

Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет транспорту та механічної інженерії
(повне найменування факультету)
Кафедра автомобілів і транспортних технологій
(повне найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «МАГІСТР»

УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ ДОСТАВКИ ТАРНО-
ШТУЧНИХ ВАНТАЖІВ

Спеціальність: 275 Транспортні технології (на
автомобільному транспорті)

Освітня програма: Транспортні технології (на
автомобільному транспорті)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ТТм-21
Олександр БОНДАРУК

Керівник:
д.ф., доцент
Вікторія КОТЕНКО

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
„_____” _____ 2025 р.

к.т.н., доцент
Гарант освітньої програми:
Ігор МУРОВАННИЙ

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет транспорту та механічної інженерії

Кафедра автомобілів і транспортних технологій

Ступінь вищої освіти: магістр

Галузь знань: 27 Транспорт

Спеціальність: 275.03 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)

Освітня програма: «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою автомобілів і
транспортних технологій

_____ В. ОНИЩУК
„_____” _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Бондаруку Олександр Валерійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Удосконалення транспортного процесу доставки тарно-штучних вантажів

Керівник роботи: д.ф., доцент Вікторія КОТЕНКО

затверджені наказом закладу вищої освіти від «26» листопада 2025 р. № 500/01-02.

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «16» грудня 2025 року.

3. Вихідні дані до роботи: фінансова та внутрішня звітність ТОВ «ВЕСТОЛ»

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити):

Вступ

1. Загальна характеристика організації доставки вантажів ТОВ «ВЕСТОЛ»

2. Дослідження організації транспортного процесу доставки тарно-штучних вантажів

3. Розробка заходів щодо удосконалення маршрутизації доставки тарно-штучних вантажів

4. Економічна ефективність запропонованих заходів

Загальні висновки

5. Перелік ілюстративного матеріалу:

Титульний аркуш, мета, об'єкт, предмет, завдання досліджень; основні результати досліджень, висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання «04» лютого 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Аналіз вихідних даних</i>	16.09.2025	
2.	<i>Аналіз діяльності підприємства</i>	30.09.2025	
3.	<i>Аналіз напрямів удосконалення організації транспортного процесу доставки тарно-штучних вантажів</i>	07.10.2025	
4.	<i>Аналіз сучасних алгоритмів та методів маршрутизації вантажних перевезень</i>	14.10.2025	
5.	<i>Аналіз існуючих маршрутів доставки тарно-штучних вантажів ТОВ «ВЕСТОЛ»</i>	28.10.2025	
6.	<i>Визначення раціональних маршрутів доставки вантажів у системі Ant-Logistics та розрахунок техніко-експлуатаційних показників (ТЕП) роботи автомобілів на цих маршрутах</i>	11.11.2025	
7.	<i>Порівняльний аналіз ТЕП до та після маршрутизації</i>	18.11.2025	
8.	<i>Розрахунок економічної ефективності запропонованих заходів</i>	25.11.2025	
9.	<i>Перевірка кваліфікаційної роботи керівником</i>	02.12.2025	
10.	<i>Оформлення пояснювальної записки та ілюстративного матеріалу відповідно до вимог</i>	10.12.2025	
11.	<i>Захист кваліфікаційної роботи</i>	Згідно з графіком	

Здобувач вищої освіти

(підпис)

О. БОНДАРУК

(прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

В. КОТЕНКО

(прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Бондарук О. В. Удосконалення транспортного процесу доставки тарно-штучних вантажів. Рукопис.

Кваліфікаційна робота магістра ОП «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» спеціальності 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)». Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та переліку джерел посилання та додатків. Робота містить 69 сторінку основного тексту, 35 таблиць, 40 рисунків, 31 джерел посилань.

Зростання обсягів тарно-штучних вантажів та ускладнення умов їх доставки підвищують потребу в оптимізації транспортного процесу, зокрема за рахунок ефективної маршрутизації. Удосконалення організації перевезень дозволяє зменшити порожній пробіг, скоротити витрати та підвищити ефективність використання рухомого складу.

Метою магістерської роботи є дослідження технологій маршрутизації для удосконалення транспортного процесу доставки тарно-штучних вантажів у міжміському сполученні на прикладі ТОВ «ВЕСТОЛ».

Об'єкт дослідження — транспортний процес доставки тарно-штучних вантажів у міжміському сполученні на прикладі ТОВ «ВЕСТОЛ».

Предмет дослідження — теоретичні, методичні та прикладні основи підвищення ефективності доставки тарно-штучних вантажів у міжміському сполученні.

У роботі проаналізовано діяльність підприємства та існуючі маршрути, визначено техніко-експлуатаційні показники, досліджено сучасні методи маршрутизації, побудовано оптимальні маршрути в системі Ant-Logistics та оцінено їх економічну ефективність.

Запропоноване удосконалення доставки демонструє зниження витрат і підвищення ефективності роботи рухомого складу ТОВ «ВЕСТОЛ».

Ключові слова: тарно-штучні вантажі, маршрутизація, оптимізація перевезень, Ant-Logistics, техніко-експлуатаційні показники, економічний ефект.

ANNOTATION

Bondaruk Oleksandr. Improvement of the Transport Process for the Delivery of Packaged and Unitized Cargo. Manuscript.

Qualification work of the Master of Educational program "Transport technologies (on road transport)" specialty 275.03 "Transport technologies (on road transport)". Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

The thesis consists of an introduction, four chapters, conclusions, a list of references, and appendices. The work includes 69 pages of main text, 35 tables, 40 figures, and 31 reference sources.

The growing volume of packaged and piece cargo, along with increasingly complex delivery conditions, reinforces the need to optimize the transportation process, particularly through effective routing. Improving the organization of freight transport helps reduce empty mileage, lower costs, and increase the efficiency of fleet utilization.

The aim of the master's thesis is to study routing technologies to improve the transportation process of packaged and piece cargo in intercity connections using the example of LLC "VESTOL".

The object of the study is the transportation process of packaged and piece cargo in intercity connections at LLC "VESTOL".

The subject of the study is the theoretical, methodological, and applied foundations for improving the efficiency of packaged and piece cargo delivery in intercity connections.

The thesis analyzes the company's operations and existing routes, determines technical and operational indicators, explores modern routing methods, constructs optimal routes using the Ant-Logistics system, and evaluates their economic efficiency.

The proposed improvements demonstrate reduced transportation costs and increased efficiency of the vehicle fleet at LLC "VESTOL".

Keywords: packaged and piece cargo, routing, transportation optimization, Ant-Logistics, technical and operational indicators, economic effect.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОРГАНІЗАЦІЇ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ ТОВ «ВЕСТОЛ»	11
1.1 Аналіз діяльності ТОВ «ВЕСТОЛ»	11
1.2 Аналіз структури вантажопотоків та напрямків перевезень підприємства	14
1.3 Аналіз парку рухомого складу підприємства.....	15
1.4 Аналіз існуючих маршрутів доставки тарно-штучних вантажів	17
Висновки до розділу 1	32
2 ДОСЛІДЖЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ ДОСТАВКИ ТАРНО-ШТУЧНИХ ВАНТАЖІВ	34
2.1 Напрями удосконалення транспортного процесу доставки тарно-штучних вантажів	34
2.2 Аналіз алгоритмів маршрутизації для оптимізації доставки вантажів	36
2.3 Аналіз можливостей застосування Ant-Logistics для маршрутизації доставки тарно-штучних вантажів.....	39
Висновки до розділу 2	43
3 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ МАРШРУТИЗАЦІЇ ДОСТАВКИ ТАРНО-ШТУЧНИХ ВАНТАЖІВ	46
3.1 Застосування Ant-Logistics для маршрутизації доставки тарно-штучних вантажів	46
3.2 Розрахунок техніко-експлуатаційних показників роботи автомобілів за отриманими маршрутами	54
3.3 Порівняльний аналіз техніко-експлуатаційних показників до та після маршрутизації	61
Висновки до розділу 3	66
4 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗАХОДІВ	67

4.1 Визначення собівартості перевезень рухомим складом підприємства	67
4.2 Оцінка підвищення ефективності доставки тарно-штучних вантажів	71
Висновки до розділу 4	73
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	75
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	77
ДОДАТКИ.....	81

ВСТУП

Актуальність теми. У сучасних умовах розвитку урбанізованих територій зростає частка тарно-штучних вантажів у загальному вантажообігу, що потребують ефективної організації транспортного процесу. Ця категорія вантажів відрізняється за вагою, формою, габаритами та типами пакування, що ускладнює процес їх доставки в умовах інтенсивного міського руху, обмеженої пропускної здатності вулично-дорожньої мережі та щільної структури клієнтських точок. Ефективність перевезення тарно-штучних вантажів безпосередньо впливає на забезпечення торговельних підприємств, стабільність функціонування логістичних ланцюгів та рівень транспортного навантаження на міську інфраструктуру.

Підвищення ефективності доставки потребує комплексного підходу, який включає вдосконалення організаційних, технічних, технологічних та інформаційних аспектів транспортного процесу. Водночас одним із ключових інструментів підвищення ефективності є оптимізація маршрутів. Застосування алгоритмів маршрутизації дозволяє мінімізувати порожній пробіг, скоротити час перевезення, підвищити ступінь використання вантажопідйомності автомобілів та зменшити витрати на паливно-мастильні матеріали.

Проблеми організації транспортного процесу доставки тарно-штучних вантажів та маршрутизації досліджували такі українські науковці, як : Гужевська Л. А., Даниленко І. В. [1], Загорянський В. Г., Мороз М. М., Король С. О [2], Тимчук О., Проценко Я., Парамонов А [3], Колій О.С. [4], Птиця Н.В., Ковцур К.Г. [4-5]. Застосування наукових розробок до організації доставки тарно-штучних вантажів із використанням алгоритмів маршрутизації та цифрових платформ, є надзвичайно актуальним у контексті сучасних тенденцій розвитку транспортної логістики, підвищення якості транспортних послуг та оптимізації витрат підприємств.

Метою магістерської роботи є дослідження технологій маршрутизації для удосконалення транспортного процесу доставки тарно-штучних вантажів у міжміському сполученні на прикладі ТОВ «ВЕСТОЛ».

На основі поставленої мети було сформульовано наступні завдання:

- 1) проаналізувати діяльність ТОВ «ВЕСТОЛ» та структуру напрямків перевезень підприємства;
- 2) проаналізувати роботу парку рухомого складу ТОВ «ВЕСТОЛ»;
- 3) проаналізувати існуючі маршрути доставки тарно-штучних вантажів та визначити техніко-експлуатаційні показники (ТЕП) роботи автомобілів на цих маршрутах;
- 4) визначити напрями удосконалення організації транспортного процесу доставки тарно-штучних вантажів;
- 5) проаналізувати сучасні алгоритми та методи маршрутизації вантажних перевезень;
- 6) побудувати раціональні маршрути доставки вантажів у системі Ant-Logistics та виконати розрахунок ТЕП;
- 7) провести порівняльний аналіз ТЕП до та після маршрутизації;
- 8) визначити собівартість перевезень рухомим складом підприємства;
- 9) розрахувати економічну ефективність впровадження маршрутизації з використанням платформи Ant-Logistics.

Об'єктом дослідження є транспортний процес доставки тарно-штучних вантажів у міжміському сполученні на прикладі ТОВ «ВЕСТОЛ».

Предметом дослідження є теоретичні, методичні та прикладні основи підвищення ефективності доставки тарно-штучних вантажів у міжміському сполученні.

Методи дослідження. У роботі використано системний підхід та комплекс наукових методів: аналіз і синтез, методи статистичного та економічного аналізу, математичне моделювання, алгоритмічний аналіз. Для оптимізації

маршрутної мережі застосовано елементи евристичних методів, зокрема алгоритм колонії мурах, реалізований у платформі Ant-Logistics.

Інформаційною базою дослідження є нормативно-правові документи у сфері автомобільних перевезень, підручники та наукові публікації щодо транспортних процесів, статті українських і зарубіжних дослідників з маршрутної оптимізації, звітна документація ТОВ «ВЕСТОЛ» та електронні ресурси.

Наукова новизна отриманих результатів. За допомогою алгоритму мурашиної колонії на платформі Ant-Logistics сформовано розвізні маршрути для ТОВ «ВЕСТОЛ» у міжміському сполученні, доведено економічну ефективність запропонованих рішень для підприємства.

Практичне значення одержаних результатів полягає у застосуванні алгоритму колонії мурах на платформі Ant-Logistics для удосконалення доставки тарно-штучних вантажів у міжміському сполученні та моделювання роботи парку рухомого складу ТОВ «ВЕСТОЛ» з використанням реальних даних.

Апробація результатів роботи. Основні положення роботи були оприлюднені на V студентській науково-технічній конференції факультету транспорту та механічної інженерії «Інноваційні технології в транспорті та механічній інженерії» (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк) та XVIII міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту» (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця).

За результатами дослідження опубліковано 2 тези доповідей.

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОРГАНІЗАЦІЇ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ ТОВ «ВЕСТОЛ»

1.1 Аналіз діяльності ТОВ «ВЕСТОЛ»

Товариство з обмеженою відповідальністю «ВЕСТОЛ» розпочало свою діяльність у 2014 році. Зареєстроване товариство за адресою: Луцький р-н, село Великий Омеляник, вул.Спортивна, будинок 1А. Код ЄДРПОУ – 39168576 [6].

ТОВ «ВЕСТОЛ» є українським підприємством, що здійснює діяльність у сфері оптової торгівлі мастильними матеріалами, технічними рідинами та супутніми товарами для автотранспорту. Основний вид діяльності згідно з класифікацією КВЕД — 46.71 «Оптова торгівля твердим, рідким, газоподібним паливом і подібними продуктами», що охоплює комплекс операцій із закупівлі, зберігання та реалізації моторних мастил, трансмісійних олів, технічних рідин та інших видів паливно-мастильних матеріалів.

Компанія спеціалізується на постачанні продукції для аграрних підприємств, будівельних організацій, автотранспортних компаній і приватних споживачів у Волинській, Рівненській та Житомирській областях. Асортимент ТОВ «ВЕСТОЛ» включає моторні оливи, трансмісійні мастила, гідравлічні рідини, фільтри та автокосметику, що дає можливість комплексно забезпечувати потреби транспортних засобів різних типів. Підприємство співпрацює з провідними українськими та міжнародними виробниками мастильних матеріалів, дотримуючись сучасних стандартів якості.

ТОВ «ВЕСТОЛ» надає такі основні послуги: оптова реалізація мастильних матеріалів, формування індивідуальних партій постачання, сезонне забезпечення аграрного сектору, консультування щодо підбору олів і технічних рідин, організація логістики та доставлення продукції. Наявність власного

складського комплексу та транспортних засобів забезпечує оперативне відвантаження товарів і стабільність постачання.

Важливим напрямом діяльності підприємства є організація вантажних перевезень, зокрема доставка мастильних матеріалів у каністрах, бочках та великій тарі. Для цього підприємство використовує власний парк вантажних автомобілів.

Варто додати, що ТОВ «ВЕСТОЛ» має чинну ліцензію на здійснення міжнародних вантажних перевезень, що дозволяє підприємству виконувати транспортування товарів за межі України відповідно до вимог чинного законодавства та європейських транспортних норм.

Підприємство постійно збільшує клієнтську базу, бере участь у сезонному забезпеченні агропідприємств паливно-мастильними матеріалами, співпрацює з будівельними й сервісними компаніями та активно розвиває міжнародний напрям перевезень, дотримуючись високих стандартів якості, безпеки та логістичної надійності.

Таблиця 1.1 – Аналіз показників діяльності ТОВ «ВЕСТОЛ» за 2022-2024 роки [7]

Показник	2022	2023	2024	Абсолютне відхилення, тис. грн.		Відносне відхилення, %	
				2023-2022	2024-2023	2023-2022	2024-2023
Дохід від реалізованих послуг, тис. грн.	6462,4	11297,6	16993,4	4835,2	5695,8	74,82	50,42
Собівартість реалізованих товарів та послуг, тис. грн.	4381,2	8120,1	9580,3	3738,9	1460,2	85,34	17,98
Прибуток, тис. грн.	-600,4	124,5	177,2	724,9	52,7	-120,74	42,33

Результати діяльності ТОВ «ВЕСТОЛ» представлено на Рисунку 1.1.

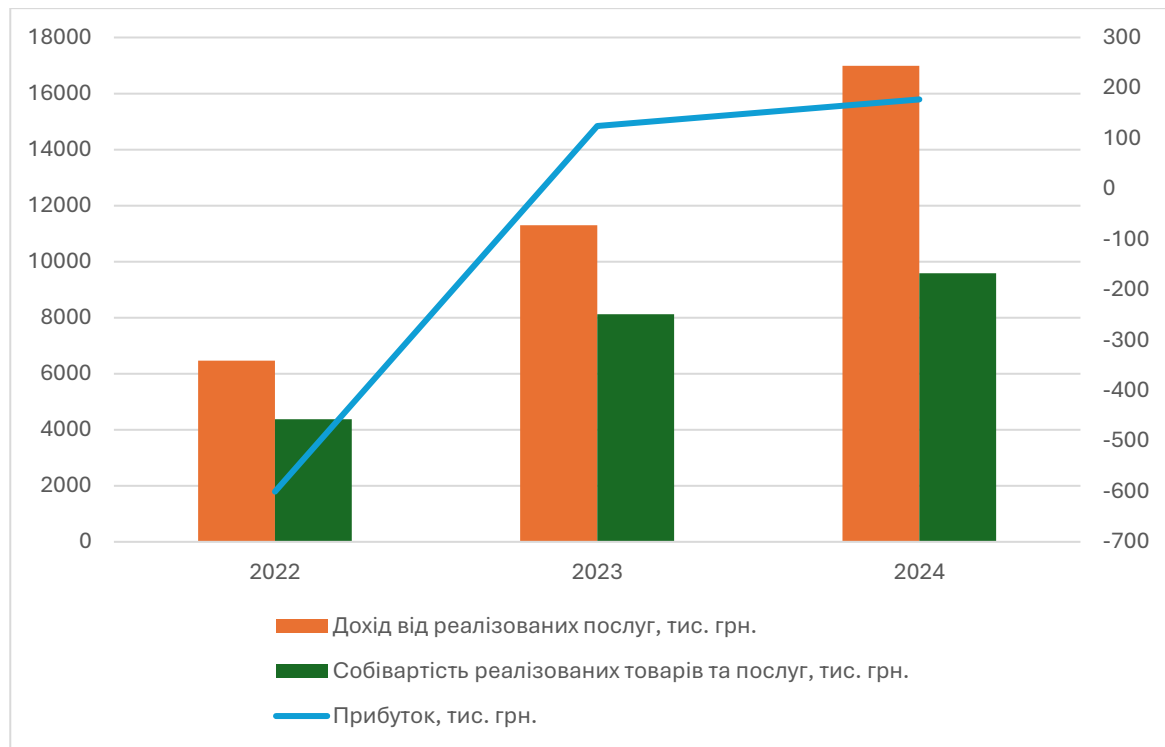


Рисунок 1.1 – Показники діяльності ТОВ «ВЕСТОЛ» за 2022 – 2024 роки, тис. грн.

Аналіз фінансових показників підприємства за 2022–2024 рр. показав, що результати діяльності демонструють переважно позитивну та стабільну динаміку розвитку. У 2022 році підприємство працювало збитково (–600,4 тис. грн), що було пов’язано з повномасштабним вторгненням, а також із частковим зниженням попиту, нестабільністю ринку та зростанням витрат. Проте вже у 2023 році спостерігається істотне покращення фінансових результатів: дохід від реалізованих послуг збільшився на 74,82 %, а підприємство отримало прибуток у розмірі 124,5 тис. грн.

У 2024 році тенденція зростання продовжується: обсяг доходів зріс ще на 50,42 % і досяг 16 993,4 тис. грн. Водночас темпи приросту собівартості значно сповільнилися (17,98 % проти 85,34 % у 2023 р.), що свідчить про підвищення ефективності використання ресурсів та оптимізацію витрат. Прибуток також збільшився — до 177,2 тис. грн — що забезпечило покращення рентабельності діяльності підприємства.

1.2 Аналіз структури вантажопотоків та напрямків перевезень підприємства

ТОВ «ВЕСТОЛ» спеціалізується на трьох основних видах вантажних перевезень.

Першим і ключовим напрямком є транспортування автотоварів. До цієї групи належать оливи та мастила у різних видах тари — від літрових і дволітрових каністр до п'ятилітрових упаковок та бочок. Підприємство переважно доставляє продукцію торгових марок Wolf, КСМ та Агрінол. Логістичні перевезення цієї категорії охоплюють міські та міжміські маршрути в межах Волинської, Львівської, Рівненської, Житомирської, Київської та Закарпатської областей. Окрім мастильних матеріалів, компанія забезпечує перевезення антифризів і акумуляторів.

Другим напрямком діяльності є транспортування інертних матеріалів — зокрема піску та різних фракцій щебеню. Ці перевезення здійснюються як усередині Волинської, Львівської, Рівненської та Житомирської областей, так і між ними.

Третім напрямком діяльності є міжнародні перевезення. Підприємство орієнтується на виконання регулярних та разових міжнародних рейсів, що охоплюють країни Європейського Союзу. Зазвичай, ТОВ «ВЕСТОЛ» транспортує широкий спектр вантажів — від автотоварів і будівельних матеріалів до супутньої продукції, необхідної для роботи сервісних та торговельних мереж.

1.3 Аналіз парку рухомого складу підприємства

Парк рухомого складу для перевезення налічує 10 транспортних засобів, проте для перевезення тарно-штучних вантажів автотранспортне підприємство використовує 2 автомобілі Ford Transit та 2 автомобілі Volkswagen Lt-46 вантажністю від 1,2 до 2,7 тонни. Розглянемо детальніше технічну характеристику даних автомобілів.



Рисунок 1.2 – Ford Transit

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики Ford Transit [8]

Характеристика	Значення
Рік випуску	2009
Колісна база	3300
Повна маса (кг)	3500
Вантажопідйомність (кг)	1178
Власна маса автомобіля (без навантаження) (кг)	2300
Кількість місць	2
Колісна формула	4x2
Двигун	2.0D MT F350 (130 к.с.)
Внутрішні розміри платформи, мм:	
довжина	3980
ширина	1974
висота	2015
Середня витрата палива, л /100 км	8
Розмір шин	195/70R15
Екологічний клас	EURO VI



Рисунок 1.3 – Volkswagen Lt-46

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики Volkswagen Lt-46 [9]

Характеристика	Значення
Рік випуску	2006
Колісна база	3550
Повна маса (кг)	4600
Вантажопідйомність (кг)	2713
Власна маса автомобіля (без навантаження) (кг)	1887
Кількість місць	3
Колісна формула	4x2
Двигун	2,5 TDI (95Hp)
Внутрішні розміри платформи, мм:	
довжина	4215
ширина	1736
висота	1855
Середня витрата палива, л /100 км	11,5
Розмір шин	195/70R15
Екологічний клас	EURO III

Проведений аналіз парку рухомого складу ТОВ «ВЕСТОЛ» показав, що для перевезення тарно-штучних вантажів використовується чотири автомобілі — два Ford Transit та два Volkswagen LT-46. Ці моделі є придатними для доставки вантажів різної маси та габаритів, оскільки характеризуються

достатньою вантажопідйомністю (1,2–2,7 т), місткими вантажними платформами та економічними дизельними двигунами. Автомобілі відрізняються як технічними параметрами, так і рівнем паливної ефективності: Ford Transit має меншу витрату палива та нижчу вантажопідйомність, тоді як Volkswagen LT-46 забезпечує перевезення важчих вантажів, але зі збільшеною витратою палива.

1.4 Аналіз існуючих маршрутів доставки тарно-штучних вантажів

ТОВ «ВЕСТОЛ» має орендовані складські приміщення, розміщені за адресою с. Городище-1, Волинська обл. Підприємство здійснює доставку замовлень клієнтів безпосередньо до їхніх об'єктів, а за потреби повертає тару назад на склад. При транспортуванні тарно-штучних вантажів водій, що отримує вантаж від одного відправника, повинен доставити його кільком одержувачам, послідовно відвідуючи кожен пункт та залишаючи необхідний обсяг вантажу.

Дані щодо обсягів вантажу, які підлягають доставці від складу до кожного одержувача та вивезенню від них, наведені в Таблиці 1.4. Місце розташування вантажоодержувачів представлено на карті на Рисунку 1.4.

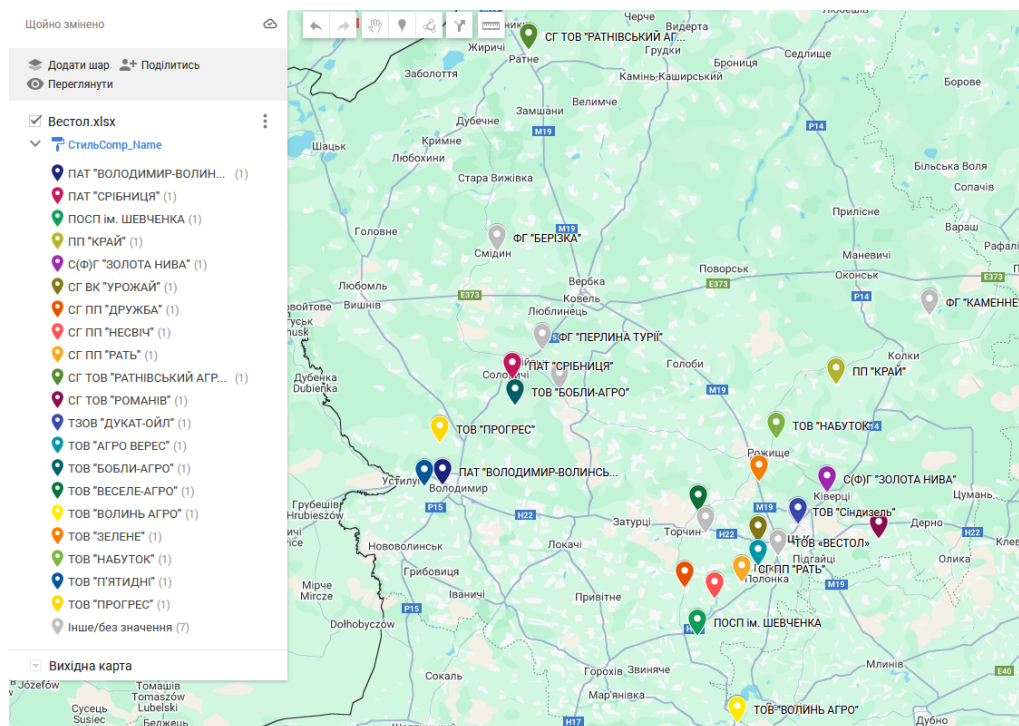


Рисунок 1.4 – Місце розташування вантажоодержувачів та складу

Таблиця 1.4 – Обсяги завезеного вантажу за 1 робочий день

№	Назва підприємства	Обсяг вантажу, кг	№	Назва підприємства	Обсяг вантажу, кг
1	ТОВ "Сіндизель"	360	14	ПП "КРАЙ"	162
2	ТЗОВ "ДУКАТ-ОЙЛ"	540	15	ФГ "БЕРІЗКА"	360
3	ТОВ "ВЕСЕЛЕ-АГРО"	405	16	ФГ "КАМЕННЕ"	180
4	СГ ТОВ "РОМАНІВ"	630	17	СГ ВК "УРОЖАЙ"	385
5	ТОВ ПК "УСИЧІ"	216	18	СГ ПП "ДРУЖБА"	270
6	ПАТ "ВОЛОДИМИР-ВОЛИНСЬКА ПТАХОФАБРИКА"	630	19	ТОВ "ВОЛИНЬ АГРО"	360
7	СГ ПП "РАТЬ"	385	20	ТОВ "АГРО ВЕРЕС"	540
8	ПАТ "СРІБНИЦЯ"	720	21	ТОВ "П'ЯТИДНІ"	270
9	ТОВ "ПРОГРЕС"	180	22	ТОВ "БОБЛИ-АГРО"	385
10	ТОВ "НАБУТОК"	800	23	ФГ "ПЕРЛИНА ТУРІЇ"	1100
11	ТОВ "ЗЕЛЕНЕ"	162	24	СГ ТОВ "РАТНІВСЬКИЙ АГРАРІЙ"	360
12	С(Ф)Г "ЗОЛОТА НИВА"	800	25	ПОСП ім. ШЕВЧЕНКА	385
13	СГ ПП "НЕСВІЧ"	720	26	ФГ "АМІЛІА"	90

Маршрути формує менеджер, без використання будь-яких цифрових платформ, залежно від обсягу вантажу у заявці та доступних автомобілів.

Проаналізуємо існуючі маршрути (Рисунки 1.5 – 1.18) за 1 робочий день та розрахуємо основні техніко-експлуатаційні показники (Таблиці 1.5 –1.16).

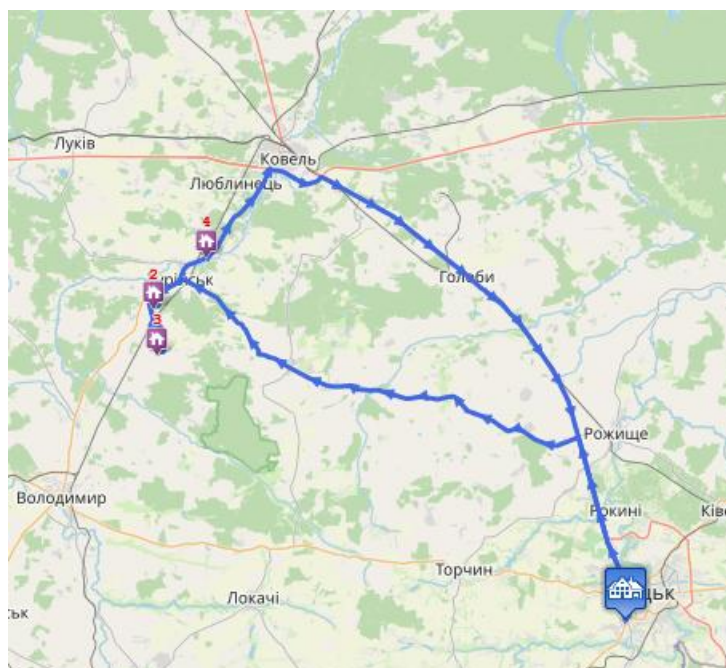


Рисунок 1.5 – Карта маршруту №1

№	Код	Назва	Адреса	Вага	Приїзд	Від'їзд	Відстань
1	0	Склад Вестол		0	07:00	07:00	0.00 км
2	8	ПАТ "СРІБНИЦЯ"		720	08:26	08:59	83.87 км
3	22	ТОВ "БОБЛИ-АГРО"		385	09:13	09:38	9.73 км
4	23	ФГ "ПЕРЛИНА ТУРІЇ"		1100	09:58	10:40	16.99 км
5	0	Склад Вестол		0	12:03	12:03	88.37 км

Рисунок 1.6 – План маршруту №1

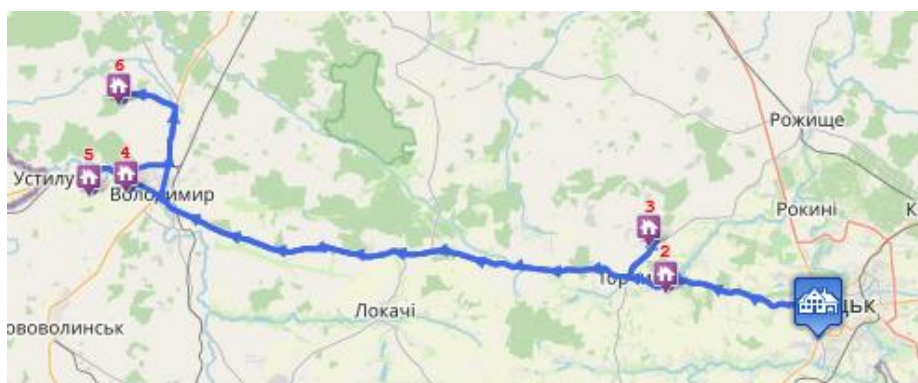


Рисунок 1.7 – Карта маршруту №2

№	▲	Код	Назва	Адреса	Вага	Приїзд	Від'їзд	Відстань
1		0	Склад Вестол		0	07:39	07:39	0.00 км
2		5	ТОВ ПК "УСИЧІ"		216	08:00	08:20	20.78 км
3		3	ТОВ "ВЕСЕЛЕ-АГРО"		405	08:31	08:56	10.10 км
4		6	ПАТ "ВОЛОДИМИР-ВОЛИНС		630	09:50	10:21	60.94 км
5		21	ТОВ "П'ЯТИДНІ"		270	10:30	10:52	8.69 км
6		9	ТОВ "ПРОГРЕС"		180	11:15	11:35	23.66 км
7		0	Склад Вестол		0	13:03	13:03	91.74 км

Рисунок 1.8 – План маршруту №2

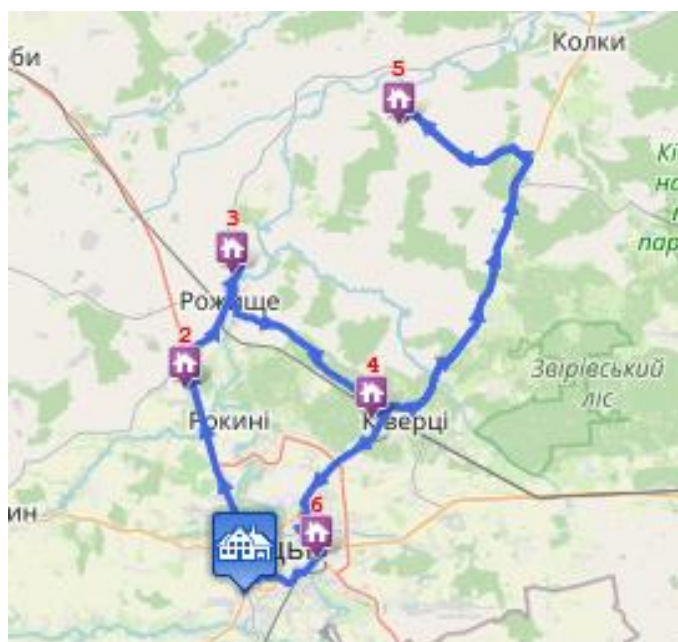


Рисунок 1.9 – Карта маршруту №3

№	▲	Код	Назва	Адреса	Вага	Приїзд	Від'їзд	Відстань
1		0	Склад Вестол		0	12:13	12:13	0.00 км
2		11	ТОВ "ЗЕЛЕНЕ"		162	12:33	12:52	17.45 км
3		10	ТОВ "НАБУТОК"		800	13:04	13:39	10.94 км
4		12	С(Ф)Г "ЗОЛОТА НИВА"		800	14:00	14:35	20.10 км
5		14	ПП "КРАЙ"		162	15:14	15:33	37.56 км
6		16	ФГ "КАМЕННЕ"		180	16:32	16:52	51.88 км
7		0	Склад Вестол		0	17:08	17:08	8.82 км

Рисунок 1.10 – План маршруту №3

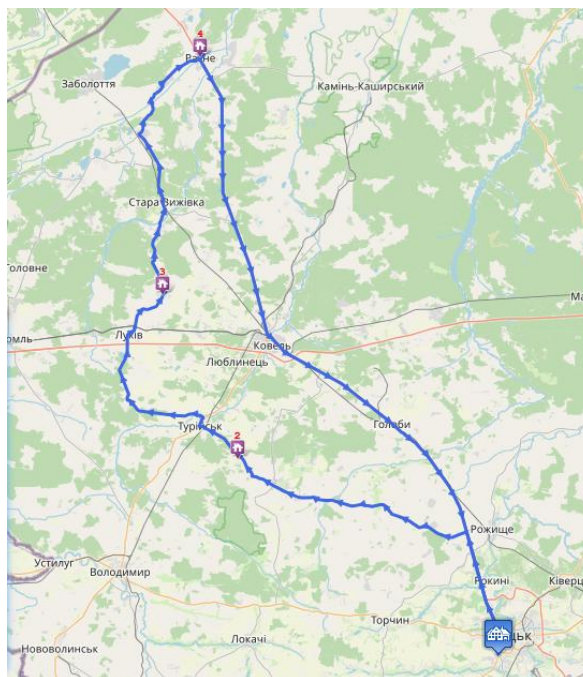


Рисунок 1.11 – Карта маршруту №4

№	Код	Назва	Адреса	Вага	Приїзд	Від'їзд	Відстань	Г
1	0	Склад Вестоп		0	08:00	08:00	0.00 км	
2	26	ФГ "АМІЛА"		90	09:11	09:28	69.67 км	
3	15	ФГ "БЕРІЗКА"		360	10:19	10:43	50.13 км	
4	24	СГ ТОВ "РАТНІВСЬКИЙ АГРА		360	11:36	12:00	52.13 км	
5	0	Склад Вестоп		0	13:52	13:52	127.92 км	

Рисунок 1.12 – План маршруту №4

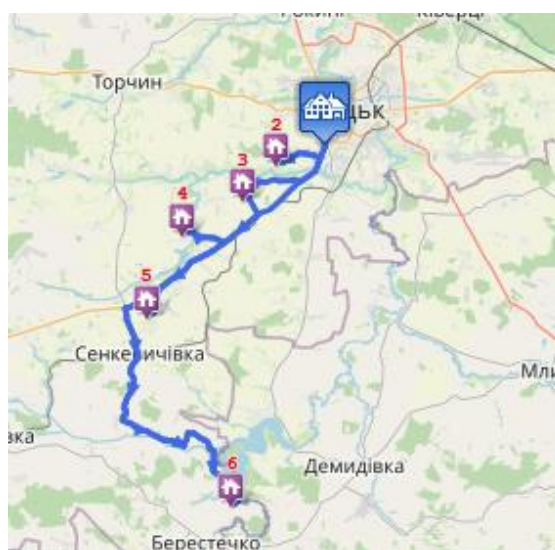


Рисунок 1.13 – Карта маршруту №5

№	Код	Назва	Адреса	Вага	Приїзд	Від'їзд	Відстань
1	0	Склад Вестол		0	13:13	13:13	0.00 км
2	20	ТОВ "АГРО ВЕРЕС"		540	13:20	13:48	5.97 км
3	7	СГ ПП "РАТЬ"		385	14:08	14:33	14.09 км
4	13	СГ ПП "НЕСВІЧ"		720	14:45	15:18	10.59 км
5	25	ПОСП ім. ШЕВЧЕНКА		385	15:35	16:00	14.76 км
6	19	ТОВ "ВОЛИНЬ АГРО"		360	16:53	17:17	36.99 км
7	0	Склад Вестол		0	18:25	18:25	57.12 км

Рисунок 1.14 – План маршруту №5

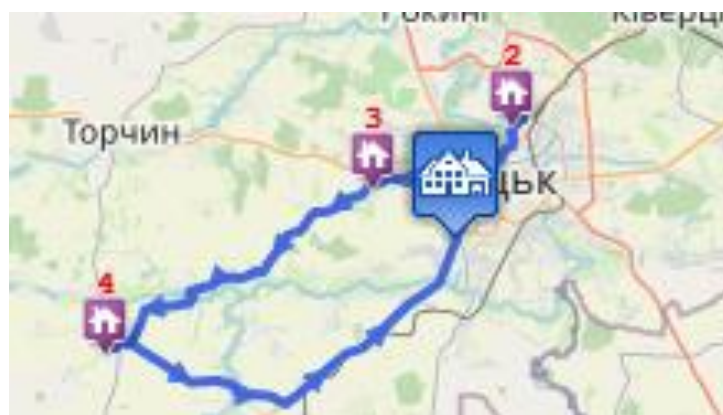


Рисунок 1.15 – Карта маршруту №6

№	Код	Назва	Адреса	Вага	Приїзд	Від'їзд	Відстань
1	0	Склад Вестол		0	08:00	08:00	0.00 км
2	1	ТОВ "Сіндизель"		360	08:14	08:38	9.27 км
3	17	СГ ВК "УРОЖАЙ"		385	08:55	09:20	11.12 км
4	18	СГ ПП "ДРУЖБА"		270	09:51	10:13	21.12 км
5	0	Склад Вестол		0	10:45	10:45	26.12 км

Рисунок 1.16 – План маршруту №6

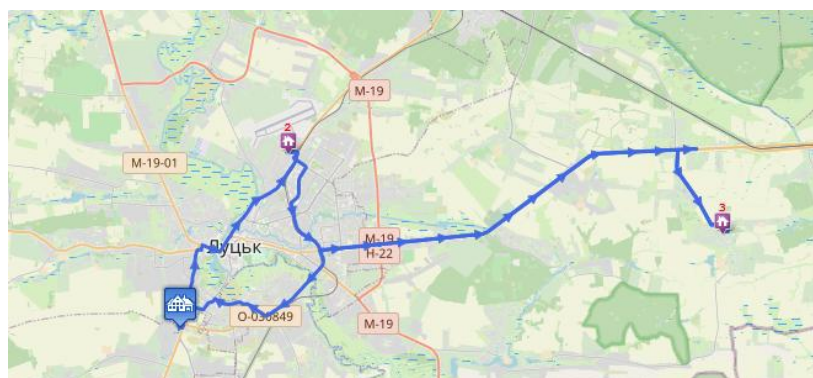


Рисунок 1.17 – Карта маршруту №7

№	▲	Код	Назва	Адреса	Вага	Приїзд	Від'їзд	Відстань	Примітки
1		0	Склад Вестоп		0	10:55	10:55	0.00 км	
2		2	ТЗОВ "ДУКАТ-ОЙЛ"		540	11:09	11:37	9.74 км	
3		4	СГ ТОВ "РОМАНІВ"		630	12:11	12:42	24.66 км	
4		0	Склад Вестоп		0	13:21	13:21	29.21 км	

Рисунок 1.18 – План маршруту №7

Проведемо оцінку техніко-експлуатаційних показників на існуючих маршрутах із застосуванням методики, описаної у рекомендаціях [10].

1. Кількість пунктів заводу вантажу на маршруті (визначається візуально), n_z

Таблиця 1.5 – Кількість пунктів заводу вантажу на маршруті

№ маршруту	Кількість пунктів заводу вантажу
1	3
2	5
3	5
4	3
5	5
6	3
7	2

2. Довжина розвізного маршруту, l_m , км:

$$l_m = \sum_{i=1}^n l_i, \quad (1.1)$$

де n – кількість пунктів заводу вантажів на маршруті;

Таблиця 1.6 – Довжина розвізного маршруту

№ маршруту	Маршрут	Довжина розвізного маршруту
1	P0→P8→P22→P23→P0	198,96
2	P0→P5→P3→P6→P21→P9→P0	215,91
3	P0→P11→P10→P12→P14→P16→P0	146,31
4	P0→P26→P15→P24→P0	299,85
5	P0→P20→P7→P13→P25→P19→P0	139,52
6	P0→P1→P17→P18→P0	67,63
7	P0→P2→P4→P0	63,61

$$l_{m1} = 83.87 + 9.73 + 16.99 + 88.37 = 198.96 \text{ км}$$

$$l_{m2} = 20.78 + 10.1 + 60.94 + 8.69 + 23.66 + 91.74 = 215.91 \text{ км}$$

$$l_{m3} = 17.45 + 10.94 + 20.1 + 37.56 + 51.88 + 8.38 = 146.31 \text{ км}$$

$$l_{m4} = 69.67 + 50.13 + 52.13 + 127.92 = 299.85 \text{ км}$$

$$l_{m5} = 5.97 + 14.09 + 10.59 + 14.76 + 36.99 + 57.12 = 139.52 \text{ км}$$

$$l_{m6} = 9.27 + 11.12 + 21.12 + 26.12 = 67.63 \text{ км}$$

$$l_{m7} = 9.74 + 24.66 + 29.21 = 63.61 \text{ км}$$

3. Довжина вантажної їздки на маршруті, l_B , км:

$$l_B = \sum_{i=1}^{n-1} l_i, \quad (1.2)$$

де $n-1$ – кількість пунктів заводу вантажів на маршруті без кінцевої точки (повернення на склад);

Таблиця 1.7 – Довжина вантажної їздки на маршруті

№ маршруту	Маршрут	Довжина вантажної їздки на маршруті
1	P0→P8→P22→P23→P0	110,59
2	P0→P5→P3→P6→P21→P9→P0	124,17
3	P0→P11→P10→P12→P14→P16→P0	137,93
4	P0→P26→P15→P24→P0	171,93
5	P0→P20→P7→P13→P25→P19→P0	82,4
6	P0→P1→P17→P18→P0	41,51
7	P0→P2→P4→P0	34,4

$$l_{B1} = 83.87 + 9.73 + 16.99 = 110.59 \text{ км}$$

$$l_{B2} = 20.78 + 10.1 + 60.94 + 8.69 + 23.66 = 124.17 \text{ км}$$

$$l_{B3} = 17.45 + 10.94 + 20.1 + 37.56 + 51.88 = 137.93 \text{ км}$$

$$l_{B4} = 69.67 + 50.13 + 52.13 = 171.93 \text{ км}$$

$$l_{B5} = 5.97 + 14.09 + 10.59 + 14.76 + 36.99 = 82.4 \text{ км}$$

$$l_{B6} = 9.27 + 11.12 + 21.12 = 41.51 \text{ км}$$

$$l_{B7} = 9.74 + 24.66 = 34.4 \text{ км}$$

4. Середня відстань доставки вантажу, $\bar{l}_i$, км:

$$\bar{l}_i = \frac{\sum_{i=1}^{n_3} l_i}{n_3}, \quad (1.3)$$

де l_i – відстань доставки вантажу від вантажовідправника до вантажоотримувача, км;

Таблиця 1.8 – Середня відстань доставки вантажу

№ маршруту	Маршрут	Середня відстань доставки вантажу
1	P0→P8→P22→P23→P0	36,86
2	P0→P5→P3→P6→P21→P9→P0	24,83
3	P0→P11→P10→P12→P14→P16→P0	27,59
4	P0→P26→P15→P24→P0	57,31
5	P0→P20→P7→P13→P25→P19→P0	16,48
6	P0→P1→P17→P18→P0	13,84
7	P0→P2→P4→P0	17,2

$$\bar{l}_1 = \frac{110.59}{3.0} = 36.86 \text{ км}$$

$$\bar{l}_2 = \frac{124.17}{5.0} = 24.83 \text{ км}$$

$$\bar{l}_3 = \frac{137.93}{5.0} = 27.59 \text{ км}$$

$$\bar{l}_4 = \frac{171.93}{3.0} = 57.31 \text{ км}$$

$$\bar{l}_5 = \frac{82.4}{5.0} = 16.48 \text{ км}$$

$$\bar{l}_6 = \frac{41.51}{3.0} = 13.84 \text{ км}$$

$$\bar{l}_7 = \frac{34.4}{2.0} = 17.2 \text{ км}$$

5. Коефіцієнт використання пробігу автомобіля

$$\beta = \frac{l_B}{l_M} \quad (1.4)$$

Таблиця 1.9 – Коефіцієнт використання пробігу автомобіля

№ маршруту	Маршрут	Коефіцієнт використання пробігу автомобіля
1	P0→P8→P22→P23→P0	0,56
2	P0→P5→P3→P6→P21→P9→P0	0,58
3	P0→P11→P10→P12→P14→P16→P0	0,94
4	P0→P26→P15→P24→P0	0,57
5	P0→P20→P7→P13→P25→P19→P0	0,59
6	P0→P1→P17→P18→P0	0,61
7	P0→P2→P4→P0	0,54

$$\beta_1 = \frac{110.59}{198.96} = 0.56$$

$$\beta_2 = \frac{124.17}{215.91} = 0.58$$

$$\beta_3 = \frac{137.93}{146.31} = 0.94$$

$$\beta_4 = \frac{171.93}{299.85} = 0.57$$

$$\beta_5 = \frac{82.4}{139.52} = 0.59$$

$$\beta_6 = \frac{41.51}{67.63} = 0.61$$

$$\beta_7 = \frac{34.4}{63.61} = 0.54$$

6. Обсяг перевезення на маршруті, P_i , кг:

$$P_i = \sum_{i=1}^{n_3} g_{pi}, \quad (1.5)$$

де g_{pi} – розмір завезеної партії вантажу, кг;

Таблиця 1.10 – Обсяг перевезення на маршруті

№ маршруту	Маршрут	Обсяг перевезення на маршруті
1	P0→P8→P22→P23→P0	2205
2	P0→P5→P3→P6→P21→P9→P0	1701
3	P0→P11→P10→P12→P14→P16→P0	2104
4	P0→P26→P15→P24→P0	810
5	P0→P20→P7→P13→P25→P19→P0	2390
6	P0→P1→P17→P18→P0	1015
7	P0→P2→P4→P0	1170

$$P_1 = 720 + 385 + 1100 = 2205 \text{ кг}$$

$$P_2 = 216 + 405 + 630 + 270 + 180 = 1701 \text{ кг}$$

$$P_3 = 162 + 800 + 800 + 162 + 180 = 2104 \text{ кг}$$

$$P_4 = 90 + 360 + 360 = 810 \text{ кг}$$

$$P_5 = 540 + 385 + 720 + 385 + 360 = 2390 \text{ кг}$$

$$P_6 = 360 + 385 + 270 = 1015 \text{ кг}$$

$$P_7 = 540 + 630 = 1170 \text{ кг}$$

7. Коефіцієнт використання вантажопідйомності, γ_{pi} :

$$\gamma_{pi} = \frac{\sum_{i=1}^n g_{pi}}{q}, \quad (1.6)$$

Таблиця 1.11 – Коефіцієнт використання вантажопідйомності

№ маршруту	Маршрут	Коефіцієнт використання вантажопідйомності
1	P0→P8→P22→P23→P0	0,82
2	P0→P5→P3→P6→P21→P9→P0	0,63
3	P0→P11→P10→P12→P14→P16→P0	0,78
4	P0→P26→P15→P24→P0	0,68
5	P0→P20→P7→P13→P25→P19→P0	0,89
6	P0→P1→P17→P18→P0	0,85
7	P0→P2→P4→P0	0,97

$$\gamma_{p1} = \frac{2205}{2700} = 0.82$$

$$\gamma_{p2} = \frac{1701}{2700} = 0.63$$

$$\gamma_{p3} = \frac{2104}{2700} = 0.78$$

$$\gamma_{p4} = \frac{810}{1200} = 0.68$$

$$\gamma_{p5} = \frac{2390}{2700} = 0.89$$

$$\gamma_{p6} = \frac{1015}{1200} = 0.85$$

$$\gamma_{p7} = \frac{1170}{1200} = 0.97$$

8. Середній розмір завезеної партії вантажу, $\overline{g_{pi}}$, кг:

Таблиця 1.12 – Середній розмір завезеної партії вантажу

№ маршруту	Маршрут	Середній розмір завезеної партії вантажу
1	P0→P8→P22→P23→P0	738
2	P0→P5→P3→P6→P21→P9→P0	340,2
3	P0→P11→P10→P12→P14→P16→P0	421,2
4	P0→P26→P15→P24→P0	272
5	P0→P20→P7→P13→P25→P19→P0	480,6
6	P0→P1→P17→P18→P0	340
7	P0→P2→P4→P0	582

$$\overline{g_{p1}} = 2700 \times \frac{0.82}{3} = 738.0 \text{ кг}$$

$$\overline{g_{p2}} = 2700 \times \frac{0.63}{5} = 340.2 \text{ кг}$$

$$\overline{g_{p3}} = 2700 \times \frac{0.78}{5} = 421.2 \text{ кг}$$

$$\overline{g_{p4}} = 1200 \times \frac{0.68}{3} = 272.0 \text{ кг}$$

$$\overline{g_{p5}} = 2700 \times \frac{0.89}{5} = 480.6 \text{ кг}$$

$$\overline{g_{p6}} = 1200 \times \frac{0.85}{3} = 340.0 \text{ кг}$$

$$\overline{g_{p7}} = 1200 \times \frac{0.97}{2} = 582.0 \text{ кг}$$

9. Час обороту автомобіля на маршруті, t_{mi} , год:

$$t_{mi} = \frac{l_{mi}}{v_t} + n \cdot t_{пз} + 2 \sum_{i=1}^n c_i \cdot t_{пр}, \quad (1.7)$$

$t_{пз}$ – час підготовчо-заклучних операцій в 1 пункті, год.

$t_{пр}$ – час виконання навантаження-розвантаження 1 кг вантажу, год.

За даними підприємства показник $t_{пз}$ становить 15 хв або 0,25 год. При ручному навантаженні-розвантаженні автомобіля $t_{пр}$ становить близько 0,025 хв для 1 кг вантажу, v_t для маршрутів наведена Таблиці 1.13.

Таблиця 1.13 – Середня швидкість автомобілів на маршрутах

№ маршруту	Середня швидкість автомобілів на маршрутах
1	59
2	63
3	53
4	63
5	47
6	43
7	44

Таблиця 1.14 – Час обороту автомобіля на маршруті

№ маршруту	Маршрут	Час обороту автомобіля на маршруті
1	P0→P8→P22→P23→P0	5,04
2	P0→P5→P3→P6→P21→P9→P0	5,39
3	P0→P11→P10→P12→P14→P16→P0	4,89
4	P0→P26→P15→P24→P0	5,85
5	P0→P20→P7→P13→P25→P19→P0	5,21
6	P0→P1→P17→P18→P0	2,75
7	P0→P2→P4→P0	2,43

$$\begin{aligned}
t_{m1} &= \frac{198.96}{59} + 0.025 \times \frac{2205}{60} + 3 \times 0.25 = 5.04 \text{ год} \\
t_{m2} &= \frac{215.91}{63} + 0.025 \times \frac{1701}{60} + 5 \times 0.25 = 5.39 \text{ год} \\
t_{m3} &= \frac{146.31}{53} + 0.025 \times \frac{2104}{60} + 5 \times 0.25 = 4.89 \text{ год} \\
t_{m4} &= \frac{299.85}{63} + 0.025 \times \frac{810}{60} + 3 \times 0.25 = 5.85 \text{ год} \\
t_{m5} &= \frac{139.52}{47} + 0.025 \times \frac{2390}{60} + 5 \times 0.25 = 5.21 \text{ год} \\
t_{m6} &= \frac{67.63}{43} + 0.025 \times \frac{1015}{60} + 3 \times 0.25 = 2.75 \text{ год} \\
t_{m7} &= \frac{63.61}{44} + 0.025 \times \frac{1170}{60} + 2 \times 0.25 = 2.43 \text{ год}
\end{aligned}$$

10. Годи́нна продуктивність автомобілів на маршрутах, $P_{\text{год}}$, кг/год:

$$P_{\text{год}} = \frac{q \times \gamma \times (1 + k_c)}{t_{mi}} \times \left(1 - \frac{l_n}{v_t \times T_n}\right), \quad (1.8)$$

де l_n – нульовий пробіг транспортного засобу, км;

k_c – коефіцієнт супутнього збору, на розвізному маршруті $k_c = 1$.

Таблиця 1.15 – Годи́нна продуктивність автомобілів на маршрутах

№ маршруту	Маршрут	Годи́нна продуктивність автомобілів на маршрутах
1	P0→P8→P22→P23→P0	366,18
2	P0→P5→P3→P6→P21→P9→P0	264,52
3	P0→P11→P10→P12→P14→P16→P0	423,11
4	P0→P26→P15→P24→P0	243,04
5	P0→P20→P7→P13→P25→P19→P0	398,95
6	P0→P1→P17→P18→P0	778,22
7	P0→P2→P4→P0	447,21

$$P_{\text{год1}} = \frac{2700 \times 0.82 \times (1 + 0.0)}{5.04} \times \left(1.0 - \frac{88.37}{59 \times 10.0}\right) = 373.49 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

$$P_{\text{год2}} = \frac{2700 \times 0.63 \times (1 + 0.0)}{5.39} \times \left(1.0 - \frac{91.74}{63 \times 10.0}\right) = 269.63 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

$$P_{\text{год3}} = \frac{2700 \times 0.78 \times (1 + 0.0)}{4.89} \times \left(1.0 - \frac{8.38}{53 \times 10.0}\right) = 423.87 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

$$P_{\text{год4}} = \frac{1200 \times 0.68 \times (1 + 0.0)}{5.85} \times \left(1.0 - \frac{127.92}{63 \times 10.0}\right) = 111.16 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

$$P_{\text{год5}} = \frac{2700 \times 0.89 \times (1 + 0.0)}{5.21} \times \left(1.0 - \frac{57.12}{47 \times 10.0}\right) = 405.17 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

$$P_{\text{год6}} = \frac{1200 \times 0.85 \times (1 + 0.0)}{2.75} \times \left(1.0 - \frac{26.12}{43 \times 10.0}\right) = 348.38 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

$$P_{\text{год7}} = \frac{1200 \times 0.97 \times (1 + 0.0)}{2.43} \times \left(1.0 - \frac{29.21}{44 \times 10.0}\right) = 447.21 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

Таблиця 1.16 – Техніко-експлуатаційні показники транспортних засобів на існуючих маршрутах ТОВ «ВЕСТОЛ»

№ маршруту	l_m	l_v	$\bar{l}_i$	β	P	γ	$\overline{g_{pi}}$	$t_{об}$	$P_{год}$
1	198,96	110,59	36,86	0,82	2205	0,82	373,49	5,04	738
2	215,91	124,17	24,83	0,63	1701	0,63	269,63	5,39	340,2
3	146,31	137,93	27,59	0,78	2104	0,78	423,87	4,89	421,2
4	299,85	171,93	57,31	0,68	810	0,68	111,16	5,85	272
5	139,52	82,4	16,48	0,89	2390	0,89	405,17	5,21	480,6
6	67,63	41,51	13,84	0,85	1015	0,85	348,38	2,75	340
7	63,61	34,4	17,2	0,97	1170	0,97	447,21	2,43	582
Середнє значення	161,7	100,4	27,7	0,8	1627,86	0,8	339,8	4,5	453,4
Сумарне значення	1131,8	702,9	—	—	11395,0	—	—	31,6	3174,0

Отже, результати розрахунків техніко-експлуатаційних показників на семи існуючих маршрутах ТОВ «ВЕСТОЛ» показують, що середня довжина розвізного маршруту становить 161,7 км, а середня довжина вантажної їздки –

100,4 км. Середня відстань доставки вантажу дорівнює 27,7 км, а середній коефіцієнт використання пробігу становить 0,8, що характеризує маршрути як достатньо раціонально сформовані з незначною часткою порожнього пробігу. Середній обсяг перевезення на маршруті складає 1627,86 кг, а коефіцієнт використання вантажопідйомності змінюється у межах 0,63...0,97, що свідчить про недостатній рівень завантаження транспортних засобів у випадку мінімальних значень. Середній розмір партії вантажу становить 339,8 кг, середній час обороту автомобіля — 4,5 год, а середня годинна продуктивність — 453,4 т·км/год.

При цьому загальна довжина розвізних маршрутів становить 1131,8 км, а сумарна довжина вантажної їздки — 702,9 км. Загальний обсяг перевезеного вантажу на всіх маршрутах досягає 11 395 кг, а сумарний час обороту транспортних засобів становить 31,6 год

Загалом отримані показники демонструють достатньо ефективну організацію транспортного процесу, проте окремі маршрути можуть бути оптимізовані за рахунок маршрутизації та підвищення рівня використання вантажопідйомності.

Висновки до розділу 1

У першому розділі було проведено аналіз діяльності ТОВ «ВЕСТОЛ», що дозволив оцінити ключові аспекти функціонування підприємства, його фінансово-економічні результати, структуру вантажопотоків та організацію транспортного процесу. Підприємство, засноване у 2014 році, спеціалізується на оптовій торгівлі мастильними матеріалами, технічними рідинами та супутніми товарами для автотранспорту. Аналіз фінансових показників за 2022–2024 роки засвідчив переважно позитивну динаміку розвитку.

Структура вантажопотоків ТОВ «ВЕСТОЛ» охоплює три основні напрями: перевезення автотоварів (оливи, мастила, технічні рідини, акумулятори),

транспортування інертних матеріалів (пісок, щебінь різних фракцій) та виконання міжнародних перевезень різноманітних вантажів для торговельних, сервісних та будівельних компаній. Географія перевезень включає Волинську, Львівську, Рівненську, Житомирську, Київську та Закарпатську області.

Парк рухомого складу підприємства налічує 10 транспортних засобів, серед яких для перевезення тарно-штучних вантажів використовуються, зокрема, автомобілі Ford Transit та Volkswagen LT-46 вантажопідйомністю від 1,2 до 2,7 т.

Розрахунок техніко-експлуатаційних показників роботи транспортних засобів на семи існуючих маршрутах доставки тарно-штучних вантажів показав, що загальна довжина маршрутів становить 1131,8 км, загальна довжина вантажної їздки – 702,9 км, загальний обсяг перевезеного вантажу – 11 395 кг, а загальний час обороту транспортних засобів – 31,6 год. Проте визначені коефіцієнти використання вантажопідйомності на окремих маршрутах свідчать про доцільність подальшої оптимізації маршрутної мережі та логістичних рішень (у тому числі із залученням сучасних методів маршрутизації).

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ ДОСТАВКИ ТАРНО-ШТУЧНИХ ВАНТАЖІВ

2.1 Напрями удосконалення транспортного процесу доставки тарно-штучних вантажів

У сучасних умовах розвитку урбанізованих територій значна частина вантажообігу припадає на тарно-штучні вантажі, що потребують ефективної організації транспортного процесу. Ці вантажі характеризуються різноманітністю форми, маси, габаритів і типів пакування, тому їх доставка у міському сполученні вимагає комплексного підходу. Ефективність доставки таких вантажів безпосередньо впливає на рівень забезпечення торговельних підприємств, функціонування логістичних ланцюгів та транспортне навантаження на інфраструктуру міста.

Підвищення ефективності транспортного процесу доставки тарно-штучних вантажів у міських умовах потребує системного підходу, який охоплює організаційні, технічні, технологічні та інформаційні напрями вдосконалення. Одним із ключових напрямів є оптимізація маршрутів перевезень. Застосування алгоритмів маршрутизації дає змогу мінімізувати порожній пробіг, скоротити час доставки й зменшити витрати на паливо. Використання спеціалізованих програмних продуктів для оптимізації, наприклад, ANT-Logistics, дозволяє враховувати стан дорожньої мережі, часові обмеження на в'їзд у центральні зони міста, графіки роботи складів і клієнтів [11].

Другим важливим напрямом є впровадження інформаційних технологій в управління міськими перевезеннями. Транспортно-логістичні компанії активно використовують системи GPS-моніторингу, управлінські системи для транспорту та аналітичні модулі для відстеження маршрутів і місцезнаходження транспортних засобів у реальному часі. Такі рішення

сприяють підвищенню точності планування, скороченню простоїв та дозволяють ефективно контролювати всі етапи транспортування [12].

Наступним напрямом є удосконалення процесів пакування та навантажувально-розвантажувальних операцій. Ефективна організація цих операцій забезпечує збереження вантажів і скорочує час простою транспортних засобів під час обробки вантажів. Важливим є впровадження модульних систем пакування, уніфікації тари та автоматизації навантажувально-розвантажувальних операцій. Раціональне планування завантаження транспортних засобів підвищує коефіцієнт використання пробігу та зменшує експлуатаційні витрати [13].

Окремої уваги заслуговує підвищення ефективності використання рухомого складу. Для цього доцільним є оновлення автопарку за рахунок малотоннажних, маневрених і енергоефективних транспортних засобів, що відповідають екологічним вимогам. Використання електровантажівок та гібридних авто дає змогу суттєво знизити рівень викидів та шуму, що особливо важливо для центральних районів міст.

Важливим є також впровадження концепцій міської логістики, спрямованих на зменшення транспортного навантаження та покращення екологічної ситуації. Серед них – створення міських центрів консолідації вантажів, що дозволяють об'єднувати вантажопотоки різних операторів для спільної доставки. Такий підхід зменшує кількість рейсів у межах міста, оптимізує використання ресурсів та скорочує викиди CO₂. Реалізація концепції “доставки останньої милі” з використанням електроавтомобілів є перспективним напрямом для великих міст України [14].

Ефективність зазначених заходів можна оцінювати за допомогою техніко-експлуатаційних та вартісних показників, зокрема: коефіцієнт використання пробігу, собівартість перевезень, витрати палива, середній час доставки та відсоток вчасно виконаних замовлень. Комплексний аналіз цих показників

дозволяє визначити оптимальні шляхи модернізації транспортних процесів і підвищити їх ефективність [15].

Отже, підвищення ефективності транспортного процесу доставки тарно-штучних вантажів у міському сполученні вимагає застосування комплексного підходу. Оптимізація маршрутів, використання інформаційних технологій, удосконалення вантажних операцій, модернізація рухомого складу та розвиток міських логістичних систем забезпечать зниження витрат, покращення екологічних показників і підвищення якості транспортного обслуговування.

2.2 Аналіз алгоритмів маршрутизації для оптимізації доставки вантажів

Раціональна організація маршрутів під час перевезення вантажів є одним із визначальних чинників підвищення ефективності роботи автотранспортних підприємств і логістичних провайдерів. Від правильності побудови маршрутів залежить економія паливних ресурсів, скорочення часу доставки та оптимальне завантаження парку транспортних засобів. У сучасній логістичній практиці для розв’язання задач маршрутизації найчастіше використовують метод Кларка–Райта, алгоритм Дейкстри та метоевристичний алгоритм колонії мурах (Ant Colony Optimization, ACO).

Метод Кларка–Райта належить до класичних евристичних підходів, що формують маршрути за принципом максимізації ефекту «економії» часу або пробігу. Його ключовими перевагами є висока швидкість отримання результатів і простота практичної реалізації. Сутність алгоритму полягає у побудові раціональних маршрутів зі впорядкованими точками доставки та підборі відповідної кількості транспортних засобів із необхідною вантажопідйомністю [4]. Як показують дослідження [1;16], похибка отриманих рішень становить не більше 5–10 %, а до основних переваг методу відносять гнучкість, надійність і можливість врахування додаткових обмежень — від

рівня завантаження автомобіля до комбінування збірних і розвізних поїздок. У вдосконалених модифікаціях алгоритм демонструє середнє відхилення лише 0,14 % від оптимального результату на тестових вибірках [4], проте його ефективність знижується за складних умов, зокрема при наявності часових вікон або декількох вантажовідправників.

Алгоритм Дейкстри використовується для визначення найкоротших шляхів між вершинами графа [17] і забезпечує абсолютну точність обчислень. Водночас він не призначений для багатоточкових задач маршрутизації та не враховує логістичних обмежень, тому його застосування найчастіше обмежується побудовою матриць відстаней або пошуком локально оптимальних маршрутів між окремими пунктами [18].

Алгоритм колонії мурах належить до групи метаевристичних методів, що моделюють колективну поведінку комах у процесі пошуку найкращих шляхів. Завдяки механізмам самоорганізації й використанню «феромонних слідів» АСО-алгоритм ефективно адаптується до складних та змінних умов. За результатами досліджень [19], відхилення знайдених цим методом маршрутів від оптимальних рішень зазвичай не перевищує 1–2 %, а швидкість його роботи є цілком прийнятною для задач середнього масштабу.

Було здійснено порівняльний аналіз наведених алгоритмів маршрутизації за такими ключовими критеріями, як точність отриманих рішень (ступінь наближення до оптимального результату), гнучкість (здатність враховувати різноманітні обмеження) та складність практичного використання. Узагальнені результати наведено в таблиці 2.1.

Попри те, що метод Кларка–Райта забезпечує вищу точність для відносно простих задач побудови маршрутів, на практиці значно більш ефективним виявляється алгоритм колонії мурах. Завдяки стохастичному підходу до пошуку рішень і адаптивному феромонному механізму він здатний результативно працювати в умовах змінного транспортного навантаження, різноманітного рухомого складу та складних логістичних обмежень. Це робить

мурашиний алгоритм оптимальним інструментом для динамічної маршрутизації, де точні методи не справляються з оперативною перебудовою маршрутів.

Таблиця 2.1 – Порівняння алгоритмів маршрутизації для оптимізації доставки вантажів

Ознака	Метод Кларка-Райта	Мурашиний алгоритм	Алгоритм Дейкстри
Точність	У вдосконалених модифікаціях забезпечує лише 0,14 % відхилення від оптимального рішення [1;16].	Має високу якість наближення — похибка становить близько 1–2 % на типовій задачі маршрутизації [19]; добре масштабується за наявності реальних логістичних обмежень [3;20].	Дозволяє точно знаходити найкоротший шлях між двома вершинами, проте без додаткових процедур не придатний для задач із багатьма пунктами доставки [17; 18].
Гнучкість та врахування обмежень	Порівняно невисока: враховує переважно базові обмеження (вантажопідйомність, робочий час тощо) [1;4; 16].	Висока: алгоритм підтримує роботу з часовими вікнами, обмеженнями вантажопідйомності, пріоритетами та змінним попитом [3;19; 20].	Низька: не враховує логістичних обмежень та додаткових умов [18].
Складність застосування	Середня: має просту реалізацію, може бути виконаний навіть у табличних середовищах (Excel, Visual Basic), що робить метод зручним для невеликих транспортних компаній [1;16;21].	Висока: потребує ретельного налаштування параметрів (α , β , ρ), вибору кількості ітерацій та калібрування моделі [3;19;20].	Середня: реалізується більшістю мов програмування; необхідними є матриця відстаней та список вершин графа [17; 22].

На сьогодні українські логістичні компанії мають можливість використовувати алгоритм колонії мурах у прикладному середовищі завдяки впровадженню платформи Ant-Logistics. Програмний комплекс Ant-Logistics [23] містить практичну реалізацію вдосконаленого АСО-алгоритму для оптимізації маршрутів у реальному часі. Система автоматично враховує географічне розташування клієнтів, часові вікна, пріоритетність замовлень,

технічні параметри транспорту та динамічні чинники, такі як дорожній трафік чи погодні умови. За інформацією розробників, використання цього програмного продукту дозволило українським підприємствам скоротити логістичні витрати на 20–25 % і підвищити ефективність використання автопарку [23; 24].

Результати порівняльного аналізу [25] свідчать про те, що найкращий ефект у плануванні маршрутів досягається шляхом комбінування класичних евристичних і метаевристичних підходів. Метод Кларка–Райта є доцільним для швидкої побудови розвізно-збірних схем за умов стабільного характеру перевезень, тоді як алгоритм колонії мурах забезпечує високу гнучкість та адаптивність у ситуаціях, де необхідно враховувати часові обмеження, місткість транспортних засобів та змінність дорожньої обстановки. Алгоритм Дейкстри, у свою чергу, доцільно використовувати як допоміжний інструмент для формування матриць найкоротших відстаней у транспортній мережі.

2.3 Аналіз можливостей застосування Ant-Logistics для маршрутизації доставки тарно-штучних вантажів

Сучасні підприємства, що працюють у сфері міської дистрибуції та доставки тарно-штучних вантажів, зіштовхуються з необхідністю швидко та ефективно планувати транспортні маршрути. Велика кількість точок доставки, різні часові обмеження, вимоги до вантажів, завантаженість доріг та параметри рухомого складу унеможливають ручне формування маршрутів. У таких умовах доцільним є застосування спеціалізованих ІТ-рішень. Однією з найбільш ефективних платформ є Ant-Logistics, принцип роботи якої базується на алгоритмах оптимізації, зокрема на мурашиному алгоритмі (Ant Colony Optimization – ACO)

Ant-Logistics — це хмарний сервіс для автоматизованого планування маршрутів, який використовує актуальні карти OpenStreetMap та дозволяє враховувати широкий спектр параметрів доставки [23]. У платформі передбачено можливість налаштування:

- вантажопідйомності та типу транспортного засобу;
- габаритів та маси вантажу;
- часових вікон роботи складів та торгових точок;
- швидкісних обмежень та категорій доріг;
- тривалості завантаження/розвантаження;
- обмежень щодо перевантаження;
- тарифікації (за тону або кілометр пробігу)/

Система дозволяє формувати маршрути, розподіляти точки доставки між автомобілями, аналізувати завантаження машин та генерувати кошторис транспортних витрат. Вбудована аналітична панель дає змогу оцінити продуктивність маршрутів, кількість зупинок, пробіг кожного автомобіля тощо (аналітичний інтерфейс наведено на рис. На сторінці 5 статті)

Мурашині колонії (*Ant Systems*) – ще один приклад природного явища, що надихнув на створення нового підходу до розв’язання задач комбінаторної оптимізації [19;20]. Ідея алгоритму виникла внаслідок спостережень за поведінкою реальних мурах під час пошуку їжі. Рухаючись довкіллям, мурахи залишають на шляху феромонні сліди – хімічні мітки, кількість яких залежить від довжини маршруту та якості знайденої їжі (Рисунок 2.1).

Ці сліди діють як сигнали для інших мурах, які згодом частіше обирають ті маршрути, де концентрація феромонів вища. У такий спосіб формується ефективна система колективного пошуку, де інформація про вдалі шляхи акумулюється та підсилюється з часом.

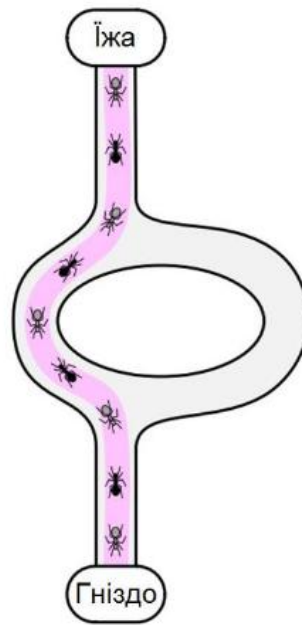


Рисунок 2.1 Вибір найкоротшого шляху мурашиною колонією під час пошуку ресурсів (їжі)

Мурашиний алгоритм належить до класу природних евристичних методів і базується на моделюванні поведінки колонії мурах під час пошуку найкоротших шляхів. Як зазначено у статті [26], алгоритм АСО ґрунтується на кількох ключових принципах:

1. Пам'ять агента (ant memory) – кожна “мураха” зберігає список відвіданих точок, що запобігає повторному поверненню на ті ж вузли графа.
2. Бачення (visibility) – евристична оцінка, обернено пропорційна довжині ребра:

$$\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}, \quad (2.1)$$

Тобто чим ближча наступна вершина, тим вища ймовірність її вибору.

3. Феромонний слід (pheromone trail) – кожен маршрут має певний рівень феромону $\tau_{ij}(t)$, який відображає його привабливість.
4. Ймовірність вибору наступної точки визначається співвідношенням феромону та евристики:

$$P_{ij}^k(t) = \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{l \in J_{i,k}} [\tau_{il}(t)]^\alpha [\eta_{il}]^\beta}, \quad (2.2)$$

де α — важливість феромонного сліду,

β — вага евристичного фактора (жадібності)

1. Випаровування феромонів — зменшує їх значення з часом, щоб уникнути “залипання” алгоритму на локальному оптимумі.

2. Підсилення феромону відбувається на найбільш вдалих (коротких) маршрутах.

У підсумку АСО імітує процес колективного вибору найефективнішого маршруту шляхом багаторазового повторення циклів пошуку, оновлення феромонів і перерахунку ймовірностей.

Алгоритм роботи платформи Ant-Logistics

Алгоритм формування маршрутів у Ant-Logistics включає наступні кроки:

1. Внесення параметрів складу (довідник складів): адреса, час роботи, час завантаження, контактні дані.

2. Додавання транспортних засобів (довідник автомобілів): вантажопідйомність (т/м³), середня швидкість, графік роботи, обмеження, тарифікація.

3. Задання параметрів обліку та обмежень:

- спосіб обліку вантажу (кг, шт., м³)
- швидкість завантаження/розвантаження
- максимальне допустиме перевантаження.

4. Завантаження переліку торгових точок: адреси, координати, обсяг замовлення, часові вікна, контакти. Система автоматично геокодує точки за допомогою OpenStreetMap.

5. Запуск оптимізації: платформа запускає АСО-алгоритм, тоді “мурахи” проходять граф можливих маршрутів, після цього проводиться багатоцикловий пошук оптимів.

6. Формування оптимального набору маршрутів з урахуванням:

- мінімального пробігу;
- максимального завантаження авто;
- часових обмежень;
- пріоритетів доставки.

7. Аналітика й перевірка рішень: користувач отримує готові маршрути, пробіг, час доставки, завантаження ТЗ, вартість.

За даними дослідження [26], у порівнянні з алгоритмом Кларка-Райта, платформа Ant-Logistics продемонструвала значно кращі результати: загальний пробіг транспортних засобів зменшився на 13,4 %, час доставки скоротився на 11,8 %, а вантажообіг — на 11 %. Отримані показники переконливо свідчать про високу ефективність мурашиного алгоритму (ACO) у вирішенні складних задач міської логістики та оптимізації маршрутів доставки.

Висновки до розділу 2

У другому розділі було розглянуто організацію транспортного процесу доставки тарно-штучних вантажів у міському та міжміському сполученні та визначено основні напрями його вдосконалення. Встановлено, що тарно-штучні вантажі характеризуються значною різноманітністю за вагою, габаритами та типами пакування, що ускладнює їх перевезення в умовах щільного міського руху та розгалуженої мережі споживачів. Підвищення ефективності доставки таких вантажів вимагає комплексного підходу, який поєднує оптимізацію маршрутів, впровадження інформаційних технологій, удосконалення вантажних операцій, модернізацію рухомого складу та розвиток міських логістичних концепцій (центри консолідації вантажів, “остання миля”, використання малотоннажних та екологічних ТЗ). Ефективність цих заходів доцільно оцінювати за системою техніко-експлуатаційних та вартісних

показників (коефіцієнт використання пробігу і вантажопідйомності, собівартість перевезень, час доставки, своєчасність виконання замовлень).

Проаналізовано алгоритми маршрутизації, які можуть бути використані для оптимізації доставки тарно-штучних вантажів. Проведено порівняння класичного методу Кларка–Райта, алгоритму Дейкстри та метаевристичного алгоритму колонії мурах. Встановлено, що метод Кларка–Райта є простим у реалізації та придатним для невеликих транспортних підприємств, забезпечуючи прийнятний рівень точності рішень, однак має обмежені можливості щодо врахування складних обмежень. Алгоритм Дейкстри гарантує точний пошук найкоротшого шляху між двома вершинами, проте самостійно не розв’язує багатоточкових задач маршрутизації та фактично виконує допоміжну роль (формування матриць відстаней). Натомість алгоритм колонії мурах (АСО) продемонстрував високу гнучкість і здатність ефективно працювати в умовах складних логістичних обмежень (часові вікна, різна вантажопідйомність, пріоритети доставки, змінний трафік), забезпечуючи відхилення від оптимального рішення на рівні лише 1–2 %.

У подальшому було детально проаналізовано платформу Ant-Logistics як практичну реалізацію мурашиного алгоритму для задач міської дистрибуції тарно-штучних вантажів. Виявлено, що сервіс Ant-Logistics дозволяє враховувати вантажопідйомність та тип транспортних засобів, часові вікна роботи складів і клієнтів, параметри навантаження та розвантаження, обмеження щодо перевантаження й тарифікації. Мурашиний алгоритм у платформі забезпечує автоматизоване формування маршрутів, розподіл торгових точок між автомобілями, контроль пробігу, завантаження та вартості рейсів, а також надає розвинені аналітичні інструменти для оцінки ефективності прийнятих рішень. За результатами наведених у розділі досліджень, впровадження Ant-Logistics дозволяє зменшити загальний пробіг автомобілів, скоротити час доставки та знизити транспортні витрати, що

підтверджує доцільність використання мурашиного алгоритму в реальних умовах для маршрутизації.

3 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ МАРШРУТИЗАЦІЇ ДОСТАВКИ ТАРНО-ШТУЧНИХ ВАНТАЖІВ

3.1 Застосування Ant-Logistics для маршрутизації доставки тарно-штучних вантажів

Для побудови оптимальних маршрутів доставки тарно-штучних вантажів у системі Ant-Logistics необхідним етапом є формування вхідного масиву даних щодо клієнтів, які підлягають обслуговуванню. Вихідна заявка містить ключові параметри кожної точки доставки — режим роботи, тривалість розвантаження, обсяг вантажу та географічні координати. Саме ці дані надалі використовуються системою для розрахунку часу прибуття, завантаження транспортних засобів та побудови маршруту з урахуванням часових і логістичних обмежень.

На основі заявок на доставку вантажів формуємо файл, що містить наступні параметри:

- Comp_Name — назва підприємства-одержувача вантажу.
- TimeWork_Beg / TimeWork_End — час початку та завершення роботи точки, що визначає допустиме вікно для доставки.
- Unload_Time — орієнтовна тривалість розвантаження в хвилинали.
- QtyW — обсяг або вага партії вантажу, яка підлягає доставці.
- lat / lng — географічні координати, що використовуються для точного визначення місцезнаходження точки на карті.

Приклад даних наведено у таблиці 3.1. Повністю інформацію наведено у Додатку А.1.

Таблиця 3.1 – Приклад таблиці даних для завантаження у Ant-Logistics

№	Comp_Name	TimeWork_Beg	TimeWork_End	Unload_Time	QtyW	lat	lng
1	ТОВ "Сіндизель"	8:00	19:00	24	360	50.77658	25.34514
2	ТЗОВ "ДУКАТ-ОЙЛ"	8:00	19:00	29	540	50.77824	25.35187
3	ТОВ "ВЕСЕЛЕ-АГРО"	8:00	19:00	25	405	50.80305	25.04861
4	СГ ТОВ "РОМАНІВ"	8:00	19:00	31	630	50.75009	25.59441
5	ТОВ ПК "УСИЧІ"	8:00	19:00	20	216	50.76049	25.07117

На довідник «Машини» вносимо перелік транспортних засобів, задіяних у маршрутизації, із зазначенням їх основних характеристик. Для кожного автомобіля наведено його назву, тип (вантажний), вантажопідйомність у кілограмах, час початку роботи (08:00) та призначеного водія. Оскільки підприємство використовує по 2 автомобілі моделі *Volkswagen LT-46* і *Ford Transit*, то у програму заносимо їх з позначкою 2 (Рисунок 3.1).

▼ **Машини [4]**

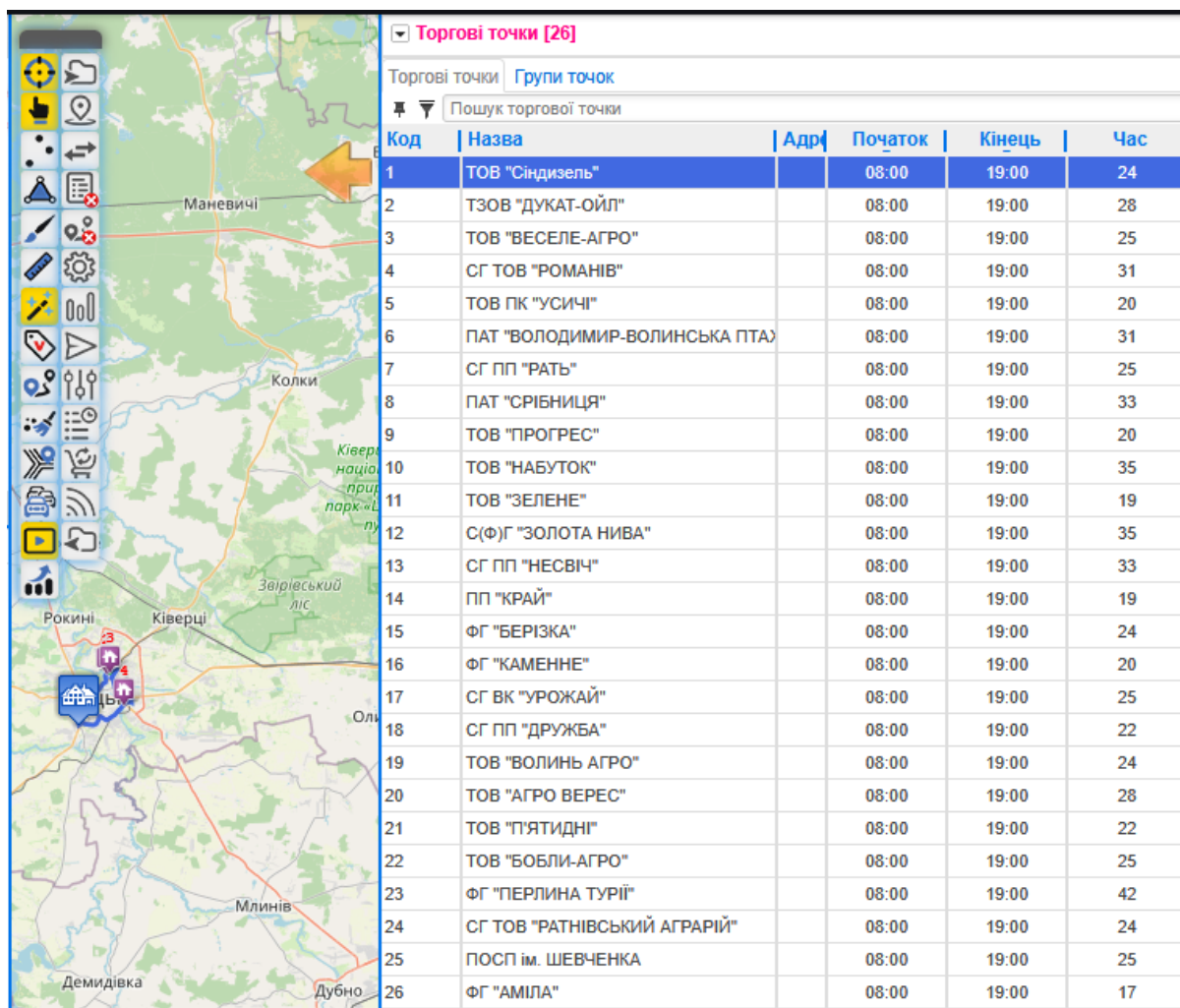
Машини [Групи машин](#)

▼ Пошук машини

Код ▲	Назва	Тип авто	Вантажопідй	Середня	Початок	Водій
1	Volkswagen LT-46	Вантажний	2700	■	08:00	Водій Петренко Пе
3	Ford Transit	Вантажний	1200	■	08:00	Водій Дмитрук Дми
4	Volkswagen LT-46_2	Вантажний	2700	■	08:00	Водій Петренко Пе
5	Ford Transit_2	Вантажний	1200	■	08:00	Водій Дмитрук Дми

Рисунок 3.1 – Заповнений довідник автомобілів

Переносимо завантажені торговельні точки із вхідного файлу до робочої заявки в системі Ant-Logistics. Таким чином, після імпорту даних система формує структурований список точок доставки, які стають вхідними параметрами для подальшої оптимізації маршрутів.



Торгові точки [26]

Торгові точки | Групи точок

Пошук торгової точки

Код	Назва	Адреса	Початок	Кінець	Час
1	ТОВ "Сіндизель"		08:00	19:00	24
2	ТЗОВ "ДУКАТ-ОЙЛ"		08:00	19:00	28
3	ТОВ "ВЕСЕЛЕ-АГРО"		08:00	19:00	25
4	СГ ТОВ "РОМАНІВ"		08:00	19:00	31
5	ТОВ ПК "УСИЧІ"		08:00	19:00	20
6	ПАТ "ВОЛОДИМИР-ВОЛИНЬСЬКА ПТА"		08:00	19:00	31
7	СГ ПП "РАТЬ"		08:00	19:00	25
8	ПАТ "СРІБНИЦЯ"		08:00	19:00	33
9	ТОВ "ПРОГРЕС"		08:00	19:00	20
10	ТОВ "НАБУТОК"		08:00	19:00	35
11	ТОВ "ЗЕЛЕНЕ"		08:00	19:00	19
12	С(Ф)Г "ЗОЛОТА НИВА"		08:00	19:00	35
13	СГ ПП "НЕСВИЧ"		08:00	19:00	33
14	ПП "КРАЙ"		08:00	19:00	19
15	ФГ "БЕРІЗКА"		08:00	19:00	24
16	ФГ "КАМЕННЕ"		08:00	19:00	20
17	СГ ВК "УРОЖАЙ"		08:00	19:00	25
18	СГ ПП "ДРУЖБА"		08:00	19:00	22
19	ТОВ "ВОЛИНЬ АГРО"		08:00	19:00	24
20	ТОВ "АГРО ВЕРЕС"		08:00	19:00	28
21	ТОВ "П'ЯТИДНІ"		08:00	19:00	22
22	ТОВ "БОБЛИ-АГРО"		08:00	19:00	25
23	ФГ "ПЕРЛИНА ТУРІЇ"		08:00	19:00	42
24	СГ ТОВ "РАТНІВСЬКИЙ АГРАРІЙ"		08:00	19:00	24
25	ПОСП ім. ШЕВЧЕНКА		08:00	19:00	25
26	ФГ "АМІЛА"		08:00	19:00	17

Рисунок 3.2 – Довідник вантажоодержувачів у Ant-Logistics

На етапі формування маршрутів система Ant-Logistics відображає всі завантажені торговельні точки та доступні транспортні засоби, що можуть бути залучені до доставки. У лівій частині інтерфейсу показано 26 точок із відповідними параметрами та сумарною вагою замовлень, тоді як у правій частині подано перелік автомобілів, серед яких користувач обирає ті, що братимуть участь у маршрутизації. Після позначення потрібних автомобілів система враховує їхні технічні характеристики та доступність, формує оптимальну комбінацію ресурсів і переходить до етапу розрахунку маршрутів.

Формування маршрутів на дату: 24.11.2025

Група налаштувань: Загальна

Доповнити існуючі маршрути

Кількість точок: 26

Вага: 11395

Вантаж: 7800

Авто: 4

№	Назва	Адреса	Код	Номер заї	Код	Назва	Тип авто	Вантажопідй	Середня	Початок	Кінець
1	ТОВ "Сіндизель"		1		1	Volkswagen LT-46	Вантажний	2700		08:00	
2	ТЗОВ "ДУКАТ-ОЙЛ"		2		3	Ford Transit	Вантажний	1200		08:00	
3	ТОВ "БЕСЕЛЕ-АГРО"		3		4	Volkswagen LT-46_2	Вантажний	2700		08:00	
4	СГ ТОВ "РОМАНІВ"		4		5	Ford Transit_2	Вантажний	1200		08:00	
5	ТОВ ПК "УСИЧ"		5								
6	ПАТ "ВОЛОДИМИР-ВОЛИНЬСЬКА ПТА"		6								
7	СГ ПП "РАТЬ"		7								
8	ПАТ "СРІБНИЦЯ"		8								
9	ТОВ "ПРОГРЕС"		9								
10	ТОВ "НАБУТОК"		10								
11	ТОВ "ЗЕЛЕНЕ"		11								
12	С(Ф)Г "ЗОЛОТА НИВА"		12								
13	СГ ПП "НЕСВИЧ"		13								
14	ПП "КРАЙ"		14								
15	ФГ "БЕРІЗКА"		15								
16	ФГ "КАМЕННЕ"		16								
17	СГ ВК "УРОЖАЙ"		17								
18	СГ ПП "ДРУЖБА"		18								
19	ТОВ "ВОЛИНЬ АГРО"		19								

Пошук торгової точки

Пошук авто

Додаткові налаштування

Перевірка рішення

Розрахувати маршрути

Скасувати

Рисунок 3.3 – Розрахунок маршрутів у Ant-Logistics

У результаті роботи платформи отримуємо 6 маршрутів, загальний пробіг на маршрутах становить 954,26 км, а обсяг вантажу 11395 кг.

Пробіг: 954.26 км | ТТ: 26 | Вага: 11,395.00 | Витрати: 954 |

№	Авто	Відстань	Витрати	Точок	Приб	Вага	Тривал	Сер.швидкість	Водій	Поч.
1	Volkswagen LT-46_2	228.82 км	229	5	0	2,475	06:09	59 км/г	Водій Петренко Г	07:00
2	Volkswagen LT-46	136.06 км	136	3	0	1,592	04:05	51 км/г	Водій Петренко Г	07:27
3	Ford Transit_2	24.41 км	24	3	0	1,080	01:52	37 км/г	Водій Дмитрук Д	08:00
4	Volkswagen LT-46_2	141.50 км	141	6	0	2,660	05:39	47 км/г	Водій Петренко Г	13:19
5	Volkswagen LT-46	362.33 км	362	6	0	2,582	08:12	65 км/г	Водій Петренко Г	11:42
6	Ford Transit_2	61.15 км	61	3	0	1,006	02:13	58 км/г	Водій Дмитрук Д	10:02

Рисунок 3.4 – Результату планування маршрутів у Ant-Logistics

Розглянемо кожен із запропонованих програмою маршрутів детальніше.

Перший сформований маршрут починається та завершується на складі ТОВ «Вестол», що є вихідною та кінцевою точкою рейсу. Після виїзду о 07:00 транспортний засіб послідовно відвідує шість клієнтів, доставляючи партії вантажу різного обсягу. Для кожної з точок система визначає час прибуття, тривалість перебування та відстань між адресами, що дозволяє отримати деталізовану картину руху. Загальна протяжність маршруту становить 91,74 км, а завершення доставки відбувається о 13:09 з поверненням на склад. Така

структурована послідовність дозволяє оцінити завантаження, часові інтервали та ефективність виконання рейсу.

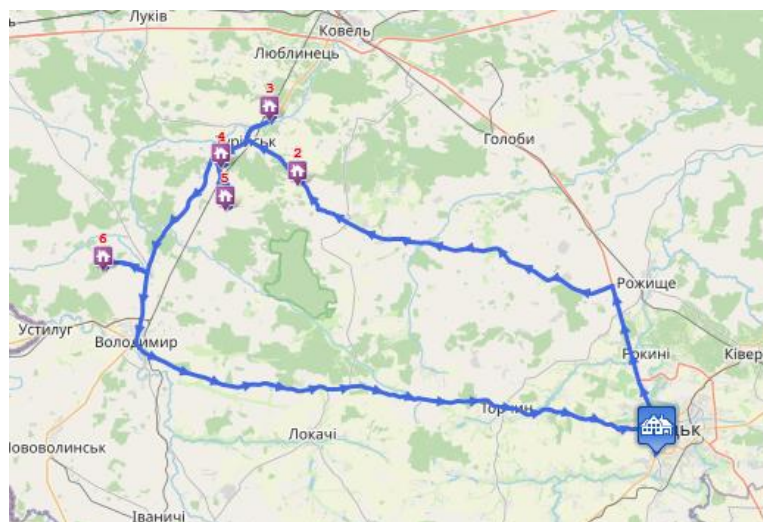


Рисунок 3.5 – Карта маршруту №1

№	▲	Код	Назва	Адреса	Вага	Приїзд	Від'їзд	Відстань
1		0	Склад Вестол		0	07:00	07:00	0.00 км
2		26	ФГ "АМІЛА"		90	08:11	08:28	69.67 км
3		23	ФГ "ПЕРЛИНА ТУРІЇ"		1100	08:43	09:25	14.93 км
4		8	ПАТ "СРІБНИЦЯ"		720	09:36	10:09	10.29 км
5		22	ТОВ "БОБЛИ-АГРО"		385	10:23	10:48	9.73 км
6		9	ТОВ "ПРОГРЕС"		180	11:22	11:42	32.45 км
7		0	Склад Вестол		0	13:09	13:09	91.74 км

Рисунок 3.6 – План маршруту №1

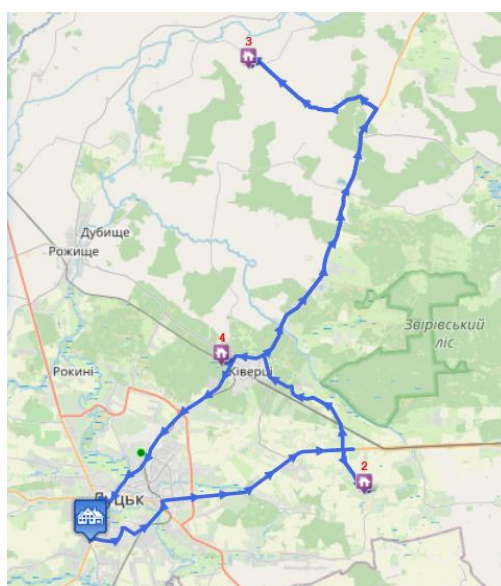


Рисунок 3.7 – Карта маршруту №2

№	▲	Код	Назва	Адреса	Вага	Приїзд	Від'їзд	Відстань
1		0	Склад Вестол		0	07:27	07:27	0.00 км
2		4	СГ ТОВ "РОМАНІВ"		630	08:00	08:31	27.50 км
3		14	ПП "КРАЙ"		162	09:31	09:50	50.85 км
4		12	С(Ф)Г "ЗОЛОТА НИВА"		800	10:29	11:04	37.56 км
5		0	Склад Вестол		0	11:32	11:32	20.15 км

Рисунок 3.8 – План маршруту №2

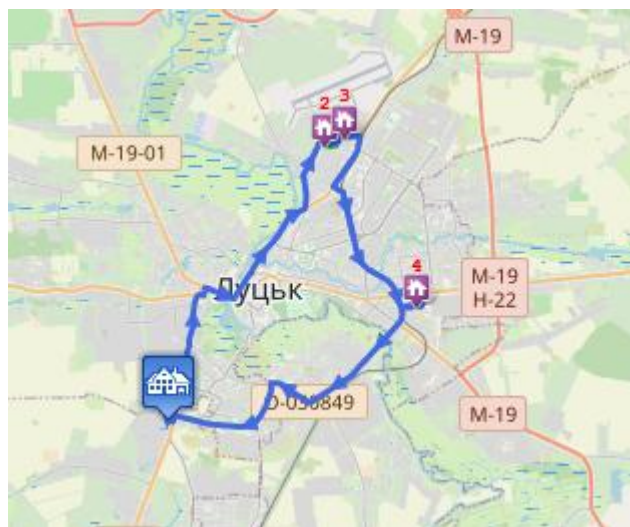


Рисунок 3.9 – Карта маршруту №3

№	▲	Код	Назва	Адреса	Вага	Приїзд	Від'їзд	Відстань
1		0	Склад Вестол		0	08:00	08:00	0.00 км
2		1	ТОВ "Сіндизель"		360	08:14	08:38	9.27 км
3		2	ТЗОВ "ДУКАТ-ОЙЛ"		540	08:41	09:09	0.94 км
4		16	ФГ "КАМЕННЕ"		180	09:20	09:40	5.81 км
5		0	Склад Вестол		0	09:52	09:52	8.38 км

Рисунок 3.10 – План маршруту №3

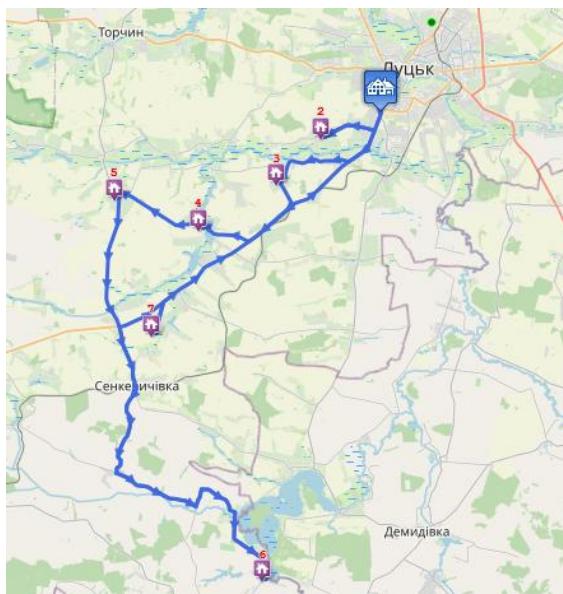


Рисунок 3.11 – Карта маршруту №4

№	▲	Код	Назва	Адреса	Вага	Приїзд	Від'їзд	Відстань
1		0	Склад Вестол		0	13:19	13:19	0.00 км
2		20	ТОВ "АГРО ВЕРЕС"		540	13:26	13:54	5.97 км
3		7	СГ ПП "РАТЬ"		385	14:14	14:39	14.08 км
4		13	СГ ПП "НЕСВІЧ"		720	14:51	15:24	10.59 км
5		18	СГ ПП "ДРУЖБА"		270	15:35	15:57	7.71 км
6		19	ТОВ "ВОЛИНЬ АГРО"		360	16:53	17:17	40.60 км
7		25	ПОСП ім. ШЕВЧЕНКА		385	18:10	18:35	36.99 км
8		0	Склад Вестол		0	18:58	18:58	25.55 км

Рисунок 3.12 – План маршруту №4

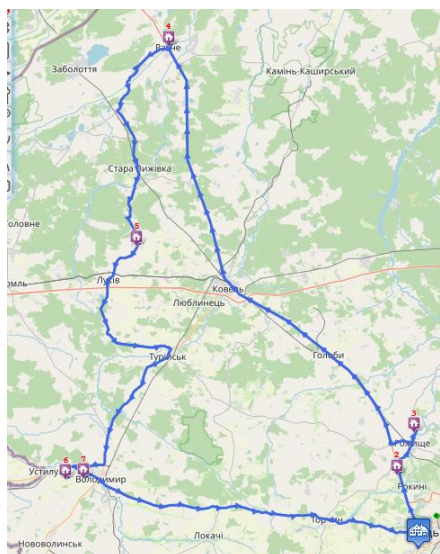


Рисунок 3.13 – Карта маршруту №5

№	▲	Код	Назва	Адреса	Вага	Приїзд	Від'їзд	Відстань
1		0	Склад Вестол		0	11:42	11:42	0.00 км
2		11	ТОВ "ЗЕЛЕНЕ"		162	12:02	12:21	17.45 км
3		10	ТОВ "НАБУТОК"		800	12:33	13:08	10.94 км
4		24	СГ ТОВ "РАТНІВСЬКИЙ АГРА"		360	14:43	15:07	112.17 км
5		15	ФГ "БЕРІЗКА"		360	16:00	16:24	52.13 км
6		21	ТОВ "П'ЯТИДНІ"		270	17:35	17:57	80.72 км
7		6	ПАТ "ВОЛОДИМИР-ВОЛИНС"		630	18:06	18:37	8.64 км
8		0	Склад Вестол		0	19:54	19:54	80.28 км

Рисунок 3.14 – План маршруту №5

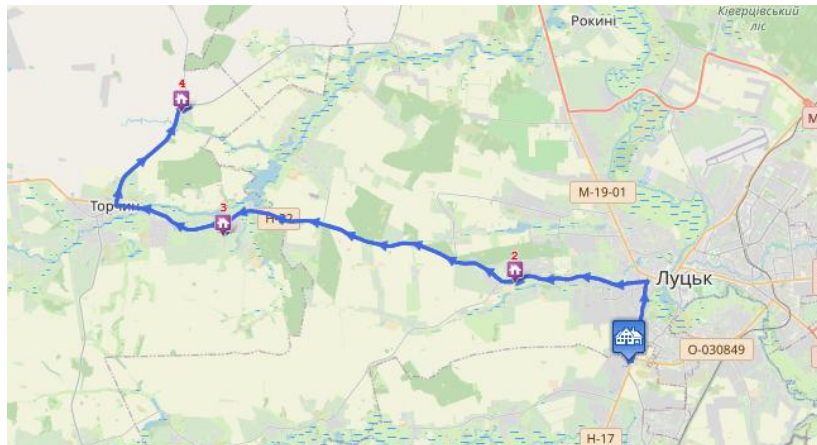


Рисунок 3.15 – Карта маршруту №6

№	▲	Код	Назва	Адреса	Вага	Приїзд	Від'їзд	Відстань
1		0	Склад Вестол		0	10:02	10:02	0.00 км
2		17	СГ ВК "УРОЖАЙ"		385	10:12	10:37	8.51 км
3		5	ТОВ ПК "УСИЧІ"		216	10:47	11:07	12.44 км
4		3	ТОВ "ВЕСЕЛЕ-АГРО"		405	11:18	11:43	10.10 км
5		0	Склад Вестол		0	12:15	12:15	30.11 км

Рисунок 3.16 – План маршруту №6

У результаті автоматизованої маршрутизації система Ant-Logistics сформувала шість оптимальних маршрутів. Сумарний пробіг склав **954,26 км**, що свідчить про більш ефективну маршрутизації, ніж на підприємстві. Крім того платформа розраховує середню швидкість руху з урахуванням поточного стану доріг та наявних заторів. Загалом отримані результати підтверджують раціональний розподіл вантажів і рівномірне використання автопарку, що мінімізує витрати та скорочує загальний час доставки.

3.2 Розрахунок техніко-експлуатаційних показників роботи автомобілів за отриманими маршрутами

Для кожного розробленого маршруту визначаємо техніко-експлуатаційні показники роботи рухомого складу.

2. Кількість пунктів завантаження вантажу на маршруті (визначається візуально), n_z

Таблиця 3.2 – Кількість пунктів завантаження вантажу на маршруті

№ маршруту	Кількість пунктів завантаження вантажу
1	5
2	3
3	3
4	6
5	6
6	3

2. Довжина розвізного маршруту, l_m , км:

Таблиця 3.3 – Довжина розвізного маршруту

№ маршруту	Маршрут	Довжина розвізного маршруту
1	P0→P26→P23→P8→P22→P9→P0	228,81
2	P0→P4→P14→P12→P0	136,06
3	P0→P1→P2→P16→P0	24,4
4	P0→P20→P7→P13→P18→P19→P25→P0	141,5
5	P0→P11→P10→P24→P15→P21→P6→P0	362,33
6	P0→P17→P5→P3→P0	61,16

$$l_{m1} = 69.67 + 14.93 + 10.29 + 9.73 + 32.45 + 91.74 = 228.81 \text{ км}$$

$$l_{m2} = 27.5 + 50.85 + 37.56 + 20.15 = 136.06 \text{ км}$$

$$l_{m3} = 9.27 + 0.94 + 5.81 + 8.38 = 24.4 \text{ км}$$

$$l_{m4} = 5.97 + 14.09 + 10.59 + 7.71 + 40.6 + 36.99 + 25.55 = 141.5 \text{ км}$$

$$l_{m5} = 17.45 + 10.94 + 112.17 + 52.13 + 80.72 + 8.64 + 80.28 \\ = 362.33 \text{ км}$$

$$l_{m6} = 8.51 + 12.44 + 10.1 + 30.11 = 61.16 \text{ км}$$

3. Довжина вантажної їздки на маршруті, l_b , км:

Таблиця 3.4 – Довжина вантажної їздки на маршруті

№ маршруту	Маршрут	Довжина вантажної їздки на маршруті
1	P0→P26→P23→P8→P22→P9→P0	137,07
2	P0→P4→P14→P12→P0	115,91
3	P0→P1→P2→P16→P0	16,02
4	P0→P20→P7→P13→P18→P19→P25→P0	115,95
5	P0→P11→P10→P24→P15→P21→P6→P0	282,05
6	P0→P17→P5→P3→P0	31,05

$$l_{b1} = 69.67 + 14.93 + 10.29 + 9.73 + 32.45 = 137.07 \text{ км}$$

$$l_{b2} = 27.5 + 50.85 + 37.56 = 115.91 \text{ км}$$

$$l_{b3} = 9.27 + 0.94 + 5.81 = 16.02 \text{ км}$$

$$l_{b4} = 5.97 + 14.09 + 10.59 + 7.71 + 40.6 + 36.99 = 115.95 \text{ км}$$

$$l_{b5} = 17.45 + 10.94 + 112.17 + 52.13 + 80.72 + 8.64 = 282.05 \text{ км}$$

$$l_{b6} = 8.51 + 12.44 + 10.1 = 31.05 \text{ км}$$

4. Середня відстань доставки вантажу, $\bar{l}_i$, км:

Таблиця 3.5 – Середня відстань доставки вантажу

№ маршруту	Маршрут	Середня відстань доставки вантажу
1	P0→P26→P23→P8→P22→P9→P0	27,41
2	P0→P4→P14→P12→P0	38,64
3	P0→P1→P2→P16→P0	5,34
4	P0→P20→P7→P13→P18→P19→P25→P0	19,32
5	P0→P11→P10→P24→P15→P21→P6→P0	47,01
6	P0→P17→P5→P3→P0	10,35

$$\bar{l}_1 = \frac{137.07}{5.0} = 27.41 \text{ км}$$

$$\bar{l}_2 = \frac{115.91}{3.0} = 38.64 \text{ км}$$

$$\bar{l}_3 = \frac{16.02}{3.0} = 5.34 \text{ км}$$

$$\bar{l}_4 = \frac{115.95}{6.0} = 19.32 \text{ км}$$

$$\bar{l}_5 = \frac{282.05}{6.0} = 47.01 \text{ км}$$

$$\bar{l}_6 = \frac{31.05}{3.0} = 10.35 \text{ км}$$

5. Коефіцієнт використання пробігу автомобіля

Таблиця 3.6 – Коефіцієнт використання пробігу автомобіля

№ маршруту	Маршрут	Коефіцієнт використання пробігу автомобіля
1	P0→P26→P23→P8→P22→P9→P0	0,6
2	P0→P4→P14→P12→P0	0,85
3	P0→P1→P2→P16→P0	0,66
4	P0→P20→P7→P13→P18→P19→P25→P0	0,82
5	P0→P11→P10→P24→P15→P21→P6→P0	0,78
6	P0→P17→P5→P3→P0	0,51

$$\beta_1 = \frac{137.07}{228.81} = 0.6$$

$$\beta_2 = \frac{115.91}{136.06} = 0.85$$

$$\beta_3 = \frac{16.02}{24.4} = 0.66$$

$$\beta_4 = \frac{115.95}{141.5} = 0.82$$

$$\beta_5 = \frac{282.05}{362.33} = 0.78$$

$$\beta_6 = \frac{31.05}{61.16} = 0.51$$

6. Обсяг перевезення на маршруті, P_i , кг:

Таблиця 3.7 – Обсяг перевезення на маршруті

№ маршруту	Маршрут	Обсяг перевезення на маршруті
1	P0→P26→P23→P8→P22→P9→P0	2475
2	P0→P4→P14→P12→P0	1592
3	P0→P1→P2→P16→P0	1080
4	P0→P20→P7→P13→P18→P19→P25→P0	2660
5	P0→P11→P10→P24→P15→P21→P6→P0	2582
6	P0→P17→P5→P3→P0	1006

$$P_1 = 90 + 1100 + 720 + 385 + 180 = 2475 \text{ кг}$$

$$P_2 = 630 + 162 + 800 = 1592 \text{ кг}$$

$$P_3 = 360 + 540 + 180 = 1080 \text{ кг}$$

$$P_4 = 540 + 385 + 720 + 270 + 360 + 385 = 2660 \text{ кг}$$

$$P_5 = 162 + 800 + 360 + 360 + 270 + 630 = 2582 \text{ кг}$$

$$P_6 = 385 + 216 + 405 = 1006 \text{ кг}$$

7. Коефіцієнт використання вантажопідйомності, γ_{pi} :

Таблиця 3.8 – Коефіцієнт використання вантажопідйомності

№ маршруту	Маршрут	Коефіцієнт використання вантажопідйомності
1	P0→P26→P23→P8→P22→P9→P0	0,92
2	P0→P4→P14→P12→P0	0,59
3	P0→P1→P2→P16→P0	0,9
4	P0→P20→P7→P13→P18→P19→P25→P0	0,99
5	P0→P11→P10→P24→P15→P21→P6→P0	0,96
6	P0→P17→P5→P3→P0	0,84

$$\gamma_{p1} = \frac{2475}{2700} = 0.92$$

$$\gamma_{p2} = \frac{1592}{2700} = 0.59$$

$$\gamma_{p3} = \frac{1080}{1200} = 0.9$$

$$\gamma_{p4} = \frac{2660}{2700} = 0.99$$

$$\gamma_{p5} = \frac{2582}{2700} = 0.96$$

$$\gamma_{p6} = \frac{1006}{1200} = 0.84$$

8. Середній розмір партії вантажу, $\overline{g_{pi}}$, кг:

Таблиця 3.9 – Середній розмір партії вантажу

№ маршруту	Маршрут	Середній розмір партії вантажу
1	P0→P26→P23→P8→P22→P9→P0	496,8
2	P0→P4→P14→P12→P0	531
3	P0→P1→P2→P16→P0	360
4	P0→P20→P7→P13→P18→P19→P25→P0	445,5
5	P0→P11→P10→P24→P15→P21→P6→P0	432
6	P0→P17→P5→P3→P0	336

$$\overline{g_{p1}} = 2700 \times \frac{0.92}{5} = 496.8 \text{ кг}$$

$$\overline{g_{p2}} = 2700 \times \frac{0.59}{3} = 531.0 \text{ кг}$$

$$\overline{g_{p3}} = 1200 \times \frac{0.9}{3} = 360.0 \text{ кг}$$

$$\overline{g_{p4}} = 2700 \times \frac{0.99}{6} = 445.5 \text{ кг}$$

$$\overline{g_{p5}} = 2700 \times \frac{0.96}{6} = 432.0 \text{ кг}$$

$$\overline{g_{p6}} = 1200 \times \frac{0.84}{3} = 336.0 \text{ кг}$$

9. Час обороту автомобіля на маршруті, t_{mi} , год:

Таблиця 3.10 – Середня швидкість автомобілів на маршрутах

№ маршруту	Середня швидкість автомобілів на маршрутах
1	59
2	51
3	37
4	47
5	65
6	58

Таблиця 3.11 – Час обороту автомобіля на маршруті

№ маршруту	Маршрут	Час обороту автомобіля на маршруті
1	P0→P26→P23→P8→P22→P9→P0	6,16
2	P0→P4→P14→P12→P0	4,08
3	P0→P1→P2→P16→P0	1,86
4	P0→P20→P7→P13→P18→P19→P25→P0	5,62
5	P0→P11→P10→P24→P15→P21→P6→P0	8,15
6	P0→P17→P5→P3→P0	2,22

$$t_{m1} = \frac{228.81}{59} + 0.025 \times \frac{2475}{60} + 5 \times 0.25 = 6.16 \text{ год}$$

$$t_{m2} = \frac{136.06}{51} + 0.025 \times \frac{1592}{60} + 3 \times 0.25 = 4.08 \text{ год}$$

$$t_{m3} = \frac{24.4}{37} + 0.025 \times \frac{1080}{60} + 3 \times 0.25 = 1.86 \text{ год}$$

$$t_{m4} = \frac{141.5}{47} + 0.025 \times \frac{2660}{60} + 6 \times 0.25 = 5.62 \text{ год}$$

$$t_{m5} = \frac{362.33}{65} + 0.025 \times \frac{2582}{60} + 6 \times 0.25 = 8.15 \text{ год}$$

$$t_{m6} = \frac{61.16}{58} + 0.025 \times \frac{1006}{60} + 3 \times 0.25 = 2.22 \text{ год}$$

10. Годинна продуктивність автомобілів на маршрутах, $P_{\text{год}}$, кг/год:

Таблиця 3.12 – Годинна продуктивність автомобілів на маршрутах

№ маршруту	Маршрут	Годинна продуктивність автомобілів на маршрутах
1	P0→P26→P23→P8→P22→P9→P0	340,55
2	P0→P4→P14→P12→P0	375,01
3	P0→P1→P2→P16→P0	567,49
4	P0→P20→P7→P13→P18→P19→P25→P0	449,77
5	P0→P11→P10→P24→P15→P21→P6→P0	278,76
6	P0→P17→P5→P3→P0	430,48

$$P_{\text{год1}} = \frac{2700 \times 0.92 \times (1 + 0.0)}{6.16} \times \left(1.0 - \frac{91.74}{59 \times 10.0}\right) = 340.55 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

$$P_{\text{год2}} = \frac{2700 \times 0.59 \times (1 + 0.0)}{4.08} \times \left(1.0 - \frac{20.15}{51 \times 10.0}\right) = 375.01 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

$$P_{\text{год3}} = \frac{1200 \times 0.9 \times (1 + 0.0)}{1.86} \times \left(1.0 - \frac{8.38}{37 \times 10.0}\right) = 567.49 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

$$P_{\text{год4}} = \frac{2700 \times 0.99 \times (1 + 0.0)}{5.62} \times \left(1.0 - \frac{25.55}{47 \times 10.0}\right) = 449.77 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

$$P_{\text{год5}} = \frac{2700 \times 0.96 \times (1 + 0.0)}{8.15} \times \left(1.0 - \frac{80.28}{65 \times 10.0}\right) = 278.76 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

$$P_{\text{год6}} = \frac{1200 \times 0.84 \times (1 + 0.0)}{2.22} \times \left(1.0 - \frac{30.11}{58 \times 10.0}\right) = 430.48 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

Таблиця 3.13 – Техніко-експлуатаційні показники транспортних засобів на існуючих маршрутах ТОВ «ВЕСТОЛ»

№ маршруту	l_m	l_v	$\bar{l}_i$	β	P	γ	$\overline{g_{pi}}$	$t_{об}$	$P_{год}$
1	228,81	137,07	27,41	0,60	2475,00	0,92	496,80	6,16	340,55
2	136,06	115,91	38,64	0,85	1592,00	0,59	531,00	4,08	375,01
3	24,40	16,02	5,34	0,66	1080,00	0,90	360,00	1,86	567,49
4	141,50	115,95	19,32	0,82	2660,00	0,99	445,50	5,62	449,77
5	362,33	282,05	47,01	0,78	2582,00	0,96	432,00	8,15	278,76
6	61,16	31,05	10,35	0,51	1006,00	0,84	336,00	2,22	430,48
Середнє значення	159,04	116,34	24,68	0,70	1899,17	0,87	433,55	4,68	407,01
Сума	954,26	698,05	148,07	4,22	11395,00	5,20	2601,30	28,09	2442,06

Отже, результати розрахунків техніко-експлуатаційних показників роботи транспортних засобів на шести розвізних маршрутах свідчать про таке: середня довжина розвізного маршруту становить 159,04 км, а середня довжина вантажної їздки – 116,34 км, що характеризує маршрути як достатньо продуктивні та раціонально сплановані. Середня відстань доставки вантажу дорівнює 24,68 км, що відповідає умовам регіонального розвезення. Коефіцієнт

використання пробігу в середньому становить 0,70, що свідчить про прийнятний рівень ефективності та помірну частку порожнього пробігу. Середній обсяг перевезення на маршруті складає 1899,17 кг, а коефіцієнт використання вантажопідйомності становить 0,87, що вказує на високий рівень завантаження транспортних засобів. Середній вантажообіг за їзду дорівнює 433,55 т·км, середній час обороту — 4,68 год, а годинна продуктивність — 407,01 т·км/год. Отримані дані підтверджують достатню ефективність використання транспортних засобів на маршрутах та свідчать про можливість додаткової оптимізації роботи за рахунок зменшення часу обороту й удосконалення структури пробігу.

3.3 Порівняльний аналіз техніко-експлуатаційних показників до та після маршрутизації

Проведемо порівняльний аналіз техніко-експлуатаційних показників (ТЕП) до та після маршрутизації в Ant-Logistics. Для цього порівняємо розраховані середні та сумарні значення ТЕП.

Таблиця 3.14 – Порівняння ТЕП до та після маршрутизації у платформі Ant-Logistics

Показник	Середнє		Абс. відх.	Відн. відх.	Сума		Абс. відх.	Відн. відх.
	до	після			до	після		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Довжина розвізних маршрутів, км	161,7	159,04	-2,66	-1,64	1131,8	954,26	-177,54	-15,69
Довжина вантажної їздки на маршруті, км	100,4	116,34	15,94	15,88	702,9	698,05	-4,85	-0,69
Середня відстань доставки вантажу, км	27,7	24,68	-3,02	-10,91	—	—	—	—
Коефіцієнт використання пробігу автомобіля	0,8	0,70	-0,10	-12,08	—	—	—	—

Продовження таблиці 3.14

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Обсяг перевезення на маршруті, кг	1627,86	1899,17	271,31	16,67	11395	11395,00	0,00	0,00
Коефіцієнт використання вантажопідйомності при розвозі	0,8	0,87	0,07	8,33	—	—	—	—
Середній розмір завезеної партії вантажу, кг	339,8	433,55	93,75	27,59	—	—	—	—
Час обороту автомобіля на маршруті, год	4,5	4,68	0,18	4,04	31,6	28,09	-3,51	-11,11
Годинна продуктивність автомобілів, кг/год	453,4	407,01	-46,39	-10,23	3174	2442,06	-731,94	-23,06

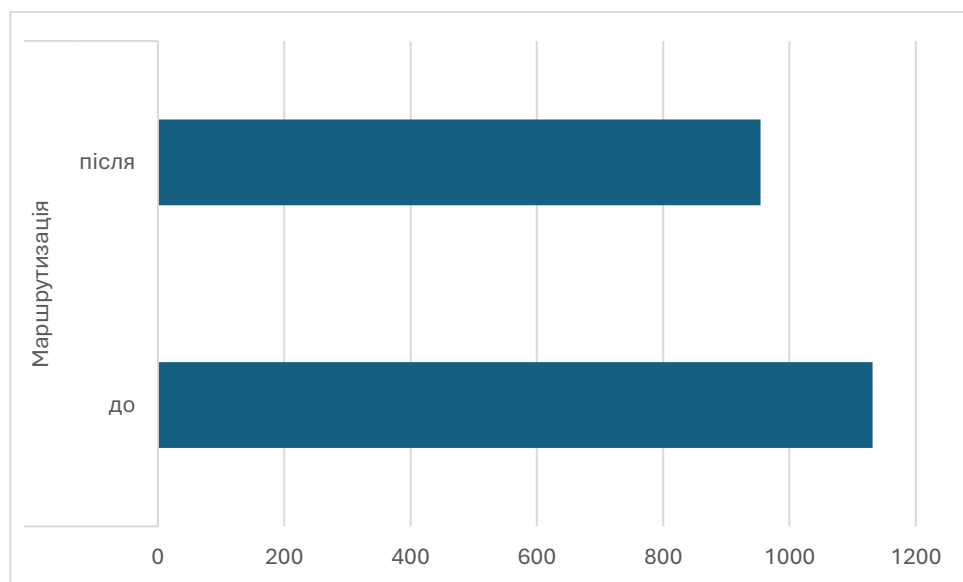


Рисунок 3.17 – Загальна довжина розвізних маршрутів до та після маршрутизації, км

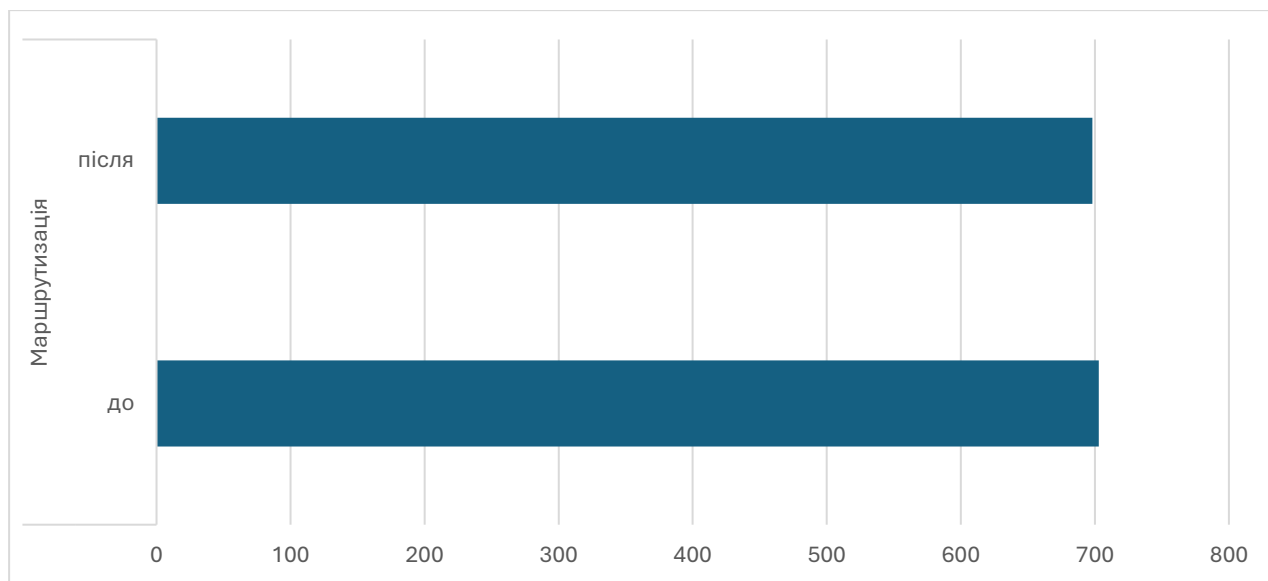


Рисунок 3.18 – Загальна довжина їздки з вантажем на маршрутах до та після маршрутизації, км

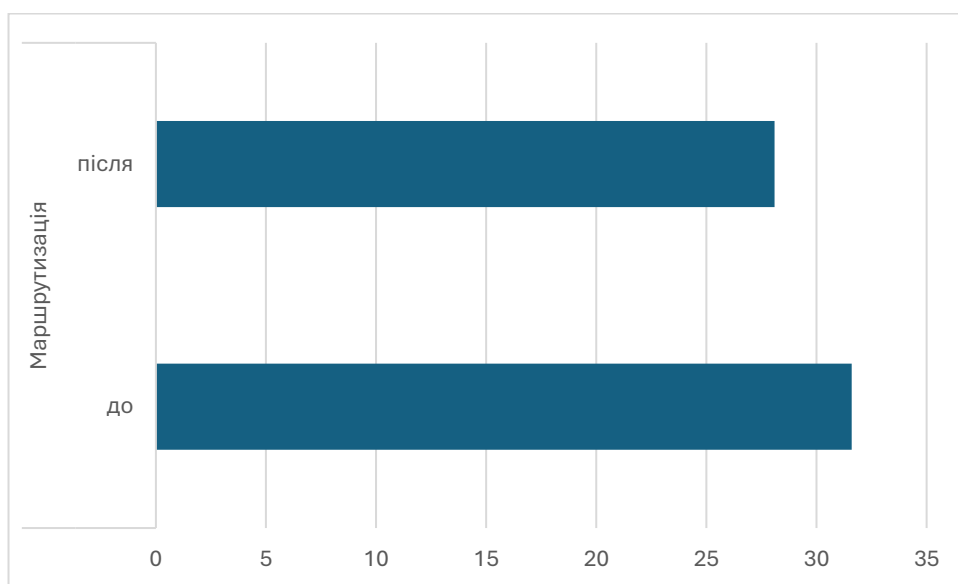


Рисунок 3.19 – Загальний час обороту автомобілів на маршрутах до та після маршрутизації, год

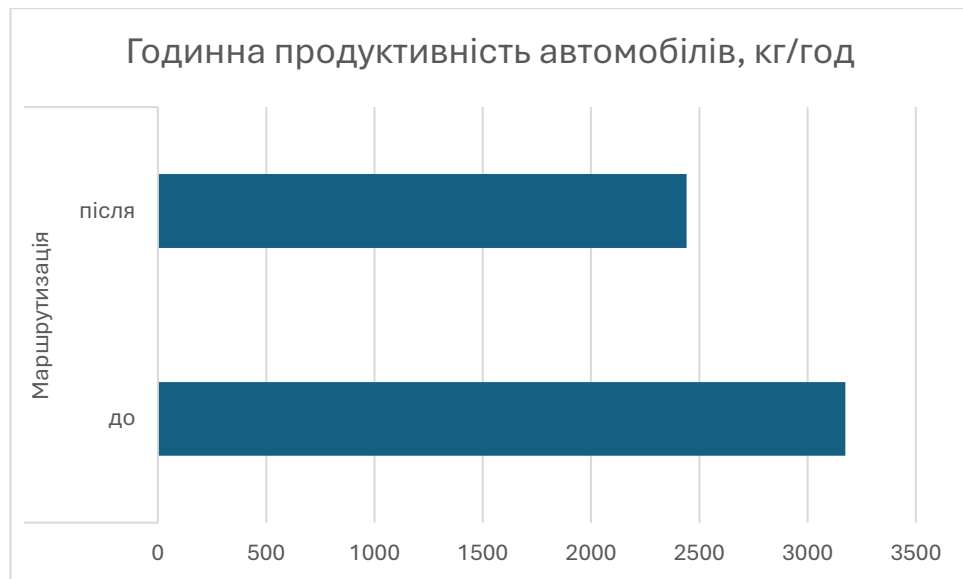


Рисунок 3.20 – Загальна годинна продуктивність автомобілів на маршрутах до та після маршрутизації, кг/год

У результаті порівняльного аналізу техніко-експлуатаційних показників автотранспортної роботи до та після впровадження маршрутизації в системі ANT-Logistics встановлено, що застосування програмного забезпечення забезпечує істотне підвищення ефективності використання транспортних засобів. Одним із ключових позитивних результатів є скорочення довжини розвізних маршрутів. Середній показник зменшився на 1,64%, а сумарний – на 15,69%, що свідчить про оптимізацію схеми руху, усунення зайвих пробігів і більш раціонального формування послідовності обслуговування точок. Така тенденція прямо впливає на зниження витрат пального та скорочення загальних експлуатаційних витрат підприємства.

Водночас спостерігається зростання середньої довжини вантажної їздки майже на 15,9%, що є індикатором більш ефективного завантаження автомобіля, оскільки збільшується частка пробігу, виконаного з вантажем. Хоча сумарна довжина вантажної їздки практично не змінилася (–0,69%), її структурний перерозподіл позитивно відобразився на логістиці постачання. Додатково слід відзначити суттєве зниження середньої відстані доставки вантажу (–10,91%), що демонструє здатність системи скорочувати транспортне

плече за рахунок вибору більш оптимальних за розташуванням точок для маршруту.

Показники ефективності використання транспортних засобів також зазнали покращень. Обсяг перевезення на маршруті зріс на 16,67%, що свідчить про рівномірніший розподіл вантажу між маршрутами та зменшення кількості недозавантажених рейсів. Коефіцієнт використання вантажопідйомності збільшився на 8,33%, а середній розмір завезеної партії зріс на 27,59%. Це означає, що транспортні засоби стали працювати з вищим фактичним завантаженням, що позитивно впливає на економічність перевезень. Незначне зниження коефіцієнта використання пробігу (-12,08%) пояснюється збільшенням частки коротких перегонів, однак це не зменшує загальної ефективності маршрутизації.

Аналіз часових показників засвідчив, що середній час обороту автомобіля дещо збільшився (на 4,04%), що зумовлено вищою завантаженістю окремих маршрутів. Водночас сумарний час роботи автопарку зменшився на 11,11%, що свідчить про загальне вирівнювання навантаження на всі автомобілі та раціональніше планування їхньої роботи. Зменшення годинної продуктивності (-23,06% у сумарному значенні) є логічним наслідком переходу від довгих, малоефективних поїздок до оптимізованих коротких маршрутів з кращим завантаженням, а тому не має негативного впливу на загальну систему перевезень.

Отже, впровадження маршрутизації в системі ANT-Logistics дозволило суттєво удосконалити організацію транспортної роботи. Скорочення пробігу, підвищення рівномірності завантаження, зростання середньої партії перевезень і покращення використання вантажопідйомності свідчать про підвищення загальної ефективності логістичних операцій. Отримані результати підтверджують доцільність застосування сучасних цифрових інструментів у процесі організації доставки, оскільки вони сприяють оптимізації витрат,

раціональному використанню автотранспортних засобів та підвищенню продуктивності логістичної системи в цілому.

Висновки до розділу 3

У третьому розділі було розроблено та обґрунтовано заходи щодо удосконалення перевезень тарно-штучних вантажів на прикладі ТОВ «ВЕСТОЛ» шляхом впровадження автоматизованої маршрутизації в системі Ant-Logistics. Послідовно сформовано вхідні дані для платформи (довідник клієнтів із часовими вікнами, обсягами вантажів і координатами, довідник рухомого складу з технічними характеристиками автомобілів. За допомогою використання платформи Ant-Logistics сформовано шість розвізних маршрутів із сумарним пробігом 954,26 км та загальним обсягом перевезень 11 395 кг, що дало змогу забезпечити раціональний розподіл замовлень між автомобілями.

На основі отриманих маршрутів було розраховано техніко-експлуатаційні показники роботи автомобілів. Порівняння ТЕП до та після маршрутизації в Ant-Logistics показало, що при незмінному сумарному обсязі перевезень (11 395 кг) сумарна довжина маршрутів скоротилася на 15,69 %, а середня довжина – на 1,64 %. Одночасно зросли середній обсяг перевезення на маршрут (на 16,67 %), коефіцієнт використання вантажопідйомності (на 8,33 %) та середній розмір партії вантажу (на 27,59 %), що свідчить про більш оптимальне завантаження транспортних засобів. Крім того, сумарний час роботи автопарку скоротився на 11,11 %, а завантаження між автомобілями стало більш збалансованим.

4 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗАХОДІВ

4.1 Визначення собівартості перевезень рухомим складом підприємства

Проведемо розрахунки собівартості виконання перевезень ТОВ «ВЕСТОЛ» вантажними автомобілями Ford Transit та Volkswagen LT-46.

1. Фонд заробітної плати водіїв з відрахуванням на єдиний соціальний внесок [27]:

$$B_{\text{ФОП}} = B_{\text{ЗП}} + B_{\text{ЕСВ}}, \quad (4.1)$$

де $B_{\text{ЗП}}$ – середньомісячна заробітна плата водіїв, яка визначається за формулою, грн.:

$$B_{\text{ЗП}} = T_{\text{км}} \cdot l_{\text{заг}}, \quad (4.2)$$

де $T_{\text{км}}$ – тариф виконання 1 км, грн./км;

$l_{\text{заг}}$ – загальний пробіг на місяць.

Оскільки фонд заробітної плати для водіїв ТОВ «ВЕСТОЛ» залежить від виконано роботи, то доцільно встановити витрати на фонд заробітної плати на 1 км виконаного перевезення.

За даними підприємства для водіїв Ford Transit $T_{\text{км1}} = 3,0$ грн./км, а для водія Volkswagen LT-46 $T_{\text{км2}} = 4,00$ грн./км.

$$B_{\text{ЗП1}} = T_{\text{км1}} = 3,0 \text{ грн.}$$

$$B_{\text{ЗП2}} = T_{\text{км2}} = 4,0 \text{ грн.}$$

Показник відрахувань єдиного соціального внеску визначається за формулою, грн.:

$$B_{\text{ЕСВ}} = C_{\text{ЕСВ}} \cdot B_{\text{ЗП}}, \quad (4.3)$$

$$\text{де } C_{\text{ЕСВ}} = 22\%$$

$$B_{\text{ЕСВ1}} = 0,22 \cdot 3,0 = 0,66 \text{ грн.}$$

$$B_{\text{ЕСВ2}} = 0,22 \cdot 4,0 = 0,88 \text{ грн.}$$

Витрати на фонд заробітної плати для водіїв становитимуть:

$$B_{\text{Фоп1}} = 3,0 + 0,66 = 3,66 \text{ грн.}$$

$$B_{\text{Фоп2}} = 4,0 + 0,88 = 4,88 \text{ грн.}$$

2. Матеріальні витрати для автомобілів.

2.1. Витрати палива визначаються за формулою:

$$Q_{\text{п}} = \frac{l_{\text{заг}} \cdot N_{\text{км}}}{100}, \text{ л} \quad (4.4)$$

де $N_{\text{км}}$ – лінійна норма витрати палива автомобілем, л/100 км;

$l_{\text{заг}}$ – середній пробіг автомобіля на маршрутах, км.

$$\text{Приймаємо } N_{\text{км1}} = 8 \frac{\text{л}}{100\text{км}}, N_{\text{км2}} = 11 \frac{\text{л}}{100\text{км}}.$$

$$Q_{\text{п1}} = 0,08 \text{ л}$$

$$Q_{\text{п2}} = 0,11 \text{ л}$$

$$B_{\text{п}} = Q_{\text{п}} \cdot C_{\text{п}}, \quad (4.5)$$

Згідно даних [28] ціна дизельного палива становить $C_{\text{п}} = 55 \text{ грн./л}$

$$B_{\text{п1}} = 0,08 \cdot 55 = 4,4 \text{ грн./км}$$

$$B_{\text{п2}} = 0,11 \cdot 55 = 6,05 \text{ грн./км}$$

2.2. Витрати на мастильні матеріали обчислюють за наступною формулою:

$$B_{\text{мм}} = Q_{\text{п}} \left(\frac{N_{\text{м}}}{1000} \cdot C_{\text{м}} + \frac{N_{\text{тр}}}{1000} \cdot C_{\text{тр}} \right) \text{ грн./км} \quad (4.6)$$

де $N_{\text{м}}=3,2$ - норма витрати моторного мастила на 1000 л дизпалива [29], кг

Wolf 5w30;

$N_{\text{тр}}=0,4$ - норма витрати трансмісійного масла на 1000 л дизпалива [30], кг

Wolf 75W90 MV;

Таблиця 4.1 – Показники витрат на мастильні матеріали

Найменування	Об'єм, л	Ціна, грн	Густина, кг/л	Маса, кг	Ціна за 1 кг, грн
WOLF 5W30 (моторне)[31]	5	1348	0,85	4,25	317,18
WOLF 75W90 MV (трансмісійне)[31]	1	678	0,89	0,89	761,80

$\Pi_m=317,18$ грн./кг; $\Pi_{тр}=761,8$ грн./кг, ціна моторного та трансмісійного мастила відповідно.

$$B_{mm} = 0.08 \cdot \left(\frac{3.2}{1000} \cdot 317.18 + \frac{0.4}{1000} \cdot 761.80 \right) = 0,106 \text{ грн./км}$$

$$B_{mm} = 0.11 \cdot \left(\frac{3.2}{1000} \cdot 317.18 + \frac{0.4}{1000} \cdot 761.80 \right) = 0,145 \text{ грн./км}$$

2.3. Витрати на запчастини, ремонт та ТО автомобілів на місяць визначаємо за наступною формулою:

$$B_{p\text{ то}} = \frac{H_{p\text{ то}}}{1000}, \quad (4.7)$$

де $H_{p\text{ то}}$ – норми витрат на ремонт і ТО автомобілів, встановлені на підприємстві, на 1000 км пробігу

Отже, витрати на ремонт та технічне обслуговування на 1 км становитимуть:

$$B_{p\text{ то}} = \frac{2000}{1000} = 2,0 \text{ грн.}$$

2.4. Витрати на шини обчислюють за наступною формулою:

$$B_{ш} = \frac{H_{ш} \cdot n_{ш} \cdot \Pi_{ш}}{1000}, \quad (4.8)$$

де $H_{ш}$ – 0,004 норма витрат на 1000 км пробігу;

$n_{ш}$ – кількість коліс без урахування запаски ;

Ціну шин 195/70R15 для автомобілів Ford Transit та Volkswagen LT-46 приймаємо $\Pi_{ш} = 3100,00$ грн.

$$B_{ш1} = \frac{0,004 \cdot 4 \cdot 3100}{1000} = 0,0496 \text{ грн./км}$$

$$B_{ш2} = \frac{0,004 \cdot 6 \cdot 3100}{1000} = 0,0744 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.2 – Матеріальні витрати на перевезення вантажів

Показники	Ford Transit	Volkswagen LT-46
2.1. Витрати на паливо, грн.	4,4	6,05
2.2. Витрати на мастильні матеріали, грн.	0,106	0,145
2.3. Витрати на запасні частини і ремонт, грн.	2	2
2.4. Витрати на шини, грн.	0,0496	0,0744
Разом	6,5556	8,2694

3. Визначення амортизаційних відрахувань:

$$B_{AB} = \frac{B_a}{100000} \cdot N_{ав}, \quad (4.9)$$

де $N_{ав} = 10 \%$ норма амортизаційних відрахувань на повне відновлення автомобіля на 100 000 км пробігу;

Проведемо розрахунки амортизаційних витрат на 1 км пробігу:

$$B_{AB1} = \frac{7000 \cdot 42,34}{100000} \cdot 0,1 = 0,2964 \text{ грн./км}$$

$$B_{AB2} = \frac{8500 \cdot 42,34}{100000} \cdot 0,1 = 0,3599 \text{ грн.}$$

4. Інші витрати:

$$B_{ін} = (B_{фоп} + B_m + B_{AB}) \cdot N_{ін}, \quad (4.10)$$

де $N_{ін}$ – норма інших витрат, приймаємо $N_{ін} = 15\%$.

$$B_{ін1} = (3,66 + 6,5556 + 0,2964) \cdot 0,15 = 1,58 \text{ грн./км}$$

$$B_{ін2} = (4,88 + 8,2694 + 0,3599) \cdot 0,15 = 2,03 \text{ грн.}$$

Проведемо калькуляцію собівартості перевезень. Розрахуємо сумарні витрати на 1 км пробігу за наступною формулою, грн/км:

$$B_{км} = B_{фоп} + B_m + B_{AB} + B_{ін}, \quad (4.11)$$

$$B_{км1} = 3,66 + 6,5556 + 0,2964 + 1,58 = 12,09 \text{ грн./км}$$

$$B_{км2} = 4,88 + 8,2694 + 0,3599 + 2,03 = 15,54 \text{ грн./км}$$

Таблиця 4.3 – Результати калькуляції витрат для автомобілів Ford Transit та Volkswagen LT-46

Статті витрат	Автомобіль	
	Ford Transit	Volkswagen LT-46
Фонд заробітної плати, грн	3,66	4,88
Витрати на паливо, грн.	4,4	6,05
Витрати на мастильні матеріали, грн.	0,106	0,145
Витрати на ремонт та технічне обслуговування автомобілів, грн.	2	2
Витрати на автомобільні шини, грн.	0,0496	0,0744
Амортизація рухомого складу, грн.	0,2964	0,3599
Інші витрати, грн.	1,58	2,03
Загальні експлуатаційні витрати, грн.	12,09	15,54

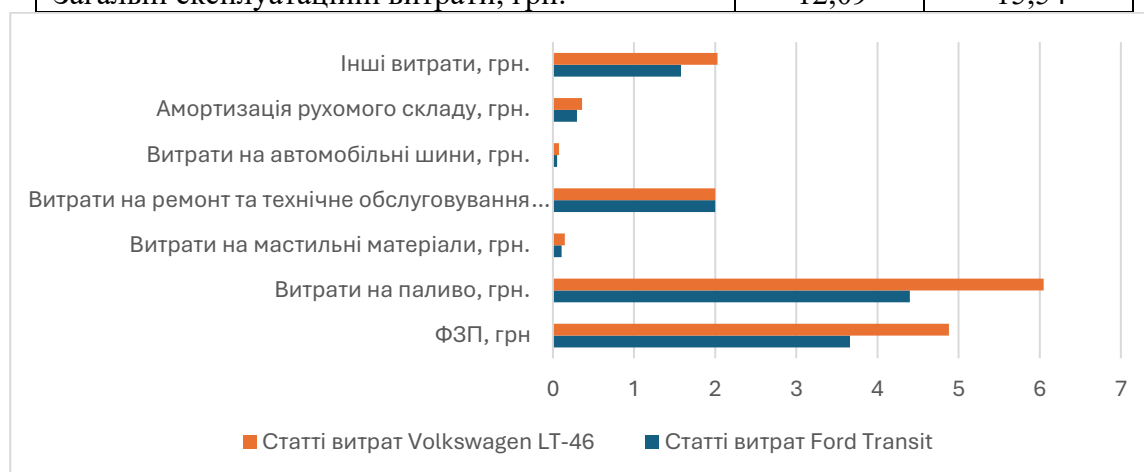


Рисунок 4.1 – Експлуатаційні витрати на 1 км пробігу для Ford Transit та Volkswagen LT-46

На основі проведеної калькуляції за статтями витрат на перевезення встановлено, що загальні експлуатаційні витрати на 1 км пробігу для Ford Transit становлять 12,09 грн./км та Volkswagen LT-46 – 15,54 грн./км.

4.2 Оцінка підвищення ефективності доставки тарно-штучних вантажів

Визначимо економічний ефект від запропонованої маршрутизації. Розрахуємо собівартість виконання перевезень до та після застосування платформи Ant-Logistics.

Визначимо економічну ефективність застосування платформи Ant-Logistics за формулою:

$$E = (C_{\phi} - C_{\text{пл}}) - B_{AL}, \quad (4.12)$$

де C_{ϕ} – фактична собівартість перевезень на підприємстві за 1 добу, грн.;

$$C_{\phi} = \sum_{i=1}^n B_{\text{км}i} \cdot l_{\text{заг}i}, \quad (4.13)$$

де $B_{\text{км}} \cdot l_{\text{заг}i}$ – собівартість перевезення i – типом транспортного засобу.

$$C_{\phi} = 12,09 \cdot 434,1 + 15,54 \cdot 700,7 = 16100,88 \text{ грн.}$$

$C_{\text{пл}}$ – планова собівартість перевезень за 1 добу після впровадження маршрутизації, грн.

$$C_{\text{пл}} = \sum_{i=1}^n B_{\text{км}i} \cdot l'_{\text{заг}i}, \quad (4.14)$$

$$C_{\text{пл}} = 12,09 \cdot 85,56 + 15,54 \cdot 868,7 = 14534,02 \text{ грн.}$$

де $B_{\text{км}} \cdot l'_{\text{заг}i}$ – собівартість перевезення i – типом транспортного засобу після впровадження маршрутизації;

B_{AL} – витрати на користування платформою Ant-Logistics.

Таблиця 4.4 – Собівартість перевезень до та після маршрутизації

Показник	Існуючі маршрути	Запропоновані маршрути	Абсолютне відхилення	Відносне відхилення, %
Загальна довжина маршрутів, км	1131,8	954,26	-177,54	-15,69
Ford Transit	431,1	85,56	-345,54	-80,15
Volkswagen LT-46	700,7	868,7	168,00	23,98
Собівартість виконання перевезень, грн	16100,877	14534,02	-1566,86	-9,73
Витрати на користування платформою Ant-Logistics (за 1 робочий день)		127,02	127,02	
Економічний ефект	16100,88	14661,04	-1439,84	-8,94

За даними платформи Ant-Logistics вартість користування платформою становить 12\$ за 1 автомобіль на місяць. Оскільки ТОВ «ВЕСТОЛ» задіює 4

автомобілі, то витрати становитимуть 60\$ або 2540,40 грн. Звідси витрати на маршрутизацію на 1 робочий день становитимуть $2540,4/20=127,02$ грн.

$$E = 16100,88 - 14534,02 - 127,02 = 1439,84 \text{ грн.}$$

Отже, використання платформи Ant-Logistics для побудови раціональних маршрутів, дозволило досягти економічного ефекту у розмірі 1439,84 грн. за 1 робочий день. Крім того, застосування алгоритму мурашиної колонії для маршрутизації дозволило скоротити пробіг при доставці вантажів на 15,69%, а собівартість перевезень – на 8,94 %, що свідчить про актуальність запропонованого рішення.

Висновки до розділу 4

У четвертому розділі було здійснено економічне обґрунтування запропонованих заходів щодо підвищення ефективності доставки тарно-штучних вантажів на ТОВ «ВЕСТОЛ» шляхом впровадження автоматизованої маршрутизації в системі Ant-Logistics. Проведено калькуляцію собівартості перевезень для автомобілів Ford Transit та Volkswagen LT-46 за основними статтями витрат. За підсумками розрахунків встановлено, що загальні експлуатаційні витрати на 1 км пробігу становлять 12,09 грн./км для Ford Transit та 15,54 грн./км для Volkswagen LT-46.

Проведено оцінку економічного ефекту від впровадження маршрутизації із використанням платформи Ant-Logistics. Порівняння собівартості перевезень до та після оптимізації маршрутів показало, що при збереженні загального обсягу перевезень застосування системи дозволило скоротити загальну довжину маршрутів на 15,69 %, а собівартість виконання перевезень — на 8,94 %. Розраховано, що фактична собівартість перевезень за 1 робочий день до впровадження маршрутизації становила 16100,88 грн, тоді як після оптимізації

— 14534,02 грн. З урахуванням витрат на користування платформою Ant-Logistics (127,02 грн на 1 робочий день) отримано економічний ефект у розмірі 1439,84 грн або -8,94% за добу роботи, що свідчить про доцільність впровадження запропонованого рішення.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У результаті виконання магістерської роботи отримано наступні результати:

1. Проаналізовано діяльність ТОВ «ВЕСТОЛ», визначено структуру вантажопотоків та особливості організації доставки тарно-штучних вантажів на підприємстві. Встановлено, що підприємство здійснює перевезення мастильних матеріалів, технічних рідин, інертних матеріалів та виконує міжнародні рейси.

2. Для транспортування тарно-штучних вантажів підприємство використовує власний парк рухомого складу, який включає 2 автомобілі Ford Transit та 2 автомобілі Volkswagen Lt-46, вантажопідйомністю 1,2 – 2,7 тонни. Розглянуто технічні характеристики цих автомобілів.

3. Проаналізовано основні маршрути для доставки вантажів та розраховано техніко-експлуатаційних показники для цих маршрутів. Встановлено, що загальна довжина маршрутів становить 1131,8 км, загальна довжина вантажної їздки – 702,9 км, загальний обсяг перевезеного вантажу – 11 395 кг, а загальний час обороту транспортних засобів – 31,6 год. Проте визначені коефіцієнти використання вантажопідйомності на окремих маршрутах свідчать про доцільність подальшої оптимізації маршрутної мережі.

4. Визначено напрями удосконалення доставки тарно-штучних вантажів, які включають оптимізацію маршрутів, впровадження інформаційних технологій, автоматизацію вантажних операцій, оновлення рухомого складу та розвиток концепцій міської логістики.

5. Проаналізовано алгоритми маршрутизації, зокрема, колонії мурах (АСО) як найбільш гнучкого та адаптивного алгоритму до реальних умов доставки вантажів.

6. Проаналізовано платформу Ant-Logistics, яка є практичним інструментом реалізації мурашиного алгоритму для задач міської та регіональної доставки. Виявлено, що система забезпечує врахування

вантажних, часових, технічних і технологічних обмежень, а також дозволяє автоматизувати формування маршрутів, розподіл навантаження, контроль пробігу та вартості, що значно підвищує ефективність логістичних процесів.

7. Застосовано автоматизовану систему Ant-Logistics для маршрутизації, у результаті цього було побудовано шість раціональних маршрутів загальною довжиною 954,26 км та обсягом перевезень 11 395 кг. Проведено розрахунок техніко-експлуатаційних показників за отриманими маршрутами.

8. Порівняльний аналіз ТЕП до та після маршрутизації показав позитивні зміни: сумарна довжина маршрутів зменшилася на 15,69 %, середній обсяг перевезення на маршрут зріс на 16,67 %, коефіцієнт використання вантажопідйомності — на 8,33 %, середній розмір партії — на 27,59 %, а сумарний час роботи автопарку скоротився на 11,11 %.

9. Виконано розрахунок собівартості перевезень автомобілями Ford Transit та Volkswagen LT-46, визначено загальні експлуатаційні витрати на 1 км пробігу (12,09 грн/км та 15,54 грн/км відповідно).

10. Оцінено економічну ефективність застосування Ant-Logistics для маршрутизації на ТОВ «ВЕСТОЛ». Встановлено, що внаслідок використання даної платформи собівартості перевезень зменшується на 8,94 % та досягається економічний ефект 1439,84 грн за 1 робочий день, з урахуванням витрат на користування платформою.

Таким чином, отримані результати підтверджують доцільність впровадження запропонованих заходів для удосконалення транспортного процесу доставки тарно-штучних вантажів ТОВ «ВЕСТОЛ»

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Гужевська Л. А., Даниленко І. В. Формування розвізно-збірних маршрутів методом Кларка–Райта при доставці експрес-відправлень // Вісник Національного транспортного університету. 2016. № 1. С. 122–129. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vntu_2016_1_17 (дата звернення: 01.11.2025).
2. Загорянський В. Г., Мороз М. М., Король С. О. Оптимізація вантажних робіт і розміщення тарно-штучних вантажів у транспортних засобах і складах із застосуванням методів ергономіки і теорії систем // Транспортні системи та технології перевезень. 2024. № 28. С. 28–33. DOI: <https://doi.org/10.15802/tstt2024/311996>.
3. Тимчук О. С., Проценко Я. А., Парамонов А. І. Застосування алгоритму мурашиної колонії до вирішення задачі декількох комівояжерів без депо // Системи обробки інформації. 2019. № 3(158). С. 73–78.
4. Підходи до управління матеріальними потоками та оптимізації вантажних перевезень : колективна монографія / Н. В. Птиця, К. Г. Ковцур, О. О. Орда, О. С. Колій ; за ред. П. Ф. Горбачова. Харків : СГ НТМ «Новий курс», 2025. 154 с. ISBN 978-617-7886-80-7. DOI: 10.61718/tsl2025m2.
5. Птиця Н. В., Ковцур К. Г. До питання визначення характеру розташування вантажоодержувачів при дослідженні системи доставки // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. 2021. № 1(16). С. 131–136.
6. OpenDataBot. Інформація про підприємство (ЄДРПОУ 39168576). URL: <https://opendatabot.ua/c/39168576> (дата звернення: 02.11.2025).
7. Clarity Project. Дані з ЄДР (ЄДРПОУ 39168576). URL: <https://clarity-project.info/edr/39168576> (дата звернення: 03.11.2025).
8. Технічні характеристики Ford Transit. URL: <https://autoline.ua/-/legkovi-furgoni/Ford/Transit--c1009tm2566m66> (дата звернення: 04.11.2025).
9. Технічні характеристики Volkswagen LT-46. URL: <https://auto.ria.com/uk/truck/volkswagen/lt/> (дата звернення: 05.11.2025).

10. Основи теорії транспортних процесів і систем : курсова робота для здобувачів першого (бакалаврського) рівня / уклад. І. С. Мурований. Луцьк : РВВ ЛНТУ, 2019. 24 с.
11. ANT-Logistics. Побудова маршрутів: налаштування та принципи роботи системи. URL: <https://ant-logistics.com/uk/route-building-settings.html> (дата звернення: 06.11.2025).
12. Канцедаль Н. А., Лега О. В., Морозов Є. О. Цифровізація логістики: нові технології для покращення управління та оптимізації // Економічний простір. 2025. № 199. С. 45–51. URL: <http://economicspace.pgasa.dp.ua/article/view/326831> (дата звернення: 07.11.2025).
13. Загорянський В. Г., Мороз М. М., Король С. О. Оптимізація вантажних робіт і розміщення тарно-штучних вантажів у транспортних засобах і складах із застосуванням методів ергономіки і теорії систем // Транспортні системи та технології перевезень. 2024. № 28. С. 28–33. DOI: <https://doi.org/10.15802/tstt2024/311996>.
14. Литюга Ю., Мельник Є. Міська логістика – стратегічний елемент сталого розвитку міст // Сучасні технології комерційної діяльності і логістики : матеріали II Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. Київ : КНЕУ, 2022. С. 114–116.
15. Бондарук О. Напрями удосконалення транспортного процесу доставки тарно-штучних вантажів у міському сполученні // Інноваційні технології в транспорті та механічній інженерії : тези V студ. наук.-техн. конф. Луцьк : ЛНТУ, 2025. С. 309–310.
16. Clarke G., Wright J. Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points // Operations Research. 1964. Vol. 12, No. 4. P. 568–581.
17. Pichpibul T., Kawtummachai R. An improved Clarke and Wright savings algorithm for the capacitated vehicle routing problem // ScienceAsia. 2012. Vol. 38. P. 307–315. DOI: [10.2306/scienceasia1513-1874.2012.38.307](https://doi.org/10.2306/scienceasia1513-1874.2012.38.307).

18. Aviram N., Shavitt Y. Optimizing Dijkstra for real-world performance // arXiv preprint. 2015. DOI: 10.48550/arXiv.1505.05033.
19. Bell J. E., McMullen P. R. Ant Colony Optimization techniques for the vehicle routing problem // Advanced Engineering Informatics. 2004. Vol. 18, No. 1. P. 41–48. DOI: 10.1016/j.aei.2004.07.001.
20. Мурашиний алгоритм // Вікіпедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Мурашиний_алгоритм (дата звернення: 08.11.2025).
21. Fikejz J., Brázdová M., Jánošíková L. Modification of the Clarke and Wright Algorithm with a Dynamic Savings Matrix // Journal of Advanced Transportation. 2024. Article ID 8753106. 15 p. DOI: 10.1155/2024/8753106.
22. Udhan P., Ganeshkar A., Murugesan P., Permani A., Sanjeeva S., Deshpande P. Vehicle Route Planning using Dynamically Weighted Dijkstra's Algorithm with Traffic Prediction // arXiv preprint. 2022. DOI: 10.48550/arXiv.2205.15190.
23. ANT-Logistics. Офіційний сайт компанії. URL: <https://ant-logistics.com/ua> (дата звернення: 09.11.2025).
24. Праймак О. Інтерв'ю: Як Ant-Logistics допомагає компаніям оптимізувати логістику // Solve Marketing Agency Blog. URL: <https://solve-marketing.agency/blog/en/interv-iu/oleksiy-prymak-en/> (дата звернення: 10.11.2025).
25. Котенко В. І., Бондарук О. В. Порівняльний аналіз алгоритмів маршрутизації для оптимізації доставки вантажів // Матеріали XVIII міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 20–22 жовтня 2025 року. Вінниця : ВНТУ, 2025. С. 244–246. URL: <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/book/926> (дата звернення: 11.11.2025).

26. Olkhova M., Roslavytsev D., Matviichuk O., Mykhalenko A. City Delivery Routes Planning Based on the Ant Colony Algorithm // Science and Technique. 2020. Vol. 19, No. 4. P. 356–362. DOI: <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2020-19-4-356-362> (дата звернення: 12.11.2025).
27. Дмитрієв І. А., Іванілов О. С., Шевченко І. Ю., Кирчата І. М. Економіка підприємств автомобільного транспорту : навчальний посібник. Харків : ФОП Бровін О. В., 2018. 308 с.
28. Трансмiсiйна олива Wolf 75W-90. URL: <https://dok.ua/ua/catalog/transmissionnoe-maslo/vyazkost-75w-90/brand-wolf> (дата звернення: 13.11.2025).
29. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Економіка підприємства». Ч. 2 / уклад. О. О. Плахотнік. Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2013. 64 с.
30. Методичні рекомендації з нормування витрат палива, електричної енергії та мастильних матеріалів / ДП «ДержавтотрансНДІпроект». Ред. 1 від 17.11.2023. URL: <https://share.google/IVhFxUcKglZJm2MUz> (дата звернення: 14.11.2025).
31. Знайдіть правильне мастило для вашого автомобіля. URL: <https://ua.wolflubes.com/uk-ua> (дата звернення: 15.11.2025).

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А.1 – Перелік робочого часу, обсягів вантажу та координат розташування вантажоодержувачів

№	Comp_Name	TimeWork_Beg	TimeWork_End	Unload_Time	QtyW	lat	lng
1	ТОВ "Сіндизель"	8:00	19:00	24	360	50.77658	25.34514
2	ТЗОВ "ДУКАТ-ОЙЛ"	8:00	19:00	29	540	50.77824	25.35187
3	ТОВ "ВЕСЕЛЕ-АГРО"	8:00	19:00	25	405	50.80305	25.04861
4	СГ ТОВ "РОМАНІВ"	8:00	19:00	31	630	50.75009	25.59441
5	ТОВ ПК "УСИЧІ"	8:00	19:00	20	216	50.76049	25.07117
6	ПАТ "ВОЛОДИМИР-ВОЛИНСЬКА ПТАХОФАБРИКА"	8:00	19:00	31	630	50.85266	24.27416
7	СГ ПП "РАТЬ"	8:00	19:00	25	385	50.66717	25.18203
8	ПАТ "СРІБНИЦЯ"	8:00	19:00	33	720	51.05535	24.48705
9	ТОВ "ПРОГРЕС"	8:00	19:00	20	180	50.93481	24.26524
10	ТОВ "НАБУТОК"	8:00	19:00	35	800	50.94078	25.28447
11	ТОВ "ЗЕЛЕНЕ"	8:00	19:00	19	162	50.86012	25.23226
12	С(Ф)Г "ЗОЛОТА НИВА"	8:00	19:00	35	800	50.83953	25.43846
13	СГ ПП "НЕСВІЧ"	8:00	19:00	33	720	50.63636	25.09741
14	ПП "КРАЙ"	8:00	19:00	19	162	51.04425	25.4672
15	ФГ "БЕРІЗКА"	8:00	19:00	24	360	51.29879	24.43773
16	ФГ "КАМЕННЕ"	8:00	19:00	20	180	50.74171	25.37649
17	СГ ВК "УРОЖАЙ"	8:00	19:00	25	385	50.7441	25.22945
18	СГ ПП "ДРУЖБА"	8:00	19:00	22	270	50.65687	25.007
19	ТОВ "ВОЛИНЬ АГРО"	8:00	19:00	24	360	50.39563	25.16703
20	ТОВ "АГРО ВЕРЕС"	8:00	19:00	29	540	50.69873	25.22975
21	ТОВ "П'ЯТИДНІ"	8:00	19:00	22	270	50.85062	24.2204
22	ТОВ "БОБЛИ-АГРО"	8:00	19:00	25	385	51.00584	24.49291
23	ФГ "ПЕРЛИНА ТУРІ"	8:00	19:00	43	1100	51.11118	24.57768
24	СГ ТОВ "РАТНІВСЬКИЙ АГРАРІЙ"	8:00	19:00	24	360	51.67772	24.53424
25	ПОСП ім. ШЕВЧЕНКА	8:00	19:00	25	385	50.56403	25.04674
26	ФГ "АМІЛА"	8:00	19:00	17	90	51.03513	24.62991