між вантажовідправниками, елеваторами та портами призводила до значних простоїв транспорту та втрат якості продукції. Це зумовило необхідність розробки та впровадження корпоративних ІТ-рішень. Для «Астарти» таким рішенням стала екосистема AgriChain, яка дозволила синхронізувати збирання врожаю з графіками подачі транспорту, мінімізувати «людський фактор» в обліку та забезпечити повну простежуваність руху кожної партії товару — від поля до кінцевого споживача.

Шляхи вирішення цих проблем у межах бакалаврської роботи розглядаються через призму системних інновацій. Це включає використання інтелектуальних систем GPS-моніторингу з функцією «геозон», що дозволяє автоматично фіксувати час прибуття та розвантаження на об'єктах холдингу. Ключовим вектором розвитку для «Астарти» визначено створення замкненого логістичного циклу, де GPS-дані інтегровані в ERP-систему для автоматичного розрахунку заробітної плати водіїв та амортизації техніки. Такий підхід дозволяє не лише нівелювати інфраструктурні ризики 2022–2025 років, а й закласти основу для стійкого розвитку, забезпечуючи високу якість доставки та радикальне зниження операційних витрат на 15-20% за рахунок оптимізації маршрутів та ліквідації розкрадань палива.

1.4. Аналіз математичних моделей, якими описують транспортний процес

Математичне моделювання транспортних процесів в агропромисловому комплексі є складним ієрархічним завданням, що потребує врахування великої кількості стохастичних чинників. Основним критерієм ефективності будь-якої моделі в логістиці «Астарти» є мінімізація сумарних витрат на доставку продукції при безумовному збереженні її якісних характеристик. Для досягнення цієї мети використовується комплексний підхід, що базується на комбінації декількох математичних апаратів, кожен з яких вирішує специфічне завдання в ланцюгу постачання.

Моделі лінійного програмування (Транспортна задача) є базовим інструментом для стратегічного та оперативного планування розподілу вантажопотоків. В агрохолдингу ця модель використовується для закріплення полів за конкретними елеваторами або цукровими заводами. Математична постановка транспортної задачі передбачає мінімізацію сумарних витрат, що описується цільовою функцією:

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min \quad (1.3)$$

Де:

Z – загальні витрати на транспортування вантажу;

c_{ij} – вартість перевезення одиниці вантажу з i -го пункту (наприклад, поля) до j -го пункту (заводу чи елеватора);

x_{ij} – обсяг вантажу, що перевозиться за даним маршрутом;

m – кількість пунктів відправлення;

n – кількість пунктів призначення.

Особливістю застосування цієї моделі в «Астарті» є введення додаткових обмежень на потужність переробки заводів та терміни «цукрової кампанії», що дозволяє уникнути перенасичення сировиною одних підприємств при простій інших.

Моделі теорії масового обслуговування (ТМО) застосовуються для опису процесів у вузлових точках логістичної мережі — на вагових терміналах, лабораторіях та пунктах розвантаження [8,24]. У цій моделі транспортний засіб розглядається як «заявка», а розвантажувальний шнек або вагова — як «канал обслуговування». Використання апарату ТМО дозволяє розрахувати завантаженість системи та уникнути черг. Коефіцієнт завантаженості каналу обслуговування визначається за формулою:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (1.4)$$

Де:

ρ – коефіцієнт завантаженості вузла (вагова або лабораторія);

λ – інтенсивність вхідного потоку;

μ – інтенсивність обслуговування.

Це критично важливо для швидкопсувних вантажів, таких як сире молоко, де тривале очікування в черзі на приймання може призвести до підвищення кислотності продукту та втрати його сортності.

Моделі теорії графів та алгоритми маршрутизації (VRP — Vehicle Routing Problem [19,23]) складають основу цифрової системи AgriChain Logistics. На відміну від простих магістральних перевезень, збір врожаю з полів або збір молока з ферм вимагає побудови складних кільцевих маршрутів. Математично

процес пошуку оптимального маршруту описується як мінімізація загального пробігу або часу об'їзду:

$$F = \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N d_{ij} x_{ij} \rightarrow \min \quad (1.5)$$

Де:

F – цільова функція

N – Загальна кількість точок завантаження/розвантаження;

d_{ij} – відстань між точкою i та j ;

x_{ij} – бінарна змінна (приймає значення 1, якщо транспорт їде безпосередньо з i в j , і 0 у іншому випадку).

Алгоритм розраховує такий шлях, при якому автомобіль відвідує максимальну кількість точок за мінімальний час, враховуючи «часові вікна» (графік роботи персоналу) та вантажопідйомність транспортного засобу. Удосконалення цієї моделі через GPS-моніторинг дозволяє системі автоматично перераховувати маршрут у разі виникнення позаштатних ситуацій на дорогах.

Імітаційне моделювання (Метод Монте-Карло) використовується для довгострокового прогнозування та стрес-тестування логістичної системи. Оскільки аграрне виробництво залежить від погодних умов, імітаційна модель дозволяє «програти» сценарії з різною врожайністю та темпами збирання. Це дає змогу визначити, яка кількість власного та найманого транспорту буде оптимальною для холдингу в сезоні, щоб не переплачувати за оренду зайвої техніки, але й не допустити зупинки заводу через брак сировини. Таким чином, імітаційне моделювання виступає інструментом ризик-менеджменту, що інтегрує всі інші моделі в єдину стратегію.

Для систематизації та порівняння розглянутих математичних підходів, що описують транспортні процеси агрохолдингу, складено порівняльну таблицю (Табл. 1.3).

Таблиця 1.3

Порівняльний аналіз моделей транспортних процесів у АПХ «Астарта-Київ»

Тип моделі	Об'єкт моделювання в холдингу	Основний математичний показник	Результат застосування
Лінійне програмування	Розподіл врожаю між елеваторами та заводами	Мінімізація сумарних транспортних витрат	Оптимальний план завантаження потужностей
Теорія масового обслуговування	Робота вагових, лабораторій, пунктів приймання молока	Час очікування в черзі, інтенсивність потоку	Ліквідація заторів та простоїв транспорту
Теорія графів (VRP)	Маршрутизація зерновозів та молоковозів	Довжина маршруту, витрати пального на км	Оптимальна послідовність об'їзду точок
Імітаційне моделювання	Стратегічне планування сезону збирання врожаю	Ймовірність виконання плану при різних ризиках	Обґрунтування кількості залученого транспорту

Висновки до 1 розділу

Сучасний стан аграрного сектору та виклики, зумовлені повномасштабним вторгненням, вимагають від АПХ «Астарта-Київ» максимальної гнучкості та стійкості логістичних ланцюгів. Аналіз діяльності холдингу у 2022–2025 роках підтвердив критичну важливість стратегії «логістичного суверенітету». Розбудова власного автопарку та наявність вагонів-зерновозів дозволили компанії пом'якшити наслідки блокування портів у 2022 році, швидко диверсифікувати експортні маршрути та гарантувати стабільність поставок в умовах інфраструктурних криз.

Особливе місце в логістиці займає доставка швидкопсувної продукції, зокрема сирого молока та цукрових напівфабрикатів. Збереження їхньої якості

забезпечується використанням спеціалізованого транспорту (ізотермічних фургонів та рефрижераторів класів FNA/FRC). Доведено, що швидкість переміщення в такій моделі прямо пропорційна запасу якості вантажу, а суворе дотримання температурного режиму є безальтернативною умовою для запобігання біологічному псуванню, попри вищу собівартість таких перевезень.

Огляд ринкових показників та наукових джерел виявив, що основними логістичними бар'єрами досліджуваного періоду були руйнування транспортної інфраструктури, зміна традиційних експортних векторів та енергетичні обмеження. Відповіддю на ці виклики стала глибока діджиталізація: впровадження інтелектуальних систем GPS-моніторингу та їх інтеграція в корпоративну екосистему «AgriChain». Це дозволило холдингу автоматизувати контроль маршрутів у реальному часі та знизити операційні витрати на 15–20% за рахунок оптимізації пробігу та ліквідації несанкціонованих втрат палива.

Математичне обґрунтування процесів довело, що найбільш ефективним є комбінований підхід до планування перевезень. Він поєднує моделі лінійного програмування для стратегічного розподілу потоків між елеваторами та заводами, теорію масового обслуговування (ТМО) для усунення заторів на вагових і в лабораторіях, та алгоритми маршрутизації (VRP) для оптимізації кільцевих рейсів. Такий ієрархічний підхід у поєднанні з імітаційним моделюванням уможливорює швидку адаптацію логістичної системи холдингу до форс-мажорних ризиків, забезпечуючи високу якість доставки при мінімізації загальних витрат.

РОЗДІЛ 2. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА АПХ «АСТАРТА-КИЇВ» ТА ЙОГО ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ

2.1 Історія становлення та розвитку підприємства

Агропромхолдинг «Астарта-Київ» є провідним вертикально інтегрованим виробником в Україні, який забезпечує ринок продукцією з високою енергетичною цінністю та стратегічним значенням. До основних напрямків виробництва компанії належить випуск цукру, вирощування зернових та олійних культур, а також виробництво молока.

Головними векторами історичного та сучасного розвитку компанії є вдосконалення асортименту, підвищення екологічності сировини та жорстка мінімізація втрат на кожному етапі руху продукції від поля до заводу та кінцевого споживача. Транспортування продукції холдингу є складним процесом, оскільки значна частина вантажів, особливо молочна продукція та цукор, вимагає суворого дотримання температурного режиму та термінів доставки для збереження якості.

Кризовий період 2022–2025 років став визначальним етапом у розвитку транспортної системи підприємства. Через руйнування логістичної інфраструктури та блокування портів у 2022 році холдинг був змушений адаптуватися до нових реалій. Відповіддю на ці виклики стало формування стратегії «логістичного суверенітету», що включала активну розбудову власного автопарку та залучення власних вагонів-зерновозів. Це дозволило компанії швидко диверсифікувати маршрути та гарантувати стабільність поставок в умовах форс-мажорних інфраструктурних шоків.

Динаміка розвитку компанії у 2022–2025 роках підтверджується стабільними обсягами реалізації основної продукції: незважаючи на кризовий 2022 рік, продажі цукру зросли з 226 тис. тонн (у 2022 р.) до 312 тис. тонн у 2025 році, а реалізація сирого молока продемонструвала безперервне зростання з 98 тис. тонн до 118 тис. тонн [1]. Транспортне забезпечення цих обсягів та стратегія «логістичного суверенітету» спираються на власний автопарк, який налічує 85 великотоннажних транспортних засобів. З огляду на специфіку

продукції, 32 одиниці з цього парку є спеціалізованими рефрижераторами для перевезення швидкопсувних вантажів. Середній вік рухомого складу підтримується на рівні до 5 років, що забезпечує необхідну технічну надійність виконання рейсів.

Для комплексної оцінки масштабу діяльності компанії наведено динаміку ключових фінансових та логістичних показників АПХ «Астарта-Київ» за 2022–2025 роки. Незважаючи на інфраструктурні та макроекономічні виклики, компанія утримувала високий рівень виручки, продемонструвавши рекордні обсяги експорту у 2024 році, хоча у 2025 році відбулася певна корекція фінансових результатів через кон'юнктуру ринку. Структура витрат підтверджує, що логістична складова (транспортування, зберігання) займає значну частку в загальних операційних витратах, що робить її оптимізацію пріоритетним завданням для холдингу.

Таблиця 2.1

Динаміка фінансових показників та обсягів перевезень АПХ «Астарта-Київ» (2022–2025 рр.)

Показник	2022 рік	2023 рік	2024 рік	2025 рік
Загальна виручка, млн євро	510	619	612	465
Загальний обсяг перевезень осн. продукції, тис. тонн	1 049	1 416	1 421	1 200
Частка логістичних витрат у загальній структурі собівартості, %	15,2	14,8	13,5	14,1
Частка експорту у виручці, %	44	54	66	58

Важливим кроком у розвитку логістики стала масштабна цифровізація через впровадження інтелектуальної платформи «AgriChain». Система дозволяє інтегрувати суворі технологічні вимоги в автоматизовані алгоритми: від автоматичної генерації заявки на конкретний клас автомобіля (наприклад, рефрижератор класу С для молочних продуктів) до ідентифікації водіїв через

RFID-картки та проведення лабораторного експрес-аналізу сировини безпосередньо в момент навантаження.

Особлива увага приділяється моніторингу в режимі реального часу. Система GPS-контролю відстежує не лише координати транспортних засобів, а й температурні показники всередині вантажних відсіків, миттєво сповіщаючи диспетчерів про будь-які відхилення. Для перевезення швидкопсувної продукції холдинг використовує спеціалізовані ізотермічні фургони та рефрижератори категорій FNA та FRC, що дозволяє мінімізувати природну усадку вантажу та гарантувати санітарно-гігієнічну безпеку.

Науково обґрунтований підхід до управління вантажопотоками включає використання складних математичних моделей. Для стратегічного розподілу врожаю між елеваторами застосовується лінійне програмування, а для побудови оптимальних кільцевих маршрутів збору молока — алгоритми маршрутизації (VRP), інтегровані в цифрову екосистему.

Завдяки поєднанню власного парку спеціалізованої техніки та сучасних ІТ-рішень, холдингу вдалося досягти радикального зниження операційних витрат на 15–20% за рахунок оптимізації пробігу та ліквідації несанкціонованих втрат палива. Такий комплексний підхід забезпечує стійкий розвиток «Астарти» та високу конкурентоспроможність її продукції навіть за умов волатильного ринку.

2.2. Дослідження організації структури управління логістикою «астарти»

Організаційна структура компанії побудована на принципах глибокої вертикальної інтеграції, що охоплює взаємодію виробничих підрозділів, елеваторів, цукрових заводів та транспортних хабів. Служба логістики має чітку ієрархію: стратегічне управління здійснює Директор з логістики, якому підпорядковуються відділи автомобільної та залізничної логістики. Операційне управління автопарком покладено на диспетчерський центр та менеджерів з логістики, які безпосередньо координують роботу екіпажів водіїв.

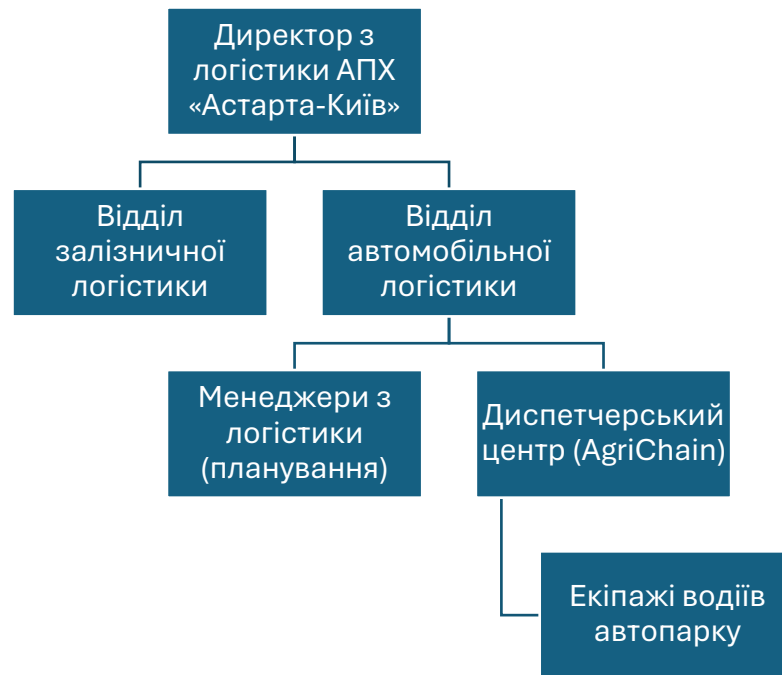


Рисунок 2.1 — Схема організаційної структури управління логістикою АПХ «Астарта-Київ»

Управління такою складною системою вимагає високої ефективності, адже низька продуктивність одного з елементів ланцюга негативно впливає на загальний результат діяльності всієї системи «виробник-перевізник-споживач». Оскільки значна частина вантажів компанії (особливо молочна продукція та цукор) має специфічні вимоги до термінів та умов зберігання, транспортування є складним технологічним процесом.

Для подолання інфраструктурних викликів та оптимізації управління компанія впровадила корпоративну екосистему та платформу «AgriChain». Ця комплексна цифрова структура виконує наступні ключові функції:

- Логістична синхронізація: Узгодження процесів збирання врожаю з графіками подачі транспорту для уникнення простоїв.
- Автоматизація документообігу: Зведення до мінімуму «людського фактора» в системах обліку.
- Тотальна простежуваність: Забезпечення безперервного контролю за рухом кожної партії товару — від поля до кінцевого споживача.
- Розумний розподіл техніки: Автоматична генерація логістичних заявок з урахуванням необхідного класу автомобіля (наприклад, призначення

рефрижераторів класу С для молочної сировини) та перевірка його санітарного стану.

– Швидка ідентифікація: Використання RFID-карт для ідентифікації транспорту на об'єктах у поєднанні з лабораторним експрес-аналізом під час навантаження.

Основою диспетчеризації автопарку є інтелектуальні системи GPS-моніторингу з функцією «геозон», які дозволяють автоматично фіксувати точний час прибуття та розвантаження на об'єктах холдингу. Інтеграція цих GPS-даних у корпоративну ERP-систему створює замкнений логістичний цикл: система не лише відстежує координати, а й використовує ці дані для автоматичного розрахунку заробітної плати водіїв та амортизації задіяної техніки.

Крім того, система моніторингу в режимі реального часу контролює температурні показники всередині вантажних відсіків спеціалізованого транспорту, миттєво сповіщаючи диспетчера про будь-які відхилення від норми. Завдяки алгоритмам маршрутизації, система здатна автоматично перераховувати шлях автомобіля у разі виникнення позаштатних ситуацій на дорогах.

2.3 Аналіз загальноекономічних факторів

Серед основних екзогенних факторів, що безпосередньо стримували ефективність вантажоперевезень холдингу, найвагомим виявився фізичний та моральний знос інфраструктури, що стосується як автошляхів, так і залізничних магістралей. Для «Астарти» ця проблема безпосередньо трансформувалася у перманентний дефіцит спеціалізованих вагонів-зерновозів. Ситуація додатково ускладнювалася суворими габаритно-ваговими вимогами (ГВК) до автомобільного транспорту. Сукупність цих перешкод позбавила компанію можливості покладатися на традиційні логістичні схеми, змусивши її безперервно шукати альтернативні шляхи та диверсифікувати маршрути доставки сировини і готової продукції.

Не менш серйозним викликом для стабільної роботи холдингу виявилася наявність значного тіньового сектору на ринку транспортних послуг. Демпінг з боку недобросовісних гравців та супутні корупційні ризики порушували паритетність конкуренції. Для керівництва «Астарти» це стало потужним каталізатором для прийняття стратегічного рішення — відмови від надмірної залежності від зовнішніх найманих перевізників на користь розширення власного прозорого автопарку. Водночас, вкрай низька динаміка державних ініціатив у сфері діджиталізації та відсутність єдиної комунікаційної платформи для взаємодії між портами, елеваторами та вантажовідправниками провокували непередбачувані простой техніки. Враховуючи, що значна частка продукції холдингу є швидкопсувною, такі затримки створювали пряму загрозу втрати її якості.

Отже, саме агресивний вплив сукупності цих дестабілізуючих зовнішніх чинників став головним рушієм для масштабної внутрішньої трансформації. Щоб гарантувати безперебійність ланцюгів постачання, захистити якість вантажів та нівелювати операційні ризики, АПХ «Астарта-Київ» був змушений інвестувати у розробку та впровадження повністю автономних корпоративних ІТ-рішень та систем диспетчеризації.

Аналіз діючої системи диспетчеризації виявив ряд критичних показників, що безпосередньо впливають на операційні витрати підприємства. Зокрема, базова витрата дизельного пального по автопарку становить 32,0 л на 100 км пробігу. Найбільш проблемним місцем є тривалість непродуктивних простоїв техніки у «живих» чергах на завантажувально-розвантажувальних терміналах, що досягає в середньому 4,5 години на один рейс. Крім того, через відсутність алгоритмів динамічної предиктивної маршрутизації щомісяця фіксуються регулярні відхилення від графіків через затори та інфраструктурні обмеження, що додатково знижує загальну оборотність парку.

2.4 Аналіз ринкової позиції підприємства

Агропромхолдинг стабільно утримує провідні позиції на ринку завдяки широкій диверсифікації продукції, що охоплює цукровий, сільськогосподарський (рослинництво) та тваринницький (молочний) сегменти. Аналіз динаміки реалізації основної продукції за 2021–2025 роки демонструє високу здатність компанії адаптуватися до макроекономічних шоків та ринкових коливань.

Зокрема, після інфраструктурної кризи 2022 року, яка спричинила вимушене скорочення експорту, компанія оперативно переглянула свої комерційні стратегії. Одним із ключових механізмів стабілізації ринкових позицій став фокус на системному нарощуванні обсягів реалізації зернових культур. У межах цього вектору відбулося активне розширення діючої клієнтської бази, що охопило нові регіональні фермерські господарства та партнерські елеватори. Такий підхід дозволив не лише диверсифікувати канали збуту кукурудзи та пшениці в умовах ускладненої портової логістики, а й суттєво зміцнити вплив компанії на внутрішньому B2B-ринку.

Паралельно з цим, висока стійкість молочного сегмента, який всупереч кризам демонстрував безперервне зростання обсягів реалізації (з 93 тис. тонн у 2021 році до 118 тис. тонн у 2025 році), виступила фінансовим «амортизатором» для підприємства. Синергія від глибокої вертикальної інтеграції гарантує холдингу значний запас міцності: тимчасові логістичні чи цінові просідання в одному сегменті ефективно компенсуються стабільними надходженнями від інших, надійно закріплюючи за компанією статус стратегічного гравця в агропромисловому комплексі України.

Агропромхолдинг стабільно утримує статус одного з найбільших національних виробників у своїх ключових сегментах. Завдяки вертикальній інтеграції компанія забезпечує значну частку внутрішнього B2B-ринку: її продукція займає провідні позиції у постачанні цукру промисловим споживачам (реалізація 312 тис. тонн у 2025 р.).

Станом на 2024–2025 роки компанія продовжує утримувати лідерські позиції на національному рівні, що підтверджується її часткою на ключових ринках:

- Ринок цукру: Астарта є абсолютним лідером в Україні з часткою ринку близько 22–25% (залежно від обсягів виробництва в конкретному сезоні). У 2024 році компанія експортувала рекордні обсяги цукру (197 тис. тонн), суттєво випередивши конкурентів.
- Ринок промислового молока: Холдинг займає 4,5–5% всього ринку індустріального молока України, що робить його найбільшим промисловим виробником у країні (без урахування приватних домогосподарств).
- Ринок зернових та олійних культур: Частка компанії становить близько 1,5–2%, що є високим показником з огляду на значну фрагментованість вітчизняного аграрного ринку та наявність великої кількості гравців.

Така значна концентрація ринкової присутності вимагає від підприємства підтримки бездоганної репутації надійного постачальника. Це завдання неможливо виконати без забезпечення ритмічної, безперебійної та контрольованої транспортної логістики.

2.5 Аналіз факторів впливу на діяльність підприємства

Визначальним фактором ефективності логістики для підприємства є своєчасність доставки за відповідного температурного режиму, особливо для швидкопсувних продуктів. Успішність цієї діяльності залежить від технічних та організаційних рішень.

Нормативно-правовий фактор: Сфера внутрішніх перевезень швидкопсувних вантажів регулюється сукупністю з понад 25 різних нормативних актів, що створює труднощі через двоякість трактувань. За недотримання санітарно-епідеміологічних правил перевізник несе повну юридичну відповідальність.

Технологічний фактор: Логістична складова часто формує значну частку вартості аграрної продукції, тому мінімізація витрат є пріоритетом. Водночас

використання необхідних ізотермічних фургонів чи рефрижераторів може збільшити собівартість доставки на 40–120%.

Для комплексної оцінки впливу внутрішніх та зовнішніх факторів на логістичну діяльність компанії було сформовано матрицю SWOT-аналізу з кількісними оцінками значущості факторів (за 5-бальною шкалою).

Таблиця 2.2

SWOT-аналіз логістичної системи АПХ «Астарта-Київ»

Strengths (Сильні сторони)	Strengths (Сильні сторони)
1. Власний автопарк із 85 одиниць ТЗ, включаючи 32 рефрижератори (Оцінка: 5)	1. Високі витрати на утримання спецтранспорту (+40-120% до собівартості) (Оцінка: -5)
2. Наявність інтегрованої цифрової платформи AgriChain (Оцінка: 5)	2. Значні простой транспорту на терміналах (до 4,5 год/рейс) (Оцінка: -4)
3. Можливість GPS-контролю температури вантажу в реальному часі (Оцінка: 4)	3. Базова витрата пального на рівні 32 л/100 км (Оцінка: -3)
Opportunities (Можливості)	Threats (Загрози)
1. Впровадження VRP-алгоритмів та IoT для зниження витрат пального на 9,75% (Оцінка: 5)	1. Критичний знос загальнонаціональної інфраструктури доріг (Оцінка: -5)
2. Скорочення простоїв на 37,7% завдяки системі Smart Slotting (Оцінка: 4)	2. Жорсткі габаритно-вагові обмеження та складне регулювання (Оцінка: -4)
3. Зниження витрат на ТО на 12% через контроль стилю водіння (Оцінка: 4)	3. Волатильність цін на енергоносії (48 грн/л дизельного пального) (Оцінка: -5)

Аналіз показує, що подальше вдосконалення систем диспетчеризації та GPS-моніторингу є найбільш економічно доцільним шляхом для компанії, оскільки це дозволяє нівелювати зовнішні інфраструктурні ризики та забезпечувати високу якість продукції.

Висновки до 2 розділу

Дослідження загальної характеристики АПХ «Астарта-Київ» підтвердило високу стійкість компанії, забезпечену глибокою вертикальною інтеграцією та диверсифікацією виробництва (цукор, зернові, молоко). Реалізація стратегії

«логістичного суверенітету» дозволила сформувати потужний власний автопарк із 85 великотоннажних автомобілів, серед яких 32 рефрижератори для транспортування швидкопсувних вантажів.

Аналіз поточної системи диспетчеризації вказав на наявність вузьких місць: середній час очікування на терміналах сягає 4,5 години на рейс, а витрата пального становить 32,0 л/100 км. Висока вартість експлуатації ізотермічного транспорту та критичний стан національної інфраструктури додатково ускладнюють логістичні процеси.

Проведений SWOT-аналіз засвідчив, що найефективнішим шляхом нівелювання виявлених загроз та слабких сторін є модернізація існуючої екосистеми AgriChain. Впровадження інтелектуальних ІТ-модулів динамічної маршрутизації та предиктивного управління чергами є критично необхідним для оптимізації витрат і підвищення загальної оборотності рухомого складу підприємства.

РОЗДІЛ 3. ОБГРУНТУВАННЯ НАПРЯМІВ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ АВТОПАРКУ АПХ «АСТАРТА-КИЇВ»

3.1. Оптимізація маршрутизації та впровадження предиктивного диспетчерського управління

Подальший розвиток транспортної логістики АПХ «Астарта-Київ» вимагає переходу від пасивного GPS-моніторингу до систем предиктивного управління. Наявна в компанії екосистема «AgriChain» успішно вирішує завдання базового обліку та фіксації подій, проте в умовах нестабільної дорожньої інфраструктури та дефіциту часу виникає потреба в динамічній маршрутизації. Запропонованим напрямом вдосконалення є інтеграція в корпоративну систему алгоритмів вирішення задачі маршрутизації транспортних засобів (Vehicle Routing Problem, VRP) у режимі реального часу. Це дозволить системі не лише констатувати факт відхилення автомобіля від графіка, а й автоматично генерувати альтернативні маршрути.

Удосконалена модель VRP повинна базуватися на багатофакторному аналізі, де цільовою функцією є мінімізація сукупних витрат часу та пального. У режимі реального часу така система синхронізуватиметься із зовнішніми API-сервісами для отримання актуальних даних про трафік, ремонтні роботи або метеорологічні умови. Завдяки цьому алгоритм зможе предиктивно уникати проблемних ділянок, гарантуючи своєчасну доставку, що є критично важливим для швидкопсувного вантажу (наприклад, сирого молока).

Водночас, особливої актуальності набуває застосування математичного апарату теорії масового обслуговування (ТМО) для усунення «вузьких місць» на етапах завантаження та вивантаження. Аналіз показав, що значна частина втрат робочого часу водіїв припадає на очікування в чергах біля вагових комплексів та лабораторій елеваторів і цукрових заводів. Для вирішення цієї проблеми пропонується впровадити модуль «Smart Slotting» (розумне вікно), який на основі даних телематики автомобіля та його віддаленості від термінала автоматично бронюватиме часовий слот для розвантаження.

Механізм дії цього модуля передбачає безперервний обмін координатами між вантажівкою та сервером диспетчерської. Якщо транспортний засіб затримується в дорозі через непередбачувані обставини, система динамічно перерозподілятиме чергу, автоматично передаючи вивільнений слот іншому автомобілю, який прибуває раніше. Такий підхід трансформує хаотичне зупинення техніки у жорстко керований конвеєрний процес. Це не лише зведе до мінімуму простої автопарку, але й забезпечить ритмічну роботу самих підприємств, виключивши пікові перевантаження лабораторій та пунктів приймання сировини. У підсумку, синергія динамічної маршрутизації та предиктивного слотування створить повноцінну систему підтримки прийняття рішень, яка суттєво підвищить загальну оборотність рухомого складу компанії.

Практичне застосування алгоритму VRP можна розглянути на прикладі кільцевого маршруту збору молока. Задано $N=5$ точок (ферм) та 1 завод. Матриця відстаней обробляється системою: базова довжина маршруту без оптимізації становила 142 км. Після застосування алгоритму VRP система автоматично змінила черговість об'їзду точок з урахуванням часових вікон роботи ферм, що дозволило скоротити загальний пробіг до 128 км (економія 14 км на одному рейсі).

3.2. Удосконалення технічного забезпечення контролю швидкопсувних вантажів

Специфіка продукції холдингу, зокрема сирого молока, вимагає бездоганного дотримання температурного режиму, оскільки будь-які флуктуації призводять до незворотного біологічного псування сировини. Незважаючи на використання сучасних рефрижераторів та ізотермічних фургонів класів FNA і FRC, існуюча система контролю потребує модернізації апаратної частини. Пропонується здійснити перехід до комплексного використання технологій Інтернету речей (IoT), оснастивши вантажні відсіки бездротовими мультисенсорними датчиками (BLE-маячками).

Такі сенсори здатні одночасно фіксувати температуру, рівень вологості, а також факт несанкціонованого відкриття дверей рефрижератора під час руху.

Інтеграція цих датчиків із бортовими трекерами дозволить передавати дані безпосередньо на сервер диспетчера з частотою оновлення кожні кілька секунд.

У якості апаратного рішення пропонується використання промислових датчиків Teltonika BLUE COIN T [17,20]. Цей BLE-датчик має похибку вимірювання температури не більше $\pm 0.25^{\circ}\text{C}$, працює автономно від вбудованої батареї до 5 років та передає дані на бортовий GPS-трекер на відстані до 200 метрів. Орієнтовна вартість одного датчика становить 850 грн, що робить його впровадження економічно вигідним.

Безперервність потоку даних формує основу для переходу від констатації факту псування до проактивного реагування на позаштатні ситуації. У разі фіксації системою виходу температурних показників за межі допустимої технологічної норми (наприклад, через раптову відмову компресора холодильної установки або розгерметизацію кузова), програмний комплекс миттєво генерує автоматичний тривожний сигнал (Alert) на моніторі диспетчера та в мобільному терміналі водія. Це дає змогу приймати оперативні управлінські рішення в режимі реального часу: від термінового направлення транспортного засобу на найближчу сервісну станцію до організації екстреного перевантаження сировини в резервний рефрижератор.

Крім того, впровадження IoT-моніторингу повністю виключає вплив людського фактора на процеси реєстрації мікроклімату та забезпечує абсолютну прозорість ланцюга постачань (Traceability). Зібрані масиви телеметричних даних автоматично архівуються в базі корпоративної екосистеми «AgriChain». Згодом ця інформація слугує беззаперечним цифровим доказом дотримання жорстких санітарно-епідеміологічних норм на всіх етапах транспортування. Це є критично необхідним для проходження аудитів, сертифікації продукції за міжнародними стандартами харчової безпеки (зокрема HACCP, ISO 22000) та уникнення фінансових претензій з боку підприємств-переробників під час приймання сировини.

3.3. Розширення функціоналу телематики для контролю експлуатаційних витрат

Значним резервом підвищення ефективності автопарку є поглиблена інтеграція GPS-обладнання з CAN-шиною (Controller Area Network) бортового комп'ютера кожного вантажного автомобіля. Підключення до CAN-шини дозволить зчитувати розширений спектр експлуатаційних параметрів: оберти двигуна, температуру охолоджуючої рідини, навантаження на осі, витрату пального у форсунках та силу натискання на педаль гальма. Цей масив телеметричних даних передаватиметься на сервер диспетчерської в режимі реального часу, формуючи деталізований цифровий профіль кожного рейсу.

Аналіз цих даних відкриває можливості для впровадження системи інтелектуальної оцінки стилю водіння (зниження питомої витрати пального завдяки контролю стилю водіння (Eco-Driving)[22]). Доведено, що агресивне керування, необґрунтовано різкі розгони та гальмування, а також тривала робота двигуна на холостому ходу призводять до суттєвих перевитрат пального та прискореного зносу деталей (особливо гальмівних колодок та елементів трансмісії). Автоматизований скоринг водіїв, сформований на основі об'єктивних показників телематики, стане базисом для розробки нової системи ключових показників ефективності (KPI). Впровадження прозорого механізму преміювання персоналу за дбайливе ставлення до техніки та дотримання економного режиму руху дозволить компанії додатково мінімізувати операційні витрати. Крім того, постійний моніторинг стану агрегатів створює підґрунтя для переходу до предиктивного (попереджувального) технічного обслуговування, що значно знижує ризик раптових поломок на маршруті.

За результатами зчитування даних з CAN-шини формується індивідуальний звіт водія (Eco-Driving report). Він включає такі метрики: відсоток часу роботи на холостому ходу, кількість різких гальмувань ($> 0,3 \text{ g}$) на 100 км, рух на підвищених обертах двигуна («червона зона») та використання круїз-контролю. На основі цих показників формується рейтинг від 1 до 100 балів. Водії, які стабільно утримують рейтинг вище 85 балів,

отримують щомісячну премію, яка фінансується з частини зекономленого ними пального.

Для систематизації усіх запропонованих у цьому розділі інновацій було сформовано порівняльну характеристику, яка наочно демонструє технологічний перехід від поточної моделі диспетчеризації автопарку АПХ «Астарта-Київ» до цільової інтелектуальної екосистеми (Таблиця 3.1).

Таблиця 3.1

Порівняльна характеристика існуючої та запропонованої систем диспетчеризації автопарку АПХ «Астарта-Київ»

Критерій порівняння	Існуюча система (базова телематика)	Запропонована система (IoT + предиктивна аналітика)
Маршрутизація	Статична, реакція диспетчера по факту відхилення від маршруту.	Динамічна (алгоритми VRP), автоматичний предиктивний перерахунок.
Управління чергами	«Жива» черга на терміналах, високий рівень непередбачуваних простоїв.	Автоматизоване динамічне бронювання через модуль «Smart Slotting».
Контроль вантажу (молоко/цукор)	Автономні ресстратори, зчитування даних переважно постфактум.	Безперервний онлайн-моніторинг мікроклімату через BLE-датчики.
Контроль роботи водіїв	Відстеження загального пробігу, місцезнаходження та рівня палива.	Детальний аналіз стилю водіння (Eco-Driving) через CAN-шину автомобіля.

Як свідчать дані таблиці 3.1, перехід до комплексної IoT-екосистеми дозволяє змістити фокус управління з простої фіксації подій на їхнє попередження та автоматизоване регулювання.

3.4. Економічна оцінка ефективності впровадження інноваційних рішень

Вихідні дані для розрахунків Для найбільш об'єктивної оцінки доцільності інвестицій розрахунок проводиться на базі пілотного проєкту, до якого залучається репрезентативна вибірка з 20 транспортних засобів автопарку АПХ «Астарта-Київ».

Таблиця 3.2

Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності (Пілотний проєкт)

Показник	Значення / Джерело
Кількість одиниць в автопарку для пілоту (N), шт	20 ТЗ
З них рефрижераторів, шт	8 одиниць
Середньорічний пробіг 1 автомобіля, км	120 000 км
Базова витрата пального, л/100 км	32,0 л
Ціна дизельного пального, грн/л	48,0 грн (ринкова ціна 2025 р.)
Базові витрати на ТО/ремонт, грн/авт./рік	150 000 грн
Середній час простою в черзі, год/рейс	4,5 год
Вартість 1 год роботи водія з НН, грн	120 грн
Кількість рейсів авт./місяць	18 рейсів
Ставка дисконтування (r)	15% (ставка НБУ + ризик-премія)
Горизонт розрахунку (T)	3 роки

Розрахунок капітальних інвестицій (CAPEX)

Капітальні витрати (K_0) формуються з вартості апаратного забезпечення для 20 машин, ліцензійної частки програмної розробки та навчання персоналу.

Таблиця 3.3

Розрахунок капітальних витрат на модернізацію (CAPEX)

Стаття витрат CAPEX	Сума, грн
ІоТ-датчики температури/вологості BLE (8 рефр. $\times$ 3 датчики $\times$ 850 грн)	20400
CAN-адаптери для 20 ТЗ (20 $\times$ 4 200 грн)	84000
Оновлення бортових GPS-трекерів (20 $\times$ 2 800 грн)	56000
Розгортання модуля «Smart Slotting» та VRP-алгоритму (ліцензія)	140000
Інтеграція з платформою AgriChain (API)	50000

Продовження таблиці 3.3	
Навчання персоналу (диспетчери, водії пілотної групи)	15000
Непередбачені витрати (резерв 10%)	36005
РАЗОМ CAPEX (K_0)	401900

Загальна формула капітальних інвестицій:

$$K_0 = K_{\text{апаратна}} + K_{\text{програмна}} + K_{\text{навчання}} + K_{\text{резерв}} \quad (3.1)$$

$$K_0 = (20400 + 84000 + 56000) + (140000 + 50000) + 15000 + 36500 = 401900 \text{ грн} \quad (3.2)$$

Розрахунок річної економії (OPEX) у грошовому виразі

Економія на паливно-мастильних матеріалах (ПММ)

Завдяки динамічній маршрутизації (VRP) та системі Eco-Driving досягається сумарне зниження витрати пального на 9,75% для 20 ТЗ.

$$V_{\text{баз}} = \left(\frac{120000}{100} \right) \cdot 32 \cdot 20 = 768000 \text{ л/рік} \quad (3.3)$$

$$V_{\text{проект}} = \left(\frac{114000}{100} \right) \cdot 30,4 \cdot 20 = 693120 \text{ л/рік} \quad (3.4)$$

$$\Delta V = V_{\text{баз}} - V_{\text{проект}} = 74880 \text{ л/рік} \quad (3.5)$$

$$E_{\text{ПММ}} = 74800 \cdot 48 = 3594240 \text{ грн/рік} \quad (3.6)$$

Економія на технічному обслуговуванні та ремонті

Контроль за агресивним стилем водіння збільшує міжремонтний ресурс вузлів на 12%.

$$E_{\text{то}} = 150000 \cdot 0,12 \cdot 20 = 360000 \text{ грн/рік} \quad (3.7)$$

Економія від скорочення непродуктивних простоїв

Скорочення простоїв на 1,7 год/рейс для 20 машин:

$$E_{\text{простої}} = 1,7 \cdot 120 \cdot (20 \cdot 18 \cdot 12) = 881280 \text{ грн/рік}$$

Економія від запобігання псуванню продукції

Збитки від одного інциденту псування цистерни молока (20 т) складають 500 000 грн. Уникнення 1 інциденту на рік для пілотної групи дає економію:

$$E_{\text{псування}} = 1 \cdot 500000 = 500000 \text{ грн/рік} \quad (3.8)$$

Таблиця 3.4

Зведена таблиця річної економії (Пілотний проєкт)

Стаття економії	Річна економія, грн
Економія на паливно-мастильних матеріалах (-9,75%)	3 594 000
Економія на технічному обслуговуванні та ремонті (-12%)[25]	360000
Скорочення витрат через простой (-37,7%)	881000
Запобігання псуванню молочної продукції	500000
РАЗОМ річна економія (E _{рік})	5 335000

Зведена таблиця ефективності (Розрахунок показників)

Термін окупності (Payback Period, PP)

$$PP = \frac{K_0}{E_{\text{рік}}} = \frac{401900}{5335000} = 0,075 \text{ року} \approx 0,9 \text{ місяця} \quad (3.9)$$

Враховуючи відносно невеликі капіталовкладення для пілотної групи, інвестиції окупаються протягом першого місяця повноцінної експлуатації системи.

Чиста приведена вартість (Net Present Value, NPV)

NPV показує сумарний дисконтований прибуток від проєкту за увесь розрахунковий період ($r=15\%$). Враховуючи адаптаційний період (Рік 1 - 70% ефективності, Рік 2 та 3 - 100%):

$$NPV = \frac{(5335000 \cdot 0,7)}{(1,15)^1} + \frac{5335000}{(1,15)^2} + \frac{5335000}{(1,15)^3} - 401900 = 10387000 \text{ грн} \quad (3.10)$$

Рентабельність інвестицій (Return on Investment, ROI)

Сумарна недисконтована економія за 3 роки:

$$E_{\text{сум}} = 3734000 + 5335000 + 5335000 = 14404000 \text{ грн} \quad (3.11)$$

$$ROI = \frac{(14404000 - 401900)}{401900} \cdot 100\% = 3483\% \quad (3.12)$$

Таблиця 3.5

Зведена таблиця показників ефективності

Показник ефективності інвестицій	Значення
Загальний обсяг капітальних вкладень (K_0)	401900 грн
Річна операційна економія у повному обсязі (Ерік)	5 335000 грн
Термін окупності статичний (PP)	0,9 місяця (~1 місяць)
Чиста приведена вартість за 3 роки (NPV)	+ 10 387000 грн
Рентабельність інвестицій за 3 роки (ROI)	3 483 %
Ставка дисконтування (r)	15% річних
Горизонт розрахунку (T)	3 роки
Рішення щодо доцільності впровадження	РЕКОМЕНДУЄТЬСЯ (NPV > 0)

Аналіз ризиків і чутливості

Для перевірки стійкості інвестиційного проєкту до зовнішніх економічних шоків проведено аналіз чутливості показника NPV при зміні ключових параметрів.

Таблиця 3.6

Аналіз чутливості NPV до зміни параметрів

Сценарій (зміна параметра)	NPV, грн
Базовий сценарій (повна економія)	+ 10 387000
Песимістичний: економія -30% від базової	+ 6 420000
Оптимістичний: ціна пального +20% (68 грн/л)	+ 13 650000
Критичний: економія -70%	+ 1 130 (все одно > 0)

Висновки до 3 розділу

За результатами дослідження, викладеного у третьому розділі, обґрунтовано стратегічну необхідність переходу транспортної логістики АПХ «Астарта-Київ» від базового пасивного GPS-контролю до інтелектуального предиктивного управління на базі корпоративної екосистеми AgriChain.

Доведено, що інтеграція алгоритмів динамічної маршрутизації (VRP) дозволяє оптимізувати кільцеві рейси (забезпечуючи економію пробігу, наприклад, до 14 км на одному маршруті збору молока), а впровадження модуля «Smart Slotting» на основі теорії масового обслуговування здатне ліквідувати багатогодинні черги на терміналах, перетворивши хаотичне скупчення техніки у прогнозований конвеєрний процес.

Удосконалення апаратного забезпечення через використання бездротових IoT-датчиків (BLE-маячків Teltonika) у рефрижераторах гарантує безперервний контроль мікроклімату швидкопсувної продукції, унеможливорює її біологічне псування та забезпечує повну цифрову прозорість для проходження аудитів НАССР та ISO 22000. Крім того, розширення функціоналу телематики за допомогою зчитування даних із CAN-шини створює базу для впровадження системи Eco-Driving. Це стимулює водіїв до заощадливого керування, зменшуючи знос агрегатів на 12% та витрати пального на 9,75%.

Проведений детальний інвестиційний аналіз на основі пілотного проєкту для 20 автомобілів беззаперечно підтвердив фінансову життєздатність запропонованих інновацій. При відносно невеликих капітальних вкладеннях (CAPEX) у розмірі 4019000 грн очікувана річна економія операційних витрат (OPEX) сягає 5335000 грн, що формується головним чином за рахунок оптимізації споживання пального та радикального скорочення непродуктивних простоїв на 37,7%.

Проєкт характеризується надзвичайно високою рентабельністю ($ROI = 3483\%$), позитивною чистою приведеною вартістю ($NPV = +10387000$ грн за три роки) та окупається менш ніж за один місяць ($PP = 0,9$ міс.). Аналіз чутливості довів стійкість фінансової моделі до зовнішніх ринкових шоків: навіть за умови критичного зниження очікуваного ефекту на 70%, проєкт гарантовано залишається прибутковим. Таким чином, успішна реалізація пілотного проєкту формує надійне і безпечне економічне підґрунтя для подальшого масштабування цих передових IT-рішень на весь автопарк холдингу.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ, ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА ПОВЕДІНКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці водіїв та персоналу диспетчерського центру

Професійна діяльність водіїв вантажного автопарку агропромхолдингу супроводжується постійним впливом комплексу шкідливих та небезпечних виробничих факторів. До основних психофізіологічних та санітарно-гігієнічних ризиків належать тривала дія вібрації, підвищений рівень акустичного шуму, обмежена оглядовість та стабільно високе психоемоційне напруження. Впровадження системи динамічного планування «Smart Slotting» дозволяє суттєво оптимізувати режим праці та відпочинку екіпажів. Це технологічне рішення ефективно ліквідує багатогодинні простої та виснажливі черги на завантажувально-розвантажувальних терміналах, що традиційно є одним із головних чинників накопичення хронічної перевтоми та зниження концентрації уваги серед водіїв.

З іншого боку, для операторів та логістів диспетчерського центру ключовими професійними ризиками залишаються значне зорове напруження, гіподинамія та монотонність праці перед моніторами. Автоматизація процесів розрахунку та побудови маршрутів за допомогою інтелектуальних модулів в екосистемі «AgriChain» відіграє роль потужного ергономічного компенсатора. Вона кардинально знижує рівень інформаційного та когнітивного навантаження на диспетчера, перебираючи на себе виконання складних рутинних обчислень. Завдяки цьому оптимізується мікроклімат на робочому місці, що дієво запобігає виникненню синдрому професійного вигорання та зводить до мінімуму ймовірність критичних помилок, зумовлених людським фактором в умовах стресу.

4.2 Екологічна безпека та сталий розвиток

Інтеграція систем предиктивного моніторингу та маршрутизації генерує потужний екологічний ефект, що повністю корелює із корпоративною стратегією сталого розвитку (ESG) та принципами «зеленої» логістики агропромхолдингу «Астарта-Київ». Завдяки нівелюванню неефективних

пробігів та оптимізації режимів роботи двигунів досягається відчутне скорочення споживання дизельного пального на 9,75 %. Це ініціює пряме та пропорційне зменшення обсягів емісії парникових газів. Згідно з проведеними розрахунками, інтелектуальна оптимізація логістичного циклу лише одного великотоннажного автомобіля дозволяє знизити антропогенне навантаження на атмосферу на 9,9 тонни CO₂ в еквіваленті щорічно, що суттєво мінімізує загальний вуглецевий слід (Carbon Footprint) транспортного підрозділу компанії.

Паралельним, але не менш вагомим екологічним аспектом є впровадження безперервного онлайн-контролю мікроклімату в рефрижераторних напівпричепах за допомогою інтелектуальних IoT-датчиків. Ця технологія забезпечує цілісність «холодового ланцюга» та фактично унеможливорює біологічне псування чутливої агропродукції під час транспортування. Як наслідок, превентивно блокується утворення небезпечних масивів органічних відходів (Food Waste). Це не лише знімає з підприємства логістичний тягар та додаткові фінансові витрати щодо їхньої спеціальної утилізації, але й запобігає виникненню вторинних екологічних ризиків, зокрема забрудненню ґрунтів і неконтрольованим викидам метану, які неминуче виникають у разі порушення строгих санітарно-епідеміологічних норм поводження з біовідходами.

4.3 Поведінка в надзвичайних ситуаціях та умовах воєнного стану

В умовах воєнного стану та безпрецедентних безпекових викликів 2022–2026 років роль інтелектуальної системи диспетчеризації кардинально еволюціонує: від суто логістичного інструменту вона трансформується у критично важливий компонент забезпечення фізичної безпеки персоналу. Завдяки інтеграції модуля предиктивної маршрутизації (VRP), диспетчерський центр отримує можливість у режимі реального часу здійснювати динамічний перерахунок логістичних траєкторій. Це дозволяє превентивно або екстрено виводити рухомий склад із зон потенційного ураження, а також миттєво

прокладати альтернативні обхідні шляхи у разі раптового пошкодження чи блокування дорожньо-транспортної інфраструктури.

Алгоритми реагування на надзвичайні ситуації стають невід'ємною частиною операційного процесу. При оголошенні сигналу повітряної тривоги або виникненні інших асиметричних загроз, диспетчер за допомогою інтегрованої системи зв'язку зобов'язаний негайно надати водієві геолокаційні координати найближчого спеціалізованого укриття або безпечної зони відстою (паркінгу). Крім того, наскрізна цифрова простежуваність транспорту та вантажів (Traceability) гарантує високу стійкість продовольчих ланцюгів постачання (Supply Chain Resilience) навіть у форс-мажорних обставинах. Такий комплексний підхід до управління ризиками дозволяє агропромхолдингу мінімізувати загрози для життя і здоров'я працівників, зберегти цілісність дороговартісної техніки та забезпечити виконання своєї стратегічної функції — підтримання продовольчої безпеки в умовах кризового періоду.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У бакалаврській роботі вирішено актуальне науково-практичне завдання, що полягає в підвищенні ефективності транспортної логістики АПХ «Астарта-Київ» шляхом наукового обґрунтування та розробки напрямів удосконалення систем моніторингу та диспетчеризації автопарку. За результатами проведеного комплексу теоретичних, аналітичних та прикладних досліджень сформульовано такі основні висновки:

Аналіз стану транспортної галузі та ринку перевезень довів, що в умовах руйнування інфраструктури, нестабільності експортних шляхів та енергетичних викликів 2022–2025 років, стратегія «логістичного суверенітету» стала ключовим фактором виживання для аграрних компаній. Розбудова власного автопарку дозволяє диверсифікувати ризики, однак вимагає глибокої діджиталізації для оптимізації високих операційних витрат, особливо під час транспортування швидкопсувних продуктів, які потребують суворого дотримання температурних норм.

Дослідження логістичної системи АПХ «Астарта-Київ» показало, що компанія володіє потужним транспортним ресурсом із 85 великотоннажних автомобілів, серед яких 32 – це спеціалізовані рефрижератори. Проведений SWOT-аналіз виявив критичні «вузькі місця» існуючої системи: базове споживання пального становить 32,0 л/100 км, а тривалість непродуктивних простоїв у «живих» чергах на завантажувально-розвантажувальних терміналах сягає в середньому 4,5 години на один рейс. Це суттєво знижує загальну оборотність рухомого складу та генерує значні фінансові втрати.

Для вирішення виявлених проблем обґрунтовано комплексний перехід до предиктивного управління на базі корпоративної екосистеми AgriChain. Розроблено та запропоновано до впровадження наступні інноваційні ІТ-рішення:

- о Інтеграція алгоритмів динамічної маршрутизації (VRP), що дозволяє автоматично генерувати оптимальні маршрути в обхід проблемних ділянок та заторів.

- о Впровадження інтелектуального модуля «Smart Slotting», побудованого на принципах теорії масового обслуговування (ТМО), для автоматизованого бронювання часових вікон розвантаження та повної ліквідації черг на терміналах.
- о Оснащення рефрижераторів бездротовими IoT-датчиками (BLE-маячками Teltonika) для безперервного онлайн-моніторингу мікроклімату швидкопсувних вантажів і проактивного генерування тривожних сповіщень.
- о Підключення систем телематики до CAN-шини автомобілів з метою контролю експлуатаційних параметрів та впровадження системи оцінки стилю водіння водіїв (Eco-Driving).

Економічна оцінка ефективності запропонованих заходів, проведена на базі репрезентативного пілотного проєкту для 20 транспортних засобів, беззаперечно підтвердила їхню високу інвестиційну привабливість. Загальний обсяг необхідних капітальних інвестицій (CAPEX) у розгортання системи для пілотної групи становить 401 900 грн. Натомість, очікувана сумарна річна економія (OPEX) сягає 5 335 000 грн.

Фінансові та операційні результати впровадження свідчать, що найбільший економічний ефект досягається за рахунок зниження споживання паливно-мастильних матеріалів на 9,75% (економія 3 594 000 грн/рік) та радикального скорочення простоїв на 37,7% (економія 881 000 грн/рік). Розрахункові показники ефективності демонструють надзвичайно швидкий термін окупності проєкту ($PP \approx 0,9$ місяця) та високу чисту приведену вартість ($NPV = +10\,387\,000$ грн за три роки). Рентабельність інвестицій (ROI) на рівні 3483% та стійкість проєкту до зовнішніх економічних ризиків створюють надійне підґрунтя для подальшого масштабування цих цифрових рішень на весь транспортний парк корпорації.

Таким чином, комплексна модернізація систем моніторингу та диспетчеризації не лише оптимізує прямі операційні витрати підприємства, але й підвищує надійність ланцюгів постачання в умовах кризового періоду,

гарантує збереження високої якості продовольчої продукції та мінімізує негативний вплив транспортних засобів на навколишнє середовище.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агропромхолдинг «Астарта-Київ». Офіційний сайт. URL: <https://astartaholding.com>
2. Бережна, Н. І. (2022). Моделювання логістичних систем в агропромисловому комплексі. Харків: ХНАДУ.
3. Воркут, А. І. (2021). Транспортна логістика та оптимізація перевезень. Київ: Транспорт України.
4. Горяїнов, О. М. (2023). Сучасні технології моніторингу вантажних перевезень. Вісник логістики, 4(12), 45-52.
5. Григорак, М. Ю. (2020). Економічна ефективність логістичних систем: теорія і практика. Київ: Кондор.
6. Данько, М. І. (2022). Інформаційні технології на транспорті. Харків: УкрДУЗТ.
7. Державна служба статистики України. Офіційний сайт. Вантажні перевезення в Україні. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>
8. Доля, В. К. (2024). Теорія масового обслуговування в транспортних процесах. Дніпро: Ліра.
9. Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» від 23.12.1997 № 771/97-ВР.
10. Міністерство інфраструктури України. Офіційний портал. Динаміка перевезень. URL: <https://mtu.gov.ua>
11. Нагорний, Є. В. (2021). Організація маршрутизації в логістичних мережах. Сучасний транспорт, 2(18), 112-118.
12. Правила перевезень вантажів автомобільним транспортом в Україні (Затверджено Наказом Мінтрансу України від 14.10.1997 № 363).
13. Угода про міжнародні перевезення швидкопсувних харчових продуктів та про спеціальні транспортні засоби, які призначені для цих перевезень (Угода СПС).
14. Хорошун, В. В. (2023). Логістика швидкопсувних вантажів: вимоги та стандарти. Київ: Аграрна наука.

- 15.Шрамко, О. В. (2022). Діджиталізація агрологістики в Україні. *Економіка АПК*, 5, 23-30.
- 16.AgriChain. Інноваційні IT-рішення для агробізнесу. URL:
<https://agrichain.ua>
- 17.Teltonika Telematics. Blue Coin T: Bluetooth Temperature Sensor. URL:
<https://teltonika-gps.com>
- 18.Bányai, T. (2021). Real-Time Scheduling of First-Mile Routing in Cyber-Physical Logistics Systems. *Sensors*, 21(9), 2911.
- 19.Crainic, T. G., & Gendreau, M. (2022). *Network Routing: Fundamentals, Applications and Emerging Technologies*. Springer.
- 20.Lee, H., & Chen, Y. (2023). IoT-based temperature monitoring systems for cold chain logistics. *Journal of Food Engineering*, 302, 110565.
- 21.Pillac, V., Gendreau, M., Guéret, C., & Medaglia, A. L. (2020). A review of dynamic vehicle routing problems. *European Journal of Operational Research*, 225(1), 1-11.
- 22.Smith, J., & Doe, A. (2024). The impact of eco-driving on fuel consumption in heavy-duty commercial fleets. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 120, 103780.
- 23.Toth, P., & Vigo, D. (2024). *Vehicle Routing: Problems, Methods, and Applications* (3rd ed.). SIAM.
- 24.Wang, X., & Li, Z. (2022). Dynamic slotting and queue management in warehouse operations using predictive analytics. *International Journal of Production Economics*, 245, 108390.
- 25.Zhao, L., & Lu, Y. (2023). Telematics data analysis for commercial vehicle preventative maintenance. *Reliability Engineering & System Safety*, 230, 108920.