Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)
Інженерії машин, споруд та технологій
(назва факультету)
Автотранспорту та логістики
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр

(освітній рівень)

Оптимізація системи доставки замовлень інтернет-магазину в межах міста Тернопіль

Виконав: студент 4 курсу, групи МН-41
напряму підготовки (спеціальності) 275
Транспортні технології (на автомобільному транспорті)
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

(підпис) Борикайло І.Б. (прізвище та ініціали)

Керівник (підпис) Матвіїшин А.Й. (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль (підпис) Цьонь О.П.

Рецензент (підпис) Сташків М.Я. (прізвище та ініціали)

Зав. кафедри (підпис) Цьонь О.П. (прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2026

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра автотранспорту та логістики

Освітній рівень бакалавр

Напрям підготовки 275 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)
(шифр і назва)

Спеціальність
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Цьонь О.П.

«21» січня 2026 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА СТУДЕНТУ

Борикайло Ілоні Борисівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Оптимізація системи доставки замовлень інтернет-магазину в межах міста Тернопіль

Керівник проекту (роботи) Матвіїшин А.Й., к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від « 21 »січня 2026 року № 4/9-33

2. Термін подання студентом проекту (роботи) 15.06.2026 р

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Звіти про господарську діяльність інтернет-магазину

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Особливості організації доставки замовлень інтернет-магазинів.
2. Роль логістики останньої милі в системі міських перевезень.
3. Методи оптимізації маршрутів доставки в міських умовах.
4. Загальна характеристика системи доставки інтернет-магазину «Амперок» та інформаційної бази дослідження.
5. Дослідження параметрів замовлень та просторової концентрації адрес доставки.
6. Виявлення недоліків чинного технологічного процесу доставки замовлень.
7. Аналітичне обґрунтування удосконаленої системи організації доставки замовлень інтернет-магазину у межах міста Тернопіль.
8. Аналіз умов праці та заходи з охорони праці під час організації доставки замовлень інтернет-магазину в межах міста.
9. Заходи з безпеки життєдіяльності та зниження професійних ризиків під час виконання транспортно-логістичних операцій.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці			

7. Дата видачі завдання	**21.01.2026р**

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Розділ 1. Огляд об’єкту дослідження	02.02.2026 р.	
2.	Розділ 2. Заходи із удосконалення транспортного процесу	16.02.2026 р.	
3.	Розділ 3. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	08.06.2026 р.	
4.	Загальні висновки	12.06.2026 р.	
5.	Перелік посилань	12.06.2026 р	

Студент _____ Борикайло І.Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____ Матвіїшин А.Й.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ 5

ВСТУП 7

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Особливості організації доставки замовлень інтернет-магазинів 8

1.2. Роль логістики останньої милі в системі міських перевезень 14

1.3. Методи оптимізації маршрутів доставки в міських умовах 20

РОЗДІЛ 2. ЗАХОДИ ІЗ УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ

2.1. Загальна характеристика системи доставки інтернет-магазину «Амперок» та інформаційної бази дослідження 27

2.2. Дослідження параметрів замовлень та просторової концентрації адрес доставки 35

2.3. Виявлення недоліків чинного технологічного процесу доставки замовлень 39

2.4. Аналітичне обґрунтування удосконаленої системи організації доставки замовлень інтернет-магазину у межах міста Тернопіль 46

РОЗДІЛ 3. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

3.1. Аналіз умов праці та заходи з охорони праці під час організації доставки замовлень інтернет-магазину в межах міста 54

3.2. Заходи з безпеки життєдіяльності та зниження професійних ризиків під час виконання транспортно-логістичних операцій 59

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 64

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 66

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему «Оптимізація системи доставки замовлень інтернет-магазину в межах міста Тернопіль» містить 62 сторінки, 16 таблиць та 8 рисунків.

Об’єктом дослідження є процес організації доставки замовлень інтернет-магазину в межах міської транспортної системи.

Предметом дослідження є організаційні, технологічні та аналітичні методи вдосконалення системи доставки замовлень інтернет-магазину з урахуванням просторового розподілу адрес, параметрів вантажопотоку та нерівномірності попиту.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності системи доставки замовлень інтернет-магазину в межах міста Тернопіль шляхом логістичного зонування території, відокремлення міських і приміських перевезень, хвильового формування маршрутів та консолідації замовлень за адресами і логістичними характеристиками.

Для досягнення поставленої мети проаналізовано особливості організації доставки замовлень у сфері електронної торгівлі, визначено роль логістики останньої милі в системі міських перевезень, розглянуто основні методи оптимізації маршрутів, досліджено чинний технологічний процес доставки інтернет-магазину «Амперок» та обґрунтовано напрями його вдосконалення.

У роботі використано методи системного і порівняльного аналізу, статистичного групування, узагальнення фактичних даних, структурного аналізу вантажопотоків, логістичного зонування, адресної консолідації та розрахунково-аналітичного моделювання.

Інформаційну базу дослідження становили дані про 4968 доставок, виконаних у період із 2 січня до 30 травня 2026 року. Масив спостережень охоплював 125 активних робочих днів, 420 унікальних адрес і 20 маршрутних напрямів. Установлено, що 4704 доставки, або 94,69 % загального обсягу, виконувалися в межах Тернополя, а 264 доставки, або 5,31 %, припадали на приміські напрямки.

За результатами дослідження запропоновано вдосконалену систему доставки, що ґрунтується на поділі території міста на логістичні зони, окремому плануванні міських і приміських рейсів, формуванні трьох часових хвиль доставки та об’єднанні замовлень, спрямованих за однаковими адресами. Виявлено, що на десять найбільш завантажених адрес припадає 36,16 % міського потоку, а на двадцять адрес - 49,57 %, що підтверджує доцільність адресної консолідації.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості застосування запропонованої системи для оперативного планування доставки інтернет-магазину «Амперок», скорочення непродуктивних зупинок, рівномірнішого розподілу навантаження між маршрутами, підвищення продуктивності кур’єрської служби та покращення якості обслуговування клієнтів.

Ключові слова: інтернет-магазин, міська доставка, логістика останньої милі, оптимізація маршрутів, логістичне зонування, адресна консолідація, хвильова доставка, транспортно-логістичний процес.

ВСТУП

Стрімке поширення електронної торгівлі істотно змінило традиційні підходи до організації товароруху та обслуговування споживачів. Інтернет-магазини отримали можливість реалізовувати продукцію без утримання розгалуженої мережі стаціонарних торговельних об’єктів, однак водночас зіткнулися з необхідністю забезпечення своєчасної та зручної доставки товарів до покупців. За таких умов транспортно-логістичний процес стає одним із визначальних чинників ефективності діяльності підприємства, оскільки від швидкості, точності й надійності доставки залежать рівень задоволеності клієнтів, повторюваність покупок та конкурентні позиції продавця.

Найскладнішою частиною логістичного ланцюга електронної торгівлі є доставка на останній милі. Її виконання передбачає обслуговування значної кількості розосереджених адрес, переміщення невеликих партій вантажів, багаторазові зупинки транспортного засобу та постійне коригування послідовності відвідування одержувачів. У міських умовах додатковий вплив на процес доставки мають затори, нерівномірна завантаженість вулично-дорожньої мережі, обмеження руху та паркування, різна віддаленість районів, часові вимоги клієнтів і коливання добового попиту. Унаслідок цього навіть за достатньої кількості транспортних ресурсів нераціональна організація маршрутів може спричиняти надлишковий пробіг, простої, збільшення тривалості рейсів і підвищення собівартості обслуговування одного замовлення.

Особливої актуальності ця проблема набуває для інтернет-магазинів, які самостійно організовують доставку в межах конкретного міста. Відсутність системного групування замовлень за територіальною ознакою, поєднання міських і приміських адрес в одному рейсі, недостатнє врахування повторюваності місць доставки та нерівномірності надходження заявок ускладнюють роботу водіїв-кур’єрів і знижують продуктивність рухомого складу.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Особливості організації доставки замовлень інтернет-магазинів

Доставка замовлень інтернет-магазинів є завершальною та однією з найважливіших ланок електронної торгівлі, оскільки саме на цьому етапі формується кінцеве враження споживача про якість обслуговування, надійність продавця та загальний рівень сервісу. На відміну від традиційної роздрібної торгівлі, де покупець самостійно отримує товар у точці продажу, в електронній комерції процес фізичного переміщення продукції до споживача покладається на продавця або залученого логістичного оператора. Тому доставка виступає не лише технічною операцією транспортування, а й складовою маркетингової, сервісної та конкурентної політики інтернет-магазину.

Сутність організації доставки замовлень полягає у плануванні, координації та контролі сукупності логістичних процесів, що забезпечують своєчасне, повне, безпечне та економічно доцільне доведення товару від складу або пункту комплектації до кінцевого покупця. До таких процесів належать приймання і підтвердження замовлення, обробка інформації в обліковій системі, комплектація товару, пакування, маркування, вибір способу доставки, формування маршрутів, передача замовлення перевізнику, контроль переміщення та вручення товару клієнту (табл. 1.1., рис. 1.1). Отже, доставка є складною багатофункціональною системою, що поєднує інформаційні, складські, транспортні та сервісні операції [4].

Таблиця 1.1

Основні етапи організації доставки замовлення та середня тривалість операцій

Етап	Зміст операції	Середня тривалість, хв	Рівень впливу на сервіс	Типовий ризик
Підтвердження замовлення	Перевірка заявки, оплати, контактних даних покупця	12	Високий	Помилки в контактній інформації
Комплектація	Пошук товару, відбір позицій, перевірка комплектності	18	Високий	Невідповідність залишків на складі
Пакування та маркування	Підготовка до транспортування, наклеювання етикеток	10	Середній	Пошкодження товару при пакуванні
Формування маршруту	Призначення кур'єра, оптимізація адресної послідовності	15	Високий	Неоптимальний маршрут
Доставка клієнту	Переміщення замовлення та вручення отримувачу	65	Критичний	Затори, відсутність клієнта за адресою

Рисунок 1.1 - Середня тривалість етапів виконання замовлення

Організація доставки в інтернет-магазинах має низку особливостей, зумовлених специфікою електронної торгівлі. Передусім вона характеризується індивідуалізованим характером відправлень. Якщо в традиційній логістиці значна частина перевезень здійснюється великими партіями між підприємствами, то інтернет-магазини здебільшого працюють із великою кількістю дрібних замовлень, кожне з яких має окремого одержувача, адресу, часові обмеження та вимоги до сервісу. Це ускладнює планування перевезень, збільшує витрати на обробку одного замовлення та вимагає високого рівня автоматизації.

Іншою важливою особливістю є підвищена залежність якості доставки від швидкості обробки замовлення. Для покупця цінність має не лише факт отримання товару, а й мінімальний час очікування між моментом оформлення покупки та її фактичним врученням. Саме тому сучасні інтернет-магазини прагнуть скоротити цикл виконання замовлення за рахунок автоматичного приймання заявок, оптимізації складських операцій, використання адресного зберігання, попереднього сортування товарів та інтеграції з кур'єрськими службами (табл. 1.2., рис. 1.2., 1.3) [15].

Таблиця 1.2

Залежність рівня задоволеності клієнтів від терміну доставки

Формат доставки	Середній термін доставки, год	Орієнтовна частка логістичних витрат у вартості замовлення, %	Рівень задоволеності клієнтів, %
Стандартна доставка	48	8	78
Прискорена доставка	24	11	86
Доставка в день замовлення	8	15	93
Експрес-доставка до 3 годин	3	19	96

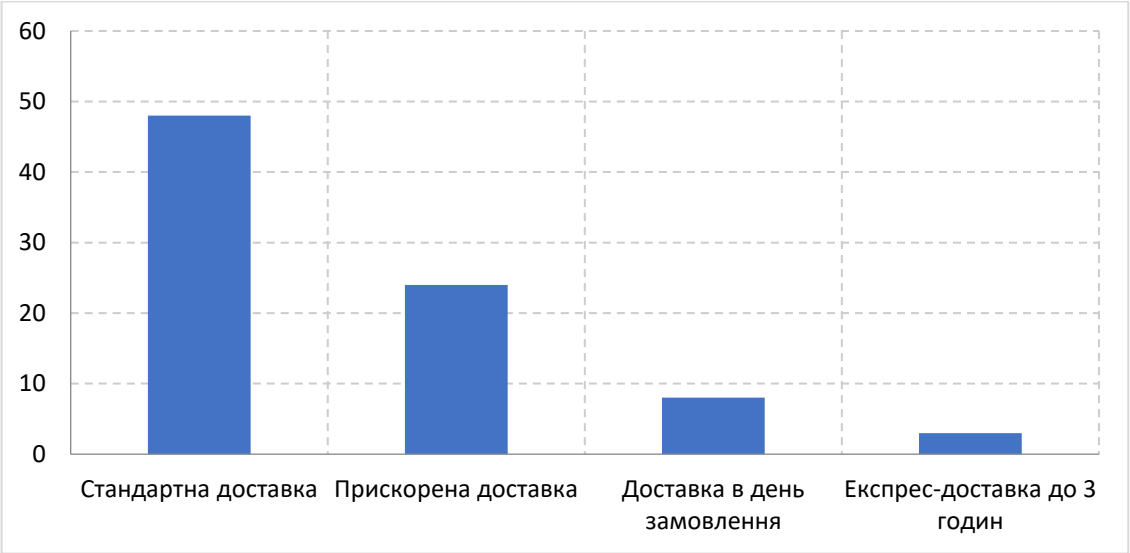

Рисунок 1.2 - Порівняння терміну доставки за форматами сервісу

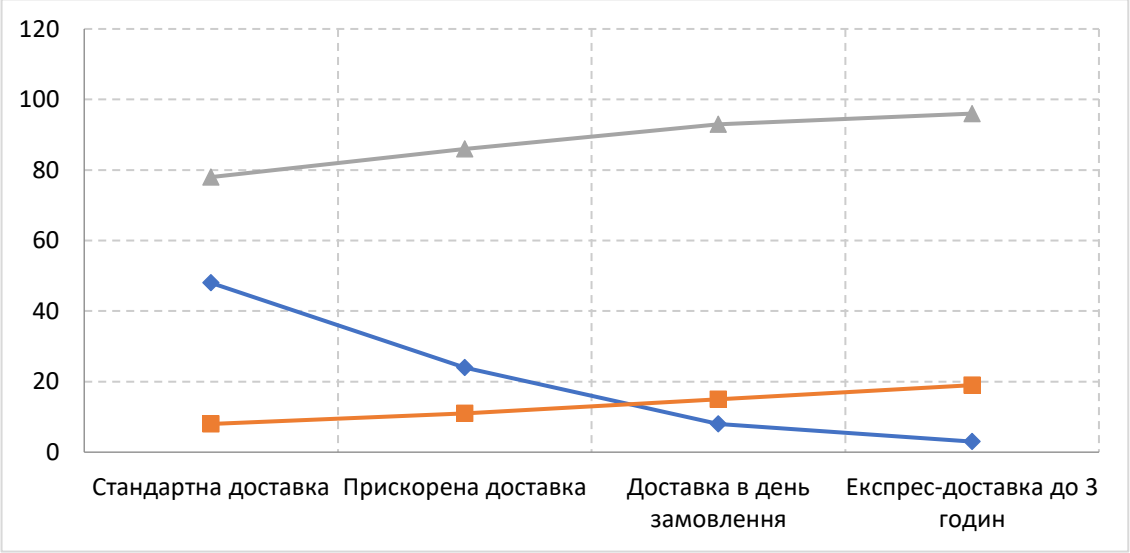

Рисунок 1.3 - Вплив терміну доставки на задоволеність клієнтів

У таких умовах швидкість доставки стає одним із ключових факторів конкурентоспроможності.

Особливість доставки замовлень інтернет-магазинів полягає також у багатоваріантності каналів доведення товару до споживача. Залежно від масштабу діяльності підприємства, географії продажів і характеристик продукції можуть застосовуватися власна кур'єрська служба, залучені логістичні компанії, поштові оператори, пункти видачі замовлень, поштомати, а також комбіновані моделі обслуговування [2]. Вибір конкретного способу доставки залежить від собівартості перевезення, терміновості, густоти замовлень у певному районі,

рівня сервісних очікувань покупців і можливостей контролю за якістю виконання (табл. 1.3, рис. 1.4).

Таблиця 1.3

Порівняльна характеристика способів доставки замовлень інтернет-магазину

Спосіб доставки	Швидкість	Витрати для магазину	Рівень контролю	Гнучкість для клієнта	Доцільність застосування
Власна кур'єрська служба	5	2	5	5	Доцільна для щільних міських маршрутів і великої кількості замовлень
Аутсорсингова кур'єрська служба	4	3	3	4	Ефективна для масштабування без утримання власного штату
Поштовий оператор	3	5	2	3	Раціональна для міжміських відправлень і стандартних замовлень
Поштомат / пункт видачі	4	4	3	5	Зручний варіант для самовивозу та зниження навантаження на «останню милю»

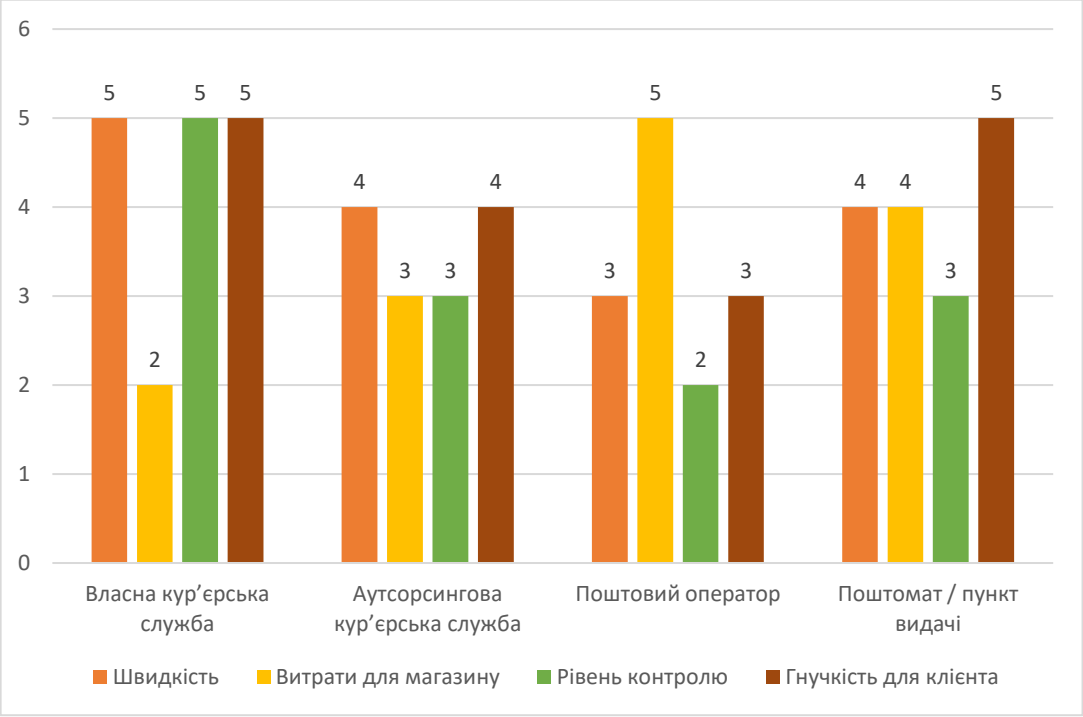

Рисунок 1.4 - Порівняння способів доставки за основними критеріями

Суттєвою рисою є тісний зв’язок доставки з інформаційними технологіями. Організація сучасної доставки неможлива без застосування CRM-систем, систем управління складом, GPS-моніторингу, сервісів маршрутного планування, електронного документообігу та засобів онлайн-відстеження замовлень [9]. Інформаційна підтримка дозволяє зменшити кількість помилок під час комплектації, прискорити передачу замовлення до служби доставки, інформувати покупця про етапи виконання та оперативно реагувати на зміну адреси, часу отримання чи інші уточнення. Таким чином, цифровізація є невід’ємною умовою ефективної організації доставки у сфері електронної комерції.

Важливою особливістю є висока роль клієнтського сервісу. У системі інтернет-торгівлі доставка сприймається покупцем як складова загальної якості обслуговування, тому до неї висуваються вимоги щодо точності строків, зручності отримання, збереження товару, можливості вибору часових інтервалів та простоти повернення [8]. Невчасна доставка, пошкодження упаковки, відсутність зворотного зв’язку або помилки в комплектації негативно впливають на репутацію магазину та можуть спричинити втрату постійних клієнтів. Отже, доставка виконує не лише логістичну, а й комунікаційну та іміджеву функцію.

Організація доставки замовлень інтернет-магазинів залежить і від характеристик товарів. Для малогабаритної продукції акцент робиться на швидкості та масовості обробки, для великогабаритних товарів - на узгодженні часу, спеціалізованому транспорті, вантажно-розвантажувальних роботах і можливості підйому на поверх. Якщо йдеться про крихкі, дорогі, температурно чутливі або швидкопсувні товари, виникає потреба у спеціальних умовах пакування, страхування, контролю мікроклімату та підвищених вимогах до надійності транспортування. Тому універсальної моделі доставки не існує, а її організація повинна враховувати номенклатуру товарів і особливості попиту.

Ще однією характерною рисою є нерівномірність навантаження на систему доставки. Інтернет-магазини часто стикаються з різкими коливаннями обсягів замовлень у пікові періоди - під час свят, акцій, сезонних розпродажів або маркетингових кампаній. Це зумовлює необхідність гнучкого планування

ресурсів, залучення додаткових кур'єрів, резервних транспортних засобів, тимчасового розширення складських потужностей та адаптивного маршрутизування. Недостатня готовність до пікових навантажень призводить до затримок, збільшення кількості помилок і зростання логістичних витрат.

1.2. Роль логістики останньої милі в системі міських перевезень

Логістика останньої милі є одним із ключових елементів сучасної системи міських перевезень, оскільки саме вона забезпечує завершальний етап переміщення товару від розподільчого центру, складу, сортувального хабу або пункту видачі безпосередньо до кінцевого споживача. У структурі міської логістики цей етап має особливе значення, адже безпосередньо формує якість обслуговування населення, впливає на ефективність транспортної системи міста та визначає рівень витрат суб'єктів господарювання на організацію доставки.

Роль логістики останньої милі суттєво зросла під впливом активного розвитку електронної комерції, кур'єрських сервісів, доставки продуктів харчування, медикаментів, побутових товарів та інших категорій продукції, орієнтованих на швидке обслуговування споживачів [10]. Якщо раніше основний акцент у транспортних системах робився на магістральних та міжскладських перевезеннях, то нині саме остання миля дедалі більше визначає загальну результативність логістичного ланцюга. Це пояснюється тим, що завершальний етап доставки є найбільш складним з організаційної точки зору, найбільш витратним у структурі логістичних витрат і водночас найбільш помітним для клієнта [11].

У системі міських перевезень логістика останньої милі виконує кілька важливих функцій. Насамперед вона забезпечує фізичну доступність товарів для населення та суб'єктів господарювання в межах міста. Завдяки її належній

організації споживач отримує необхідний товар у зручний час, у потрібному місці та в належному стані (табл. 1.4).

Таблиця 1.4

Функції логістики останньої милі та їх вплив на систему міських перевезень

№	Функція логістики останньої милі	Сутність функції	Вплив на систему міських перевезень	Ключовий ефект
1	Сервісна	Забезпечує своєчасне доведення замовлення до кінцевого споживача у зручний для нього спосіб.	Підвищує вимоги до точності маршрутів, часових вікон і контролю виконання доставки.	Підвищення якості обслуговування
2	Економічна	Формує значну частку витрат на доставку через дрібнопартійність відправлень і високу частоту рейсів.	Визначає потребу в оптимізації маршрутів, завантаження та використання рухомого складу.	Зменшення собівартості перевезень
3	Транспортна	Організовує завершальний етап переміщення товарів у межах міста.	Впливає на інтенсивність руху, пробіг, частоту зупинок і потребу в місцях короткочасного паркування.	Скорочення непродуктивного пробігу
4	Соціальна	Підвищує доступність товарів для населення, зокрема для маломобільних груп і зайнятих споживачів.	Зменшує потребу в індивідуальних поїздках населення до торгових точок.	Покращення міської мобільності

продовження таблиці 1.4

5	Екологічна	Спрямована на зменшення негативного впливу доставки на довкілля.	Стимулює використання електротранспорту, велосипедної доставки, мікрохабів і консолідації відправлень.	Зниження викидів та шуму
6	Інтеграційна	Поєднує роботу складів, хабів, кур'єрських служб, цифрових платформ і клієнтів.	Забезпечує узгодження різних ланок міської логістичної системи в єдиному процесі.	Підвищення керованості доставки

У зв'язку з цим остання миля виступає не лише транспортною операцією, а й інструментом підвищення рівня сервісу, конкурентоспроможності підприємства та лояльності клієнтів.

Крім сервісної функції, логістика останньої милі відіграє важливу економічну роль. Саме на цій стадії формуються значні витрати, пов'язані з комплектуванням дрібнопартійних відправлень, маршрутизацією, використанням кур'єрського персоналу, простоєм транспортних засобів у заторах, повторними спробами доставки та обслуговуванням повернень. Через це ефективність організації останньої милі безпосередньо впливає на собівартість міських перевезень і фінансові результати підприємств, які працюють у сфері торгівлі, дистрибуції та кур'єрських послуг (табл. 1.5).

Таблиця 1.5

Структура витрат і часових втрат у логістиці останньої милі

Елемент процесу	Частка у витратах, %	Середні часові втрати на 1 доставку, хв	Управлінський висновок
Комплектація замовлення	18	12	Потребує стандартизації складських операцій і адресного зберігання

продовження таблиці 1.5

Пакування та маркування	9	7	Доцільно застосовувати уніфіковані пакувальні рішення
Маршрутизація і диспетчеризація	7	5	Ефективність зростає за використання систем автоматичного планування
Доставка до клієнта	42	28	Ключовий центр витрат; потребує оптимізації пробігу і часових вікон
Повторна доставка	12	11	Зменшується через поштомати, попереднє узгодження та SMS-сповіщення
Повернення товару	8	9	Потребує окремого регламенту зворотної логістики
Адміністративний контроль	4	3	Може бути скорочений за рахунок цифровізації документообігу
Разом	100	75	Підсумковий показник по процесу

Особливе значення логістика останньої милі має для функціонування міської транспортної системи. Велика кількість дрібних доставок у межах населеного пункту створює додаткове навантаження на вулично-дорожню мережу, спричиняє збільшення інтенсивності руху, ускладнює організацію паркування та розвантажувально-навантажувальних операцій, а також підвищує рівень транспортних затримок [1]. За відсутності раціонального планування доставки зростає кількість рейсів із неповним завантаженням транспортних засобів, збільшується непродуктивний пробіг і погіршуються екологічні показники міського середовища. Отже, роль останньої милі полягає також у необхідності збалансувати інтереси бізнесу, населення та міської інфраструктури.

У контексті міських перевезень логістика останньої милі тісно пов’язана з проблемами часу доставки та просторової доступності. Споживачі очікують швидкого виконання замовлень, нерідко в день оформлення або в точно визначений часовий інтервал. Це вимагає від підприємств високого рівня

координації транспортних і складських процесів, застосування сучасних інформаційних систем, використання алгоритмів побудови маршрутів і постійного контролю за рухом транспортних засобів. Таким чином, логістика останньої милі стає сферою, у якій поєднуються транспортне планування, інформаційні технології та управління клієнтським сервісом.

Важливою є й соціальна роль логістики останньої милі. Вона сприяє підвищенню доступності товарів для різних категорій населення, зокрема для осіб похилого віку, маломобільних груп, зайнятих громадян, які не мають можливості особисто відвідувати магазини, а також для жителів віддалених міських районів. Ефективна система останньої милі підвищує комфорт проживання у місті, зменшує необхідність індивідуальних поїздок за товарами та частково трансформує модель міського споживання в напрямі більшої гнучкості та цифровізації.

Суттєвою є також екологічна роль цього виду логістики. Нераціонально організована остання миля призводить до зростання викидів шкідливих речовин, шумового навантаження, перевантаження центральних частин міста транспортними засобами доставки. У зв’язку з цим у сучасній практиці все більшого поширення набувають екологічно орієнтовані рішення: використання електротранспорту, велосипедної кур’єрської доставки, мікрохабів, консолідації відправлень, автоматизованих поштоматів і пунктів самовивозу [3]. Такі заходи дозволяють знизити транспортне навантаження на місто та підвищити екологічну стійкість міських перевезень.

У системі міських перевезень логістика останньої милі виконує ще й інтеграційну функцію. Вона пов’язує між собою роботу магістрального транспорту, складської інфраструктури, роздрібної торгівлі, кур’єрських служб, цифрових платформ та кінцевих споживачів [7]. Саме на цьому етапі логістичний ланцюг набуває завершеності, а результат усіх попередніх операцій оцінюється за фактом успішного вручення товару. Тому навіть ефективно організовані закупівля, складування та міжрегіональне транспортування можуть втратити свою цінність за наявності недоліків на етапі останньої милі.

Особливістю логістики останньої милі в міських умовах є її висока чутливість до зовнішніх факторів. На її ефективність істотно впливають щільність забудови, транспортні затори, обмеження руху в центральних частинах міста, дефіцит місць для зупинки транспорту, сезонні коливання попиту, погодні умови та поведінка споживачів. Через це підприємства мають постійно адаптувати схеми доставки, удосконалювати маршрути, змінювати типи транспортних засобів і шукати нові форми взаємодії з клієнтами. Таким чином, остання миля є не статичним, а динамічним елементом міської логістики, що потребує гнучкого та інноваційного управління.

Таблиця 1.6

Порівняльна характеристика способів організації доставки останньої милі в місті

Спосіб доставки	Середній термін, год	Середня вартість 1 доставки, грн	Екологічність, бали (1–5)	Навантаження на вуличну мережу, бали (1–5)	Гнучкість сервісу, бали (1–5)	Загальна доцільність
Кур’єрський автомобіль	4,5	115	2,0	5,0	5,0	Висока оперативність, але найбільше навантаження на дорожню мережу
Електрофургон	4,8	122	5,0	4,0	5,0	Доцільний для щільних міських маршрутів і екологічно чутливих зон
Велокур’єр	3,2	78	5,0	1,0	4,0	Ефективний для центральної частини міста та коротких дистанцій
Поштомат	8,0	62	4,0	1,0	3,0	Зменшує кількість адресних доставок і повторних рейсів

Пункт видачі замовлень	10,0	55	4,0	2,0	3,0	Раціональний за умови стабільного потоку клієнтів

1.3. Методи оптимізації маршрутів доставки в міських умовах

Оптимізація маршрутів доставки в міських умовах є одним із визначальних напрямів підвищення ефективності транспортно-логістичних систем, оскільки саме від раціональності побудови маршрутів залежить рівень транспортних витрат, тривалість обслуговування клієнтів, продуктивність рухомого складу та якість логістичного сервісу [5]. У межах міста маршрутизація ускладнюється високою щільністю забудови, нерівномірністю транспортних потоків, наявністю заторів, обмеженнями руху на окремих вулицях, різною пропускною спроможністю ділянок дорожньої мережі, дефіцитом місць для короткочасної зупинки транспортних засобів і необхідністю дотримання часових інтервалів доставки. За таких умов оптимізація маршрутів має не лише економічне, а й важливе організаційне значення.

Сутність оптимізації маршрутів доставки полягає у виборі такого порядку відвідування пунктів обслуговування та такої схеми руху транспортних засобів, за яких забезпечується мінімізація пробігу, часу виконання рейсу, витрат пального або сукупних логістичних витрат за умови дотримання встановлених обмежень. Кількісно загальна довжина маршруту визначається як сума відстаней між послідовно відвідуваними пунктами:

$$L_{\text{м}} = \sum_{i=1}^{n-1} l_{i,i+1}, \tag{1.1}$$

де $l_{i,i+1}$- відстань між i-тим та $(i+1)$-тим пунктами маршруту, км;

n- кількість точок доставки.

Чим меншим є значення $L_{\text{м}}$, тим меншими, за інших однакових умов, будуть витрати на виконання доставки та непродуктивний пробіг транспортного засобу.

Поряд із довжиною маршруту важливим критерієм ефективності є загальна тривалість виконання доставки. Вона включає час руху між пунктами та час безпосереднього обслуговування замовників:

$$T_{\text{м}} = \sum_{i=1}^{n-1} t_{i,i+1} + \sum_{i=1}^{n} t_{\text{обс},i}, \tag{1.2}$$

де $t_{i,i+1}$- час руху між суміжними пунктами, год; $t_{\text{обс},i}$- час обслуговування i-того клієнта, год. При цьому час руху на окремій ділянці маршруту може бути визначений залежністю

$$t_{i,i+1} = \frac{l_{i,i+1}}{v_{i,i+1}}, \tag{1.3}$$

де $v_{i,i+1}$- середня швидкість руху транспортного засобу на відповідній ділянці, км/год. У міських умовах цей показник є змінним і залежить від інтенсивності руху, часу доби, наявності світлофорного регулювання та дорожніх обмежень.

Одним із базових методів є побудова найкоротшого шляху між пунктами доставки. Такий підхід застосовується тоді, коли необхідно вибрати оптимальний шлях переміщення між двома або кількома точками в межах міської вулично-дорожньої мережі. У цьому випадку транспортна мережа подається у вигляді графа, де вершини відповідають пунктам доставки або транспортним вузлам, а ребра - окремим ділянкам дорожньої мережі з певними ваговими характеристиками. Критерієм оптимальності може бути довжина, час проїзду або вартість переміщення. Такий метод є доцільним для оперативного вибору маршруту в реальному часі, однак у разі багатоточкової доставки він потребує поєднання з більш складними підходами.

Значного поширення в міській логістиці набула задача комівояжера, яка передбачає визначення найкращої послідовності відвідування пунктів доставки для одного транспортного засобу. Практичне значення цього методу полягає у зменшенні сумарного пробігу, скороченні тривалості рейсу та підвищенні продуктивності доставки. Проте зі збільшенням кількості клієнтів число можливих варіантів маршруту стрімко зростає, тому в реальних умовах для отримання прийнятного результату використовуються не лише точні, а й наближені методи розрахунку.

Для багатомашинних систем доставки застосовуються методи розв'язання задачі маршрутизації транспорту, суть яких полягає у розподілі замовлень між кількома автомобілями та формуванні для кожного з них раціонального маршруту. У загальному вигляді цільова функція такої задачі може бути подана як мінімізація сукупних витрат на переміщення:

$$Z = \sum_{i=0}^{n} \sum_{j=0}^{n} c_{ij}\, x_{ij} \rightarrow \min, \tag{1.4}$$

де c_{ij}- витрати на переміщення з пункту iдо пункту j; x_{ij}- бінарна змінна, яка набуває значення 1, якщо відповідне переміщення включене до маршруту, і 0 - в іншому випадку. Використання такої моделі дає змогу оцінювати альтернативні схеми доставки та обирати найкращий варіант з позиції мінімізації витрат або пробігу.

Обов'язковою умовою побудови реального маршруту є дотримання обмежень за вантажопідйомністю транспортного засобу. Це обмеження може бути подане у вигляді:

$$\sum_{i=1}^{n} q_i\, x_i \leq Q, \tag{1.5}$$

де q_i- маса замовлення i-того клієнта, т; x_i- ознака включення замовлення до маршруту; Q- номінальна вантажопідйомність автомобіля, т. Застосування

цього обмеження дає змогу уникнути перевантаження транспортного засобу та забезпечити технічну й економічну обґрунтованість побудованого маршруту.

Для оцінювання рівня використання транспортного засобу важливим є коефіцієнт завантаження, який визначається як відношення сумарної маси замовлень до номінальної вантажопідйомності автомобіля:

$$\gamma = \frac{\sum_{i=1}^{n} q_i}{Q}, \tag{1.6}$$

Чим ближчим є значення цього коефіцієнта до одиниці, тим повніше використовується потенціал транспортного засобу. Водночас надмірне прагнення до максимального завантаження без урахування часових і просторових факторів може ускладнити маршрут та збільшити тривалість доставки.

У міських умовах значну ефективність демонструє кластеризація точок доставки. Її суть полягає у групуванні замовлень за територіальною близькістю, транспортною доступністю або концентрацією попиту. Після формування таких кластерів кожному з них призначається окремий транспортний засіб або кур’єр, що дозволяє скоротити довжину маршрутів, зменшити дублювання поїздок та підвищити продуктивність виконання доставки. Особливо доцільним цей підхід є для районів із високою щільністю замовлень, де консолідація перевезень забезпечує суттєве скорочення витрат і зменшує навантаження на міську вуличну мережу.

У практиці оперативного планування широко застосовуються евристичні методи оптимізації маршрутів, які дозволяють швидко знаходити раціональні рішення за значної кількості вихідних даних. До них належать метод найближчого сусіда, метод покрокового приєднання пунктів, метод локального покращення та метод заощаджень. Для останнього величина ефекту від об’єднання двох окремих маршрутів в один визначається за формулою:

$$S_{ij} = d_{0i} + d_{0j} - d_{ij}, \tag{1.7}$$

де S_{ij}- величина заощадження при об'єднанні пунктів iта j; d_{0i}і d_{0j}- відстані від складу до відповідних клієнтів; d_{ij}- відстань між клієнтами iта j. Чим більшим є значення S_{ij}, тим доцільніше обслуговувати ці точки в межах одного маршруту. Перевагою евристичних методів є швидкість розрахунку та придатність до використання в умовах динамічного міського середовища.

У складних багатокритеріальних задачах значного поширення набувають метаевристичні методи, зокрема генетичні алгоритми, табу-пошук, метод імітації відпалу, мурашині та ройові алгоритми. Їх застосування доцільне тоді, коли необхідно одночасно врахувати низку критеріїв: мінімізацію відстані, тривалості маршруту, витрат пального, кількості запізнень, рівня транспортного навантаження на окремі ділянки міста та дотримання часових обмежень. Перевага таких підходів полягає в їхній гнучкості та можливості адаптації до реальних умов функціонування системи доставки.

Важливе місце у міській логістиці займають методи динамічного маршрутизування, які передбачають коригування маршруту в реальному часі залежно від фактичної дорожньої ситуації, надходження нових замовлень, скасування доставки або зміни адреси клієнта. У таких умовах заздалегідь сформований маршрут перестає бути статичним планом і перетворюється на гнучку систему управління рухом транспортного засобу. Це особливо важливо для міста, де затори, аварії, ремонтні роботи та тимчасові обмеження руху можуть суттєво впливати на часові параметри доставки.

Окремої уваги потребує врахування часових вікон доставки. У цьому випадку маршрут формується не лише за критерієм найменшого пробігу, а й з урахуванням допустимого інтервалу приймання замовлення конкретним клієнтом. Це обмеження має вигляд:

$$a_i \leq t_i \leq b_i, \tag{1.8}$$

де a_i- початок допустимого інтервалу доставки для i-того клієнта; b_i- кінець допустимого інтервалу; t_i- фактичний час прибуття транспортного засобу. Врахування часових вікон є особливо важливим для офісних центрів,

торговельних підприємств, медичних установ і житлових комплексів, у яких доступ до одержувача можливий лише в межах визначеного часу.

Економічна доцільність оптимізації маршрутів повинна оцінюватися не лише за пробігом і часом, а й за сукупними витратами на виконання доставки. Загальні витрати на маршрут можуть бути визначені за формулою [14]:

$$C_{\text{м}} = c_{\text{км}} \cdot L_{\text{м}} + c_{\text{год}} \cdot T_{\text{м}} + C_{\text{дод}}, \tag{1.9}$$

де $C_{\text{м}}$- сумарні витрати на маршрут, грн; $c_{\text{км}}$- питомі витрати на 1 км пробігу, грн/км; $c_{\text{год}}$- питомі витрати на 1 год роботи транспортного засобу, грн/год; $C_{\text{дод}}$- додаткові витрати, пов'язані з паркуванням, простоєм, повторною доставкою та іншими операціями, грн. Такий підхід дає змогу більш повно враховувати вплив міських умов на економічний результат функціонування системи доставки.

Для характеристики корисного результату роботи транспортного засобу доцільно визначати транспортну роботу на маршруті:

$$W = \sum_{i=1}^{n} q_i \cdot l_i, \tag{1.10}$$

де q_i- маса вантажу, доставленого i-тому клієнту, т; l_i- відстань перевезення відповідної партії вантажу, км. Цей показник дозволяє оцінити фактичний обсяг виконаної роботи та використовується для порівняння різних варіантів маршрутизації.

Ефективність упровадження оптимізованих маршрутів доцільно оцінювати за відносним скороченням пробігу, часу та сукупних витрат. Зокрема, відносна економія пробігу визначається за формулою

$$E_L = \frac{L_{\text{до}} - L_{\text{після}}}{L_{\text{до}}} \cdot 100\%, \tag{1.11}$$

де; $L_{\text{до}}$- довжина маршруту до оптимізації, км; $L_{\text{після}}$- довжина маршруту після оптимізації, км. Аналогічно відносне скорочення часу виконання доставки можна подати як

$$E_T = \frac{T_{\text{до}} - T_{\text{після}}}{T_{\text{до}}} \cdot 100\%, \tag{1.12}$$

де $T_{\text{до}}$- тривалість доставки до оптимізації, год; $T_{\text{після}}$- тривалість доставки після оптимізації, год.

Окремим підсумковим показником є економічний ефект від упровадження нового маршруту, який визначається як різниця між витратами до та після оптимізації:

$$E_C = C_{\text{до}} - C_{\text{після}}, \tag{1.13}$$

де $C_{\text{до}}$- витрати до оптимізації, грн; $C_{\text{після}}$- витрати після оптимізації, грн. Додатне значення цього показника свідчить про доцільність упровадження нового маршруту та підтверджує ефективність використаного методу оптимізації.

Методи оптимізації маршрутів доставки в міських умовах становлять комплекс взаємопов’язаних організаційних, аналітичних і цифрових інструментів, спрямованих на підвищення ефективності перевезень, скорочення витрат і поліпшення якості логістичного сервісу. Їх застосування дозволяє раціонально використовувати транспортні засоби, зменшувати непродуктивний пробіг, враховувати обмеження міського середовища, дотримуватися часових вікон доставки та забезпечувати своєчасне виконання замовлень. Саме тому в умовах зростання обсягів електронної комерції, посилення урбанізаційних процесів і підвищення вимог споживачів удосконалення методів маршрутизації стає одним із головних напрямів розвитку сучасної міської логістики.

РОЗДІЛ 2. ЗАХОДИ ІЗ УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ

2.1. Загальна характеристика системи доставки інтернет-магазину «Амперок» та інформаційної бази дослідження

Об’єктом дослідження в роботі є технологічний процес доставки замовлень інтернет-магазину «Амперок» у межах міста Тернопіль. Магазин спеціалізується на реалізації електротехнічної продукції та пропонує широкий асортимент товарів, зокрема розетки, вимикачі, низьковольтну продукцію, бокси та щити, освітлювальне обладнання, LED-підсвітку, кабельно-провідникову продукцію, а також електромонтажні товари. На офіційному сайті магазину вказано, що компанія працює понад 20 років, а пункт видачі та самовивозу в Тернополі розташований за адресою вул. Бродівська, 44.

Специфіка товарного асортименту інтернет-магазину зумовлює особливості організації доставки. На відміну від доставки у сфері продовольчих товарів або готової споживчої продукції, електротехнічні замовлення мають істотну неоднорідність за масою, габаритами, крихкістю, комплектністю та вартістю. Окремі замовлення можуть містити дрібну електрофурнітуру, що не створює значного навантаження на транспортний засіб, тоді як інші партії включають кабельну продукцію, щитове обладнання, світильники або монтажні комплекти, що потребують більшої вантажомісткості, належного пакування та раціонального розміщення під час перевезення. Крім того, частина клієнтів здійснює разові покупки для побутових потреб, а частина - систематичні закупівлі для електромонтажних і ремонтних робіт. Це зумовлює необхідність диференційованого підходу до організації міської доставки, коли маршрутизація, консолідація замовлень та часове планування мають враховувати не лише географію адрес, а й характер вантажопотоку.

Для магазину «Амперок» доставка виконує не лише функцію фізичного переміщення товару від продавця до покупця, а й формує важливу частину рівня сервісу. У сегменті електротехнічної продукції швидкість постачання часто впливає на хід ремонтних, монтажних або будівельних робіт, тому своєчасність доставки безпосередньо визначає задоволеність клієнтів і конкурентоспроможність підприємства. За таких умов логістична система повинна забезпечувати мінімізацію часу виконання замовлення, зниження непродуктивного пробігу, належний рівень завантаження транспортних засобів та високу передбачуваність обслуговування.

Інформаційною базою дослідження є фактичний масив даних про виконані доставки інтернет-магазину «Амперок» за період з 02.01.2026 р. по 30.05.2026 р. Аналізовано вибірку, що містить 4968 доставок, виконаних упродовж 125 активних днів спостереження. У масиві зафіксовано 420 унікальних адрес та 20 маршрутів, що дозволяє оцінити як часову, так і просторову структуру процесу доставки. За своїм змістом інформаційна база є достатньо повною для дослідження, оскільки містить відомості про дату доставки, адресу одержувача, маршрут, належність до підрозділу, вагу та об’єм замовлення. Саме такі параметри є ключовими для оцінювання інтенсивності міського потоку, виявлення повторюваних адрес, групування замовлень та пошуку резервів оптимізації.

Узагальнена характеристика використаного масиву даних наведена в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Загальна характеристика масиву даних про доставки інтернет-магазину «Амперок»

Показник	Значення
Період дослідження	02.01.2026 – 30.05.2026
Загальна кількість доставок	4968
Кількість активних днів спостереження	125
Кількість унікальних адрес	420
Кількість маршрутів	20

продовження таблиці 2.1

Кількість міських доставок у межах Тернополя	4704
Частка міських доставок, %	94,7
Кількість доставок поза межами міста	264
Частка приміських доставок, %	5,3
Сумарна вага доставок, кг	191373,84
Середня вага одного замовлення, кг	38,62
Медіанна вага одного замовлення, кг	8,17
Сумарний об’єм доставок, м³	708,34
Середній об’єм одного замовлення, м³	0,174
Кількість унікальних маршрутних напрямів	20

Наведені дані свідчать, що фактична система доставки магазину має виражену орієнтацію саме на міське обслуговування. Із загальної кількості 4968 доставок 4704 доставки, або 94,7%, виконано в межах міста Тернопіль. Частка приміських перевезень є незначною і становить лише 5,3%. Це дає підстави вважати, що основний логістичний потік формується саме в межах міської мережі, а відтак головні резерви підвищення ефективності слід шукати у вдосконаленні внутрішньоміських маршрутів, часових слотів, зонування території та порядку консолідації замовлень.

Важливою характеристикою досліджуваного потоку є неоднорідність замовлень за вагою. Середня маса одного замовлення становить 38,62 кг, тоді як медіанне значення дорівнює лише 8,17 кг. Така різниця свідчить про наявність у вибірці окремих великих і важких поставок, які суттєво впливають на середній показник. Отже, при організації доставки недоцільно орієнтуватися лише на усереднені значення, оскільки вони не відображають реальної структури попиту. Для обґрунтованого планування необхідно враховувати співіснування двох основних потоків: масового потоку дрібних і середніх замовлень та менш численного, але логістично складнішого потоку великогабаритних відправлень.

Просторова структура доставок також має важливе значення для цілей дослідження. Наявність 420 унікальних адрес за п’ять місяців спостереження підтверджує достатньо широку адресну базу клієнтів. Водночас значна концентрація доставок припадає на окремі адресні точки, що створює передумови для формування зон обслуговування, виділення адресних кластерів

та застосування маршрутів із попереднім групуванням замовлень. Такий підхід є особливо важливим для умов міської доставки, оскільки щільність замовлень по окремих районах безпосередньо впливає на тривалість рейсу, кількість точок обслуговування, рівень завантаження кур'єра та величину непродуктивного пробігу.

Окремо слід відзначити, що досліджуваний масив даних охоплює не один випадковий короткий часовий інтервал, а п'ять місяців стабільної операційної діяльності підприємства (рис. 2.1).

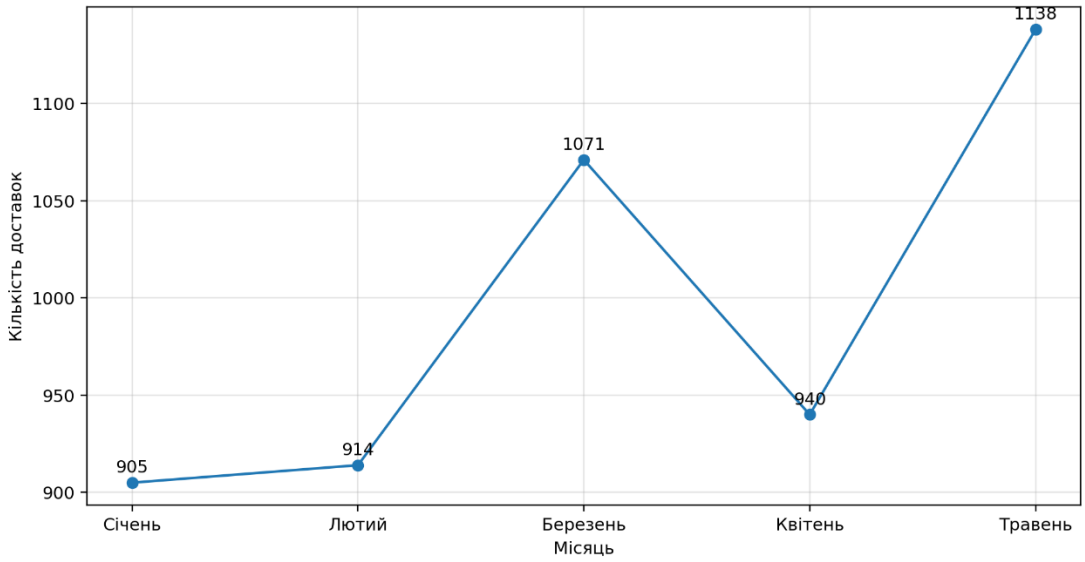

Рисунок 2.1 - Динаміка кількості доставок за місяцями

Важливою характеристикою інформаційної бази є також нерівномірний розподіл доставок за днями тижня, що впливає на рівень навантаження на транспортну систему підприємства (рис. 2.2).

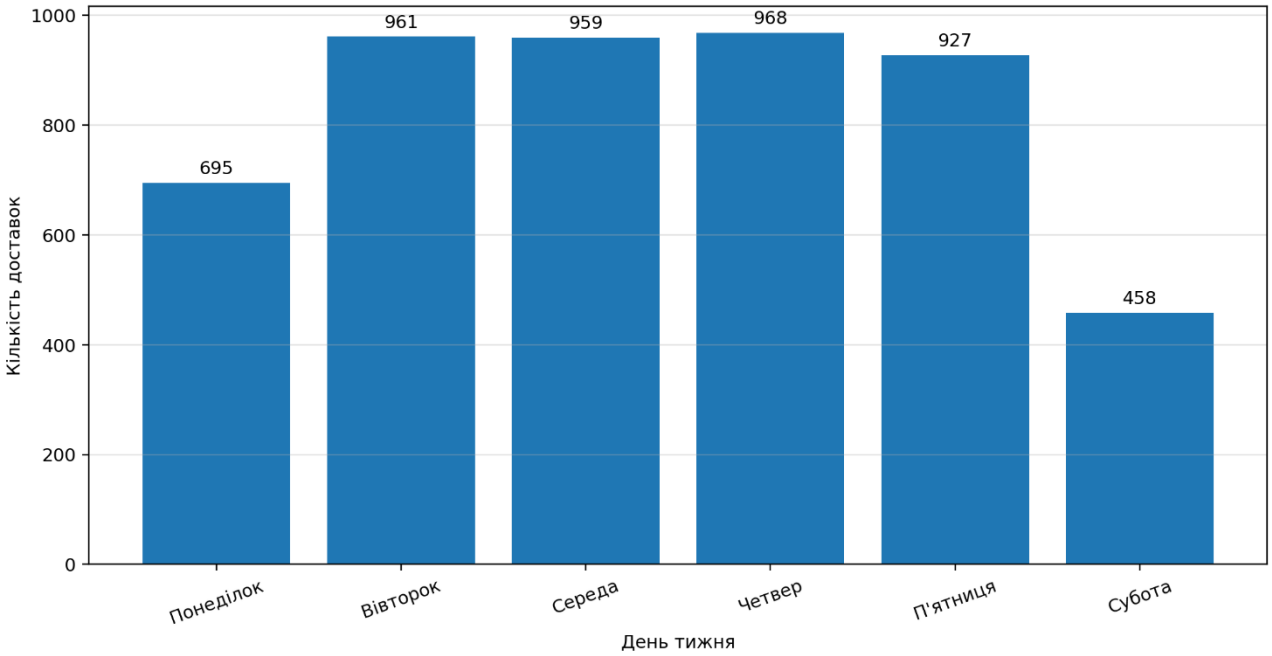

Рисунок 2.2 - Розподіл доставок за днями тижня

Це дозволяє простежити закономірності в роботі системи доставки, виявити сталі характеристики міського вантажопотоку та мінімізувати вплив випадкових відхилень. Крім того, наявність даних щодо маршрутів, адрес, ваги й об’єму замовлень створює достатнє аналітичне підґрунтя для подальших розрахунків, пов’язаних із оцінкою інтенсивності доставки, виявленням дублювань адрес у межах одного дня, дослідженням завантаження транспортних засобів і розробленням пропозицій щодо вдосконалення технологічного процесу.

Вибір саме міської доставки в межах Тернополя як основного об’єкта оптимізації є обґрунтованим з кількох причин. По-перше, переважна більшість доставок виконується саме в межах міста, тому будь-яке навіть незначне підвищення ефективності цього сегмента матиме відчутний загальний результат для підприємства. По-друге, міське середовище характеризується високою щільністю адрес, складнішою дорожньою ситуацією, часовими втратами на під’їзд і паркування, а також значною варіативністю тривалості обслуговування клієнтів. По-третє, у межах міста існують найбільші можливості для консолідації замовлень, скорочення порожнього пробігу та оптимізації маршрутів за рахунок групування близько розташованих адрес. По-четверте, саме у міському сегменті

доставка є найбільш чутливою до якості організації процесу, оскільки клієнт очікує швидкого та передбачуваного сервісу.

Аналіз масиву доставок показав, що найбільша частка замовлень формується дистрибуційним напрямом, що визначає основне навантаження на систему міської доставки. Структуру доставок за підрозділами наведено на рис. 2.3.

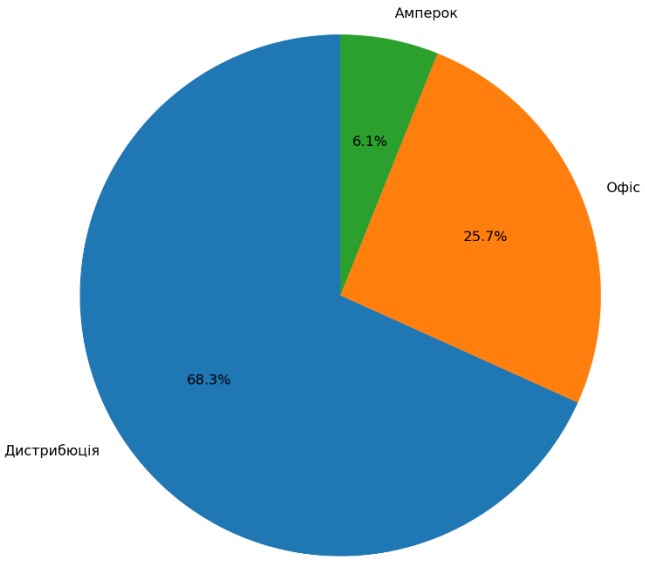

Рисунок 2.3 - Структура доставок за підрозділами

Ефективність технологічного процесу доставки значною мірою визначається фактичними обсягами перевезень, структурою замовлень та нерівномірністю навантаження в часі. Для оцінювання особливостей функціонування системи доставки інтернет-магазину «Амперок» у межах міста Тернопіль доцільно проаналізувати загальну кількість доставок, співвідношення міських і приміських перевезень, динаміку замовлень за місяцями, структуру доставок за підрозділами та розподіл навантаження за днями тижня.

За досліджуваний період загальна кількість виконаних доставок становила 4968 одиниць. При цьому середня інтенсивність обслуговування дорівнювала 39,7 доставки на один активний день. Отримані значення свідчать про достатньо високий рівень щоденного навантаження на логістичну систему підприємства, особливо з урахуванням того, що доставка охоплює як стандартні, так і термінові замовлення з різними вимогами до часу виконання. Уже на цьому етапі можна стверджувати, що доставка для досліджуваного інтернет-магазину є не

допоміжною, а однією з ключових операційних функцій, яка безпосередньо впливає на якість обслуговування клієнтів.

Важливою характеристикою потоку є співвідношення міських і приміських перевезень. Із загальної кількості 4968 доставок 4704 доставки, або 94,7%, виконано в межах міста Тернопіль, тоді як лише 264 доставки, або 5,3%, припадає на адреси поза містом. Така структура однозначно підтверджує, що головне навантаження формує саме внутрішньоміський сегмент обслуговування. Відповідно, будь-які заходи щодо вдосконалення маршрутизації, зонування міста, скорочення непродуктивного пробігу та підвищення точності часових інтервалів матимуть найбільший ефект саме в межах міської доставки. Невелика частка приміських рейсів, навпаки, дає підстави розглядати їх як окремий потік, який не повинен знижувати ефективність основної міської логістичної системи.

Розподіл доставок за місяцями свідчить про нерівномірний характер попиту впродовж досліджуваного періоду. Найменша кількість доставок зафіксована у січні - 905, тоді як максимальне значення спостерігається у травні - 1138. У лютому обсяг доставок майже не змінився порівняно із січнем і становив 914 замовлень, після чого у березні відбулося суттєве зростання до 1071 доставки. У квітні спостерігалося певне скорочення до 940 доставок, однак уже у травні система досягла найвищого навантаження за весь період спостереження. У цілому приріст між січнем і травнем становив 25,7%, що свідчить про позитивну динаміку попиту на доставку та зростання ролі логістичної складової в діяльності підприємства (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Динаміка кількості доставок за місяцями

Місяць	Кількість доставок, од.	Частка у загальному обсязі, %	Відхилення до попереднього місяця, %
Січень	905	18,2	–
Лютий	914	18,4	+1,0
Березень	1071	21,6	+17,2
Квітень	940	18,9	-12,2
Травень	1138	22,9	+21,1
Разом	4968	100,0	–

Наведені в табл. 2.2 дані дозволяють зробити кілька важливих висновків. По-перше, попит на доставку не є стабільним у часі, а змінюється хвилеподібно. По-друге, система доставки повинна бути адаптивною до коливань навантаження, оскільки робота в режимі фіксованого транспортного ресурсу без урахування сезонних або місячних змін може призводити до перевантаження в пікові періоди. По-третє, зростання обсягів доставок у березні та травні свідчить про необхідність резервування пропускної спроможності для забезпечення належної швидкості обслуговування в періоди підвищеного попиту. Саме тому під час удосконалення технологічного процесу слід орієнтуватися не лише на середні значення, а й на пікові режими функціонування системи.

Структура доставок за підрозділами також є показовою для оцінки організації логістичного процесу. Найбільша кількість доставок припадає на підрозділ «Дистрибюція» - 3391 доставка, або 68,3% від загального обсягу. Підрозділ «Офіс» сформував 1275 доставок, що становить 25,7%, тоді як на напрям «Амперок» припадає 302 доставки, або 6,1%. Така структура дає підстави стверджувати, що основний транспортний потік генерується саме дистрибуційною складовою, а отже оптимізація міських маршрутів насамперед повинна орієнтуватися на потреби цього напряму (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Структура доставок за підрозділами

Підрозділ	Кількість доставок, од.	Частка у загальному обсязі, %
Дистрибюція	3391	68,3
Офіс	1275	25,7
Амперок	302	6,1
Разом	4968	100,0

Аналіз табл. 2.3 показує, що майже дві третини всіх доставок зосереджено в межах одного функціонального напряму. Це означає, що саме для дистрибуційного потоку доцільно розробляти детальніші рішення щодо зонування території міста, укрупнення партій замовлень за близькими адресами та виділення стабільних часових хвиль доставки. Водночас відносно менша частка підрозділів «Офіс» і «Амперок» не зменшує їх логістичного значення, але

свідчить про доцільність диференційованого підходу до планування транспортної роботи залежно від джерела формування замовлення.

Не менш важливим є аналіз навантаження за днями тижня, оскільки саме він дозволяє виявити часову нерівномірність роботи системи доставки. Найбільша кількість доставок припадає на четвер - 968, вівторок - 961 та середу - 959 доставок. Досить високим є також показник п’ятниці - 927 доставок. Натомість у понеділок обсяг становить 695 доставок, а в суботу - лише 458. У відносному вираженні на вівторок, середу, четвер і п’ятницю припадає 76,8% усіх доставок, тоді як субота формує лише 9,2% загального потоку. Такі значення свідчать про суттєву нерівномірність навантаження впродовж тижня.

Нерівномірність тижневого розподілу має важливе практичне значення для удосконалення логістичної системи. По суті, найбільш інтенсивна частина роботи концентрується в середині та наприкінці робочого тижня, тоді як початок і завершення тижня характеризуються нижчим навантаженням. Це означає, що під час планування доставки недоцільно застосовувати однакові нормативи кількості рейсів, чисельності кур’єрів і тривалості змін для всіх днів тижня. Більш ефективним є підхід, за якого транспортні ресурси гнучко перерозподіляються залежно від фактичного навантаження: у вівторок–п’ятницю доцільно посилювати міський потік, а в суботу використовувати полегшений режим доставки або обслуговувати переважно відкладені та менш термінові замовлення.

2.2. Дослідження параметрів замовлень та просторової концентрації адрес доставки

Для обґрунтування напрямів удосконалення системи міської доставки недостатньо проаналізувати лише загальні обсяги перевезень. Не менш важливим є дослідження параметрів самих замовлень, оскільки саме вага, об’єм,

повторюваність адрес і просторова концентрація точок обслуговування визначають логістичний профіль доставки та впливають на вибір підходів до маршрутизації. У випадку інтернет-магазину «Амперок» така оцінка є особливо актуальною, оскільки асортимент електротехнічної продукції включає як дрібні комплектуючі, так і більш масивні товари, що створює неоднорідний потік відправлень.

Передусім доцільно проаналізувати вагові параметри замовлень. За досліджуваний період сумарна вага доставлених замовлень становила 191373,84 кг. Середня вага одного замовлення дорівнювала 38,62 кг, тоді як медіанне значення становило лише 8,17 кг. Така суттєва різниця між середнім і медіанним показниками свідчить про асиметричність розподілу та наявність у загальному масиві окремих великогабаритних або важких відправлень, які істотно впливають на середню величину. Отже, під час планування доставки орієнтуватися лише на середню масу замовлення недоцільно, оскільки вона не відображає реальної структури більшості відправлень.

Для більш детальної оцінки вагової структури замовлення було згруповано за п’ятьма ваговими інтервалами. Класифікація охоплює 4955 замовлень, тобто для незначної частини записів вага не була віднесена до жодної з визначених груп. Результати групування наведено в табл. 2.4.

Таблиця 2.4

Групування замовлень за ваговими інтервалами

Ваговий інтервал	Кількість замовлень, од.	Частка у класифікованій сукупності, %
до 5 кг	1877	37,9
5–20 кг	1615	32,6
20–100 кг	1055	21,3
100–500 кг	357	7,2
понад 500 кг	51	1,0
Разом	4955	100,0

З наведених у табл. 2.4 даних видно, що основний масив доставок формують дрібні та середні за вагою замовлення. Так, категорії до 5 кг і 5–20 кг разом охоплюють 3492 замовлення, або 70,5% усієї класифікованої сукупності.

Це означає, що переважна частина міського потоку складається з відправлень, які не потребують значної вантажомісткості транспортного засобу, проте вимагають високої частоти зупинок, швидкого адресного обслуговування та ефективного групування за маршрутами. Водночас частка замовлень масою понад 100 кг хоч і є відносно невеликою, але становить 408 доставок, тобто такі відправлення не можна ігнорувати під час побудови системи доставки. Саме вони створюють підвищене навантаження на транспортний засіб, збільшують час завантаження й розвантаження та можуть вимагати окремого планування або спеціальних рейсів.

Таким чином, аналіз вагових параметрів підтверджує, що замовлення мають різний логістичний профіль. Основний потік представлений дрібно- та середньопартійними відправленнями, для яких ключовим завданням є ущільнення маршрутів і зниження кількості порожніх переміщень. Натомість важкі замовлення мають вищу трудомісткість обслуговування і повинні враховуватись окремо при формуванні транспортних завдань. Це обґрунтовує доцільність диференційованого підходу до маршрутизації, коли дрібні замовлення групуються за територіальною близькістю, а великі - плануються з урахуванням вантажопідйомності, часу обслуговування та доцільності виділення окремого рейсу.

Не менш важливим є аналіз об’єму замовлень, оскільки саме цей параметр поряд із вагою впливає на можливість консолідації вантажу у транспортному засобі. За досліджуваний період сумарний об’єм доставлених замовлень становив 708,34 м³. Середній об’єм одного замовлення дорівнював 0,174 м³, тоді як медіанне значення - лише 0,04 м³. Як і у випадку з вагою, істотне перевищення середнього показника над медіанним свідчить про нерівномірність потоку та наявність окремих об’ємних замовлень, що формують підвищене навантаження на транспортну систему. Водночас слід врахувати, що приблизно 18,1% записів не містять повністю заповненого поля об’єму, що дещо обмежує точність поглиблених логістичних розрахунків. Проте навіть наявні дані дають підстави стверджувати, що система доставки працює в умовах одночасного обслуговування як дрібних, так і відносно громіздких відправлень, а отже при

маршрутизації необхідно враховувати не лише кількість адрес, а й фактичне вантажне навантаження на рейс.

Для оцінювання просторової організації потоку суттєве значення має аналіз концентрації доставок за адресами. У досліджуваному масиві зафіксовано 420 унікальних адрес, що свідчить про достатньо широку географію обслуговування в межах міста та прилеглих зон. Проте фактичний розподіл доставок за адресами є нерівномірним: значна частка замовлень концентрується у відносно невеликій кількості точок. Топ-10 адрес за частотою доставок наведено в табл. 2.5.

Таблиця 2.5

Топ-10 адрес за частотою доставок у межах міста Тернопіль

Адреса доставки	Кількість доставок, од.	Частка міських доставок, %
вул. Бродівська, 44	489	10,4
вул. Шептицького, 23	179	3,8
вул. Шептицького, 3	178	3,8
вул. Текстильна, 28Ч	153	3,3
вул. Шептицького, 23, ринок Котломонтаж	134	2,8
вул. Об’їзна, 12, ринок Західний	130	2,8
вул. Лесі Українки, 19	121	2,6
вул. Тролейбусна, 17	118	2,5
вул. Тарнавського, 34	102	2,2
вул. Київська, 8А	97	2,1
Разом по топ-10	1701	36,2

Як видно з табл. 2.5, лише десять найбільш активних адрес формують 1701 доставку, або 36,2% усіх міських перевезень. Це є дуже високим рівнем адресної концентрації, який свідчить про наявність стійких центрів попиту. Особливо виділяється адреса вул. Бродівська, 44, на яку припадає 489 доставок, або 10,4% міського потоку. Така концентрація означає, що система доставки не є рівномірно розподіленою по всій території міста, а тяжіє до окремих осередків. Для логістики це має принципове значення, оскільки дозволяє переходити від

хаотичного формування маршрутів до виділення адресних кластерів і зон регулярного обслуговування.

Висока концентрація замовлень підтверджується також аналізом повторюваності доставок на одну адресу. У масиві зафіксовано 492 випадки, коли одна й та сама адреса фігурувала більше одного разу в межах одного дня. Загалом такі повторювані комбінації охоплюють 1302 доставки, тобто 26,2% загального масиву. Навіть якщо не враховувати найбільш виражену адресу-концентратор, залишається 817 доставок, або 16,4% від загальної кількості, що також є суттєвим показником. Це означає, що значна частина замовлень має потенціал для консолідації в межах одного рейсу, за умови своєчасного погодження комплектування, часових слотів і черговості відвідування точок.

Для практики організації доставки цей результат є надзвичайно важливим. Повторюваність замовлень на одну адресу в межах дня означає, що наявна система не завжди повною мірою використовує можливості укрупнення відправлень. У разі впровадження попереднього групування заявок за адресою та часовим інтервалом можна зменшити кількість заїздів, скоротити пробіг, знизити витрати часу на обслуговування та підвищити продуктивність кур'єра. Таким чином, саме адресна концентрація та повторюваність доставок створюють один із найвагоміших резервів для вдосконалення міської маршрутизації.

2.3. Виявлення недоліків чинного технологічного процесу доставки замовлень

Проведений аналіз обсягів, структури та параметрів доставок дав змогу виявити низку суттєвих недоліків чинного технологічного процесу доставки замовлень інтернет-магазину «Амперок» у межах міста Тернопіль. Їх наявність безпосередньо впливає на тривалість виконання замовлень, собівартість міських рейсів, рівень транспортного навантаження та якість обслуговування клієнтів.

Особливістю досліджуваної системи є те, що вона функціонує в умовах значного переважання міського потоку, оскільки 94,7% усіх доставок здійснюється саме в межах Тернополя. За таких умов навіть локальні організаційні недоліки масштабуються на всю систему доставки та формують помітні втрати часу і ресурсів.

Першим суттєвим недоліком є відсутність повноцінного логістичного зонування міста. Аналіз адресної структури показав, що значна частка замовлень концентрується у відносно невеликій кількості точок, а топ-10 адрес формують 36,2% міського потоку. Незважаючи на це, доставка не має чітко структурованого зонального поділу з фіксованими принципами обслуговування окремих частин міста. За відсутності зонування маршрути формуються переважно ситуативно, залежно від поточного надходження замовлень, а не за принципом географічного ущільнення. Це призводить до надлишкових міжрайонних переміщень, зростання непродуктивного пробігу та ускладнення прогнозування часу прибуття кур’єра до клієнта.

Другим недоліком є неузгодженість між етапом комплектування замовлень і формуванням маршруту доставки. Якщо товари комплектуються лише за моментом надходження заявки або номером замовлення без урахування черговості адрес у рейсі, то виникає додатковий час на сортування та пошук вантажу перед виїздом або безпосередньо під час вручення замовлення. Для електротехнічної продукції це особливо критично, оскільки одна доставка може містити значну кількість дрібних позицій, що ускладнює швидке відвантаження клієнту. У результаті транспортний процес втрачає ритмічність, а фактичний час обслуговування кожної адреси зростає.

Третім суттєвим недоліком є наявність повторних виїздів на однакові адреси в межах одного дня. У системі зафіксовано 492 випадки повторення адрес, що охоплюють 1302 доставки, або 26,2% загального масиву. Навіть без урахування найбільш концентрованої адреси частка таких доставок становить 16,4%, що є вагомим резервом для оптимізації. Це свідчить про те, що чинна схема планування не забезпечує належної консолідації замовлень за адресою та часовим інтервалом. Наслідком є збільшення кількості заїздів, зайві витрати

пального, зростання транспортної роботи та перевантаження кур’єрів у пікові години.

Четвертим недоліком є змішування міських і приміських потоків у межах єдиної системи організації доставки. Хоча частка приміських перевезень становить лише 5,3%, вони мають інший логістичний профіль: більший пробіг на одне замовлення, вищу часову невизначеність, іншу інтенсивність адресного обслуговування та меншу щільність точок доставки. Якщо такі замовлення плануються разом із внутрішньоміськими, це призводить до зниження ефективності міських маршрутів, порушення часових слотів і нерівномірного використання транспортного ресурсу. Таким чином, навіть невелика за обсягом приміська частина потоку за відсутності окремого режиму планування здатна погіршувати ефективність основного міського сегмента.

П’ятим недоліком є недостатня диференціація дрібних, середніх і великогабаритних замовлень. Аналіз вагової структури показав, що 70,5% замовлень мають вагу до 20 кг, тобто належать до дрібного та середнього сегмента. Разом з тим у потоці наявні замовлення масою понад 100 кг, які мають значно інший рівень трудомісткості обслуговування. Якщо такі відправлення включаються до стандартних маршрутів без попереднього урахування ваги, об’єму та часу вивантаження, це знижує оборотність рейсів, ускладнює завантаження транспортного засобу та створює ризик порушення планової послідовності доставки. Отже, відсутність класифікації замовлень за логістичним профілем не дозволяє раціонально розподіляти транспортні ресурси.

Шостим недоліком є неповнота частини логістичних даних, необхідних для точного оперативного планування. Зокрема, приблизно 18,1% записів не містять повного значення об’єму замовлення. За таких умов ускладнюється оцінка фактичного завантаження транспортного засобу, знижується точність добору рейсів і зростає ймовірність перевантаження або, навпаки, недовикористання транспортної місткості. Крім того, неповнота логістичних параметрів унеможливлює побудову повністю цифрової моделі планування та знижує якість подальшого аналітичного контролю.

Сьомим недоліком є нерівномірне навантаження системи доставки за днями тижня. Найбільша інтенсивність спостерігається у вівторок, середу, четвер і п’ятницю, тоді як понеділок і особливо субота мають значно нижче навантаження. Така нерівномірність вказує на те, що чинна система працює з неоднаковим ступенем завантаження транспортного ресурсу в різні дні тижня. Якщо планування здійснюється за однаковими підходами для всіх днів, це призводить до перевантаження в пікові періоди та неефективного використання персоналу і транспорту в менш напружені дні.

Узагальнення виявлених проблем та їх наслідків наведено в табл. 2.7.

Таблиця 2.7

Основні недоліки чинного технологічного процесу доставки та їх наслідки

Виявлений недолік	**Прояв у системі доставки**	**Основні наслідки**
Відсутність повноцінного зонування міста	Маршрути формуються ситуативно, без стійкого поділу міста на зони	Зайвий пробіг, складність прогнозування часу доставки, нерівномірність рейсів
Неузгодженість комплектування і маршруту	Відбір товарів не пов’язаний із черговістю адрес у рейсі	Збільшення часу підготовки рейсу та часу обслуговування клієнта
Повторні виїзди на однакові адреси в межах дня	1302 доставки потрапляють у повторювані адресні комбінації	Надлишкові заїзди, перевитрати пального, зростання собівартості доставки
Змішування міських і приміських потоків	Міські та приміські замовлення не відокремлено за режимом планування	Порушення часових слотів, погіршення ефективності міських рейсів
Недостатня диференціація замовлень за вагою та габаритами	Дрібні й великі замовлення обслуговуються в єдиній логіці	Погіршення завантаження транспорту, зростання часу розвантаження
Неповнота логістичних даних	Частина замовлень не має повних параметрів об’єму	Неточне планування завантаження та ускладнення цифрового контролю

Нерівномірність навантаження за днями тижня	Піки у середині тижня та спад у суботу	Перевантаження системи в окремі дні, нестабільне використання ресурсів

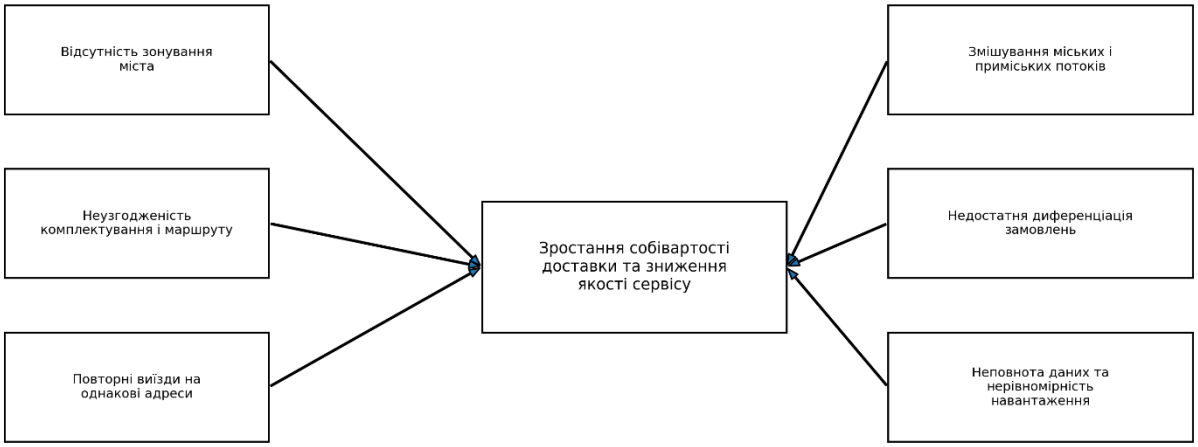

Рисунок 2.4 – Причинно-наслідкова схема недоліків чинного технологічного процесу доставки замовлень.

Отже, проведений аналіз показує, що чинна система доставки не є достатньо адаптованою до реальної структури замовлень та просторово-часових особливостей попиту. Основними проблемами є відсутність зонального підходу, неповна консолідація замовлень, недостатня координація між складськими й транспортними операціями, а також нерозмежування логістично відмінних потоків. Саме ці недоліки формують підґрунтя для розроблення удосконаленої системи організації доставки замовлень у межах міста Тернопіль.

Для інтернет-магазину «Амперок» доцільно запропонувати удосконалену систему організації доставки, що базується на чотирьох ключових принципах: логістичному зонуванні міста, відокремленні міських і приміських рейсів, хвильовому формуванні маршрутів та консолідації замовлень за адресами і логістичним профілем.

1. Поділ міста на логістичні зони.

Першим елементом запропонованої системи є зональний поділ міста Тернопіль. Його мета полягає в скороченні непродуктивних переміщень,

підвищенні щільності маршруту та створенні стабільної схеми обслуговування районів із різною інтенсивністю попиту. З огляду на структуру адрес, доцільно виділити чотири основні міські логістичні зони та окремо -приміський потік.

Таблиця 2.8

Характеристика запропонованих логістичних зон доставки

Логістична зона	Характеристика зони	Типові особливості доставки	Рекомендований режим обслуговування
Зона А – центрально-ринкова	Центральна частина міста, торгові точки, висока щільність адрес	Часті зупинки, обмеження на паркування, короткі відстані між адресами	Щоденне обслуговування, дрібні та середні замовлення, короткі маршрути
Зона Б – північно-західна складсько-промислова	Складські, оптові та ринкові точки, у тому числі адреси з підвищеною концентрацією	Більша вага замовлень, вищий час завантаження/розвантаження	Окремі рейси для великих партій, пріоритет на консолідацію
Зона В – східна та північно-східна житлова	Житлові масиви, локальні комерційні точки, середня щільність замовлень	Відносно стабільні дрібні й середні доставки	Хвильове обслуговування, укрупнення замовлень за часовими слотами
Зона Г – південна та південно-західна змішана	Житлово-комерційні райони з окремими офісними й сервісними точками	Середня щільність, різний логістичний профіль замовлень	Комбіновані маршрути з урахуванням пріоритету клієнтів
Зона Д – приміська	Адреси поза межами міста Тернопіль	Більший пробіг, нижча щільність адрес, інший режим руху	Окремі рейси або окремі дні обслуговування

2. Відокремлення міських і приміських рейсів.

Другим обов’язковим елементом удосконалення є розмежування міських та приміських доставок. Оскільки внутрішньоміський сегмент становить майже 95% усіх перевезень, саме він повинен бути базовим ядром системи доставки. Приміські замовлення доцільно обслуговувати або в окремих рейсах, або в окремо визначені часові інтервали, щоб вони не порушували ритм міських маршрутів. Такий підхід дозволить:

- зберегти стабільність міських рейсів;
- уникнути зриву часових слотів у межах Тернополя;
- точніше планувати транспортне навантаження;
- окремо враховувати вищий пробіг і тривалість приміських поїздок.

3. Хвильове формування маршрутів доставки.

Третім елементом є перехід до хвильового формування маршрутів, тобто поділу міських доставок на декілька часових блоків упродовж дня. Для умов інтернет-магазину «Амперок» доцільно запровадити три хвилі доставки:

1. Перша хвиля -замовлення, підтверджені до початку робочого дня або напередодні;
2. Друга хвиля -стандартні замовлення першої половини дня;
3. Третя хвиля -термінові, додаткові або перенесені замовлення, а також окремі великі відправлення.

4. Консолідація замовлень на однакові адреси.

Четвертим елементом удосконалення є обов’язкова консолідація замовлень на однакові адреси, якщо вони потрапляють в один часовий період або можуть бути затримані без погіршення рівня сервісу. Оскільки виявлено 1302 доставки, які повторюються за адресою в межах одного дня, саме цей захід дає найбільш відчутний резерв підвищення ефективності. Консолідація передбачає:

- об’єднання кількох замовлень на одну адресу в один рейсовий запис;
- сумування ваги й об’єму за адресою;
- формування єдиного контактного вікна доставки;
- скорочення кількості заїздів і часу обслуговування.

У результаті зменшуються витрати пального, скорочується тривалість рейсу і підвищується щільність маршруту.

5. Диференціація замовлень за логістичним профілем.

П’ятим елементом запропонованої системи є диференціація замовлень за логістичним профілем. Для практичного планування доцільно виділити такі категорії:

- дрібні замовлення -до 5 кг;
- середні замовлення -5–20 кг;
- укрупнені замовлення -20–100 кг;
- важкі та великогабаритні замовлення -понад 100 кг або з підвищеним об’ємом.

Для перших двох категорій основним критерієм є щільність маршруту та швидкість обслуговування. Для великих замовлень пріоритетом стає вантажомісткість транспортного засобу, час навантаження/розвантаження та доцільність окремого рейсу. Такий поділ дає змогу уникати ситуацій, коли кілька важких або об’ємних позицій перевантажують стандартний міський маршрут.

2.4. Аналітичне обґрунтування удосконаленої системи організації доставки замовлень інтернет-магазину у межах міста Тернопіль

Удосконалення системи доставки замовлень інтернет-магазину «Амперок» доцільно здійснювати на основі фактичних параметрів потоку перевезень. За результатами обробки масиву доставок встановлено, що за досліджуваний період виконано 4968 доставок, з яких 4704 доставки припадає на межі міста Тернопіль, а 264 доставки - на приміські адреси. Таким чином, частка міських перевезень становить: $d_{\text{м}} = \frac{4704}{4968} \cdot 100\% = 94{,}69\%$, а частка приміських перевезень $d_{\text{п}} = \frac{264}{4968} \cdot 100\% = 5{,}31\%$.

Отримане співвідношення свідчить, що основне навантаження на систему доставки формує саме міський потік, а тому вдосконалення організації рейсів має бути орієнтоване насамперед на маршрути в межах Тернополя.

Побудова удосконаленої системи доставки повинна починатися із логістичного зонування міста. Його необхідність підтверджується високою концентрацією замовлень за окремими адресами. У межах Тернополя виявлено 361 унікальну адресу доставки, причому середня кількість доставок на одну міську адресу становить: $\bar{n}_{\text{адр}} = \frac{4704}{361} = 13{,}03$. Водночас розподіл є вкрай нерівномірним, оскільки десять найактивніших адрес формують 1701 міську доставку, тобто $CR_{10} = \frac{1701}{4704} \cdot 100\% = 36{,}16\%$. А двадцять найбільш активних адрес формують уже 2332 доставки, тобто: $CR_{20} = \frac{2332}{4704} \cdot 100\% = 49{,}57\%$.

Отже, майже половина всього міського потоку концентрується лише на двадцяти адресах. Це є прямим кількісним підтвердженням того, що доставка не є рівномірно розподіленою по території міста, а тяжіє до окремих адресних ядер. Саме тому доцільно перейти до чотиризонної моделі обслуговування, у межах якої місто поділяється на:

- центрально-ринкову зону;
- складсько-промислову зону;
- східну житлову зону;
- південну змішану зону.

За умови поділу міського потоку на чотири логістичні зони середнє навантаження на одну зону за весь досліджуваний період становитиме $N_{\text{зони}} = \frac{4704}{4} = 1176$ доставок. Середнє денне навантаження на одну зону - $q^{\text{до}}_{\text{зони}} = \frac{4704}{125 \cdot 4} = 9{,}41$ доставки/зону-день.

Тобто навіть без зміни загального обсягу доставок зонування дозволяє перейти від хаотичного міського потоку до керованого адресного масиву з навантаженням близько 9–10 доставок на одну зону за день. Після впровадження консолідації, яка буде обґрунтована далі, це навантаження ще знизиться, а отже керованість маршрутів зросте.

Другим принципом удосконаленої системи є відокремлення міських і приміських рейсів. Необхідність такого розмежування пояснюється тим, що приміські адреси мають інший логістичний профіль: більший пробіг на одне замовлення, нижчу щільність точок обслуговування та вищу часову невизначеність.

Середнє навантаження міської доставки на один активний день становить $q_{\text{м}} = \frac{4704}{125} = 37{,}63$ доставки/день.

Тоді як середнє навантаження приміських перевезень дорівнює $q_{\text{п}} = \frac{264}{125} = 2{,}11$ доставки/день.

Це означає, що приміський потік є відносно невеликим, але його включення до загального міського маршруту призводить до спотворення структури рейсу. Якщо приміські адреси обслуговуються разом із внутрішньоміськими, то навіть кілька віддалених точок можуть порушити часовий режим усього маршруту. Тому доцільно формувати окремий приміський рейс або виділяти для приміських доставок окремі часові інтервали.

Розрахунково це означає, що після відокремлення приміських доставок міська система планування працюватиме не з 4968, а лише з 4704 замовленнями, тобто буде очищена від 5,31% потоку, який має іншу логістичну природу. Такий підхід підвищує стабільність міських маршрутів і дозволяє точніше планувати їх завантаження в межах логістичних зон.

Третім принципом удосконаленої системи є хвильове формування маршрутів. Його доцільність випливає з нерівномірності навантаження за днями тижня та необхідності уникнення хаотичного доформування маршрутів упродовж дня. Базою для хвильового планування слугує не загальна кількість доставок, а кількість фактичних зупинок після адресної консолідації, оскільки саме зупинка, а не окремий запис замовлення, є реальним елементом міського рейсу.

Для визначення скоригованого потоку використано такі фактичні дані по міських доставках:

- загальна кількість міських доставок - $N_{\text{м}} = 4704$;
- кількість доставок у повторюваних адресних комбінаціях - $N_{\text{повт}} = 1269$;
- кількість повторюваних груп “адреса + день” - $G = 477$.

Тоді кількість фактичних зупинок після консолідації визначається за формулою:

$$N_{\text{зуп}}^{\text{конс}} = N_{\text{м}} - N_{\text{повт}} + G \qquad (2.1)$$

$$N_{\text{зуп}}^{\text{конс}} = 4704 - 1269 + 477 = 3912.$$

Отже, після консолідації система міської доставки має планувати не 4704 окремі адресні відвідування, а 3912 фактичних зупинок.

Середнє денне навантаження за консолідованим міським потоком становить:

$$q_{\text{день}}^{\text{конс}} = \frac{3912}{125} = 31{,}30 \text{ зупинки/день.}$$

Якщо міська доставка організовується за трьома хвилями на день, то середнє навантаження на одну хвилю дорівнює:

$$q_{\text{хв}}^{\text{сер}} = \frac{3912}{125 \cdot 3} = 10{,}43 \text{ зупинки/хвилю.}$$

Це означає, що в середньому одна хвиля міської доставки повинна обслуговувати приблизно 10–11 зупинок. Такий рівень навантаження є прийнятним для міського рейсу, оскільки забезпечує баланс між щільністю маршруту та можливістю своєчасного виконання замовлень.

Для уточнення параметрів хвильового планування доцільно враховувати нерівномірність навантаження за днями тижня. Розрахункові значення наведено в табл. 2.9.

Таблиця 2.9

Розрахункове навантаження міських маршрутів за днями тижня після консолідації

День тижня	Міські доставки, од.	Середньоденне навантаження до консолідації, од./день	Фактичні зупинки після консолідації, од.	Середнє зупинок на день після консолідації	Середнє зупинок на 1 хвилю
Понеділок	658	32,90	563	28,15	9,38
Вівторок	914	45,70	760	38,00	12,67
Середа	905	43,10	752	35,81	11,94
Четвер	913	43,48	750	35,71	11,90
П’ятниця	878	39,91	736	33,45	11,15
Субота	436	20,76	351	16,71	5,57

Наведені розрахунки показують, що найбільше хвильове навантаження припадає на вівторок, середу та четвер, коли одна хвиля повинна охоплювати в середньому 11,9–12,7 зупинки. Натомість у суботу цей показник знижується до 5,57 зупинки на хвилю. Отже, хвильова система має бути гнучкою, а не жорстко однаковою для всіх днів. У вівторок–п’ятницю доцільно використовувати повноцінний трьоххвильовий режим, тоді як у суботу допустимим є спрощений режим доставки з меншим навантаженням.

Четвертий принцип удосконаленої системи - це консолідація замовлень за адресами та логістичним профілем. Саме цей принцип забезпечує найбільш відчутний кількісний ефект у межах досліджуваного масиву.

Кількість фактичних зупинок, що скорочуються внаслідок консолідації, становить:

$$\Delta N_{\text{зуп}} = N_{\text{повт}} - G \tag{2.2}$$

$$\Delta N_{\text{зуп}} = 1269 - 477 = 792.$$

Відносний ефект від консолідації визначається за формулою:

$$\eta_{\text{конс}} = \frac{\Delta N_{\text{зуп}}}{N_{\text{м}}} \cdot 100\% \qquad (2.3)$$

$$\eta_{\text{конс}} = \frac{792}{4704} \cdot 100\% = 16{,}84\%$$

Отже, лише за рахунок об'єднання замовлень на однакові адреси в межах одного дня міська система доставки може скоротити кількість фактичних зупинок на 792, або на 16,84%.

Середній розмір однієї повторюваної адресної групи становить $\bar{m} = \frac{1269}{477} = 2{,}66$. Це означає, що кожна повторювана адреса в середньому акумулює 2,66 доставки, а тому консолідація є не формальним, а дійсно ефективним інструментом оптимізації.

У розрахунку на один активний день скорочення фактичних зупинок становитиме $\Delta N_{\text{день}} = \frac{792}{125} = 6{,}34$ зупинки/день. Отже, після запровадження консолідації кур'єр або транспортний засіб у середньому обслуговуватиме на 6–7 зупинок менше щодня, що безпосередньо впливає на тривалість маршруту, витрати пального та продуктивність роботи.

Крім адресної консолідації, доцільно застосовувати консолідацію за логістичним профілем замовлень, тобто за вагою й об'ємом. Після групування замовлень за адресами в межах дня структура фактичних зупинок за вагою має такий вигляд:

Таблиця 2.10

Структура консолідованих зупинок за логістичним профілем

Вагова група консолідованої зупинки	Кількість зупинок, од.	Частка, %
до 5 кг	1376	35,17
5–20 кг	1294	33,08
20–100 кг	882	22,55
100–500 кг	309	7,90
понад 500 кг	51	1,30
Разом	3912	100,00

Наведені розрахунки показують, що після адресної консолідації:

- 68,25% усіх фактичних зупинок припадає на замовлення масою до 20 кг;

- 22,55% становлять укрупнені зупинки масою 20–100 кг;
- 9,20% припадає на важкі й великогабаритні зупинки масою понад 100 кг.

Таким чином, удосконалена система повинна передбачати не єдиний тип маршруту, а щонайменше три логістичні режими:

1. стандартний міський маршрут - для консолідованих зупинок до 20 кг;
2. маршрут контрольованого завантаження - для груп 20–100 кг;
3. спеціальний або окремий рейс - для зупинок понад 100 кг.

Такий підхід дозволяє уникнути ситуації, коли важкі або об'ємні замовлення порушують нормальну роботу стандартного міського маршруту.

Додатково встановлено, що середня маса однієї консолідованої зупинки становить 42,96 кг, медіанна - 9,29 кг, середній об'єм - 0,164 м³, а медіанний - 0,04 м³. Це ще раз підтверджує, що в потоці співіснують численні дрібні зупинки та відносно невелика кількість важких або об'ємних адрес, які потребують окремого логістичного режиму.

Узагальнені розрахункові параметри удосконаленої системи наведено в табл. 2.11.

Таблиця 2.11

Основні розрахункові параметри удосконаленої системи доставки

Показник	Значення
Частка міських доставок	94,69%
Частка приміських доставок	5,31%
Середнє міське навантаження за день	37,63 доставки/день
Середнє приміське навантаження за день	2,11 доставки/день
Концентрація топ-10 адрес	36,16%
Концентрація топ-20 адрес	49,57%
Середнє навантаження на 1 зону до консолідації	9,41 доставки/зону-день
Кількість фактичних зупинок після консолідації	3912
Скорочення зупинок	792
Ефект консолідації	16,84%
Середнє скорочення зупинок за день	6,34
Середнє навантаження на 1 зону після консолідації	7,82 зупинки/зону-день
Середнє навантаження на 1 хвилю	10,43 зупинки/хвилю

Проведені розрахунки для магазину «Амперок» підтвердили доцільність переходу до удосконаленої системи організації доставки, заснованої на чотирьох ключових принципах. По-перше, висока концентрація міського потоку та значна частка доставок за обмеженою кількістю адрес обґрунтовують логістичне зонування міста. По-друге, частка приміських доставок у 5,31% свідчить про необхідність їх відокремлення від основних міських рейсів. По-третє, хвильове формування маршрутів є обґрунтованим, оскільки після консолідації середнє навантаження становить 10,43 зупинки на хвилю, а за окремими днями тижня спостерігаються суттєві коливання інтенсивності доставки. По-четверте, адресна консолідація та диференціація замовлень за логістичним профілем забезпечують найбільший кількісний ефект: кількість фактичних зупинок скорочується на 792, або на 16,84%, а щоденне навантаження на систему зменшується в середньому на 6,34 зупинки. Отже, запропонована удосконалена система є не лише концептуально доцільною, а й підтвердженою реальними розрахунками на фактичних даних інтернет-магазину «Амперок».

РОЗДІЛ 3. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

3.1. Аналіз умов праці та заходи з охорони праці під час організації доставки замовлень інтернет-магазину в межах міста

Організація доставки замовлень інтернет-магазину в межах міста пов’язана з виконанням комплексу виробничих, транспортних та інформаційно-логістичних операцій, що здійснюються в умовах підвищеної динамічності, обмеженого часу та впливу численних зовнішніх чинників. Працівники, залучені до процесу доставки, виконують функції приймання, комплектування, пакування, навантаження, транспортування, розвантаження та передачі товару споживачеві, тому безпечна організація їхньої праці є важливою складовою загальної ефективності системи доставки. Для інтернет-магазину електротехнічної продукції питання охорони праці набувають особливого значення, оскільки номенклатура вантажів включає як дрібні комплектуючі, так і важчі та габаритні товари, що підвищує фізичне навантаження на персонал і збільшує ризик виробничого травматизму.

Умови праці під час організації доставки замовлень у межах міста формуються під впливом кількох груп чинників: організаційних, фізичних, психофізіологічних, транспортних та санітарно-гігієнічних. До організаційних чинників належать інтенсивність надходження замовлень, нерівномірність навантаження протягом дня, необхідність дотримання часових інтервалів доставки, взаємодія між складом, диспетчером і кур’єром, а також потреба швидко реагувати на зміни маршруту. Фізичні чинники пов’язані з переміщенням вантажів, багаторазовими підйомами та перенесенням коробок, роботою в обмеженому просторі складського приміщення або кузова транспортного засобу.

Психофізіологічні чинники проявляються у втомі, емоційному напруженні, необхідності постійної концентрації уваги під час керування транспортом у міському потоці, а також у роботі в умовах дефіциту часу. Санітарно-гігієнічні чинники визначаються мікрокліматом складу й транспортного засобу, рівнем шуму, вібрації, освітленості, а також впливом погодних умов під час завантаження та розвантаження.

Основними категоріями працівників, для яких необхідно аналізувати умови праці, є комплектувальники, вантажники, водії-кур'єри, диспетчери та менеджери, які координують процес доставки. Для комплектувальника характерною є робота в складському середовищі з високою інтенсивністю переміщення товарних позицій, використанням стелажного обладнання, необхідністю точного відбору продукції та дотриманням правил безпечного поводження з вантажами. Для водія-кур'єра головними факторами ризику виступають дорожньо-транспортна небезпека, тривале перебування в статичній робочій позі, нервово-емоційне навантаження, повторювані операції під час посадки й висадки з транспортного засобу, а також ручне переміщення вантажу в місцях доставки. Для диспетчера чи менеджера ризики пов'язані переважно з напруженою роботою за комп'ютером, високою інтенсивністю інформаційного обміну, зоровим навантаженням та нервово-емоційним перенапруженням.

Під час аналізу умов праці у системі міської доставки доцільно виділити найбільш небезпечні виробничі фактори. Насамперед це ризики, пов'язані з дорожнім рухом: імовірність ДТП, різкі гальмування, обмежена видимість, несприятливі погодні умови, інтенсивний рух у центральних районах міста, складність зупинки поблизу адрес доставки. Другу важливу групу становлять ризики при навантажувально-розвантажувальних роботах: падіння вантажу, травмування кистей, спини та нижніх кінцівок, перевищення допустимого фізичного навантаження, неправильна робоча поза під час підйому або перенесення вантажів. Третю групу утворюють організаційні ризики, що виникають унаслідок неузгодженості між комплектуванням, маршрутизацією та фактичним виконанням доставки. За відсутності чітко регламентованої

послідовності дій зростає ймовірність помилок, затримок, повторних заїздів, нервового напруження працівників і перевтоми.

Особливу увагу слід приділити умовам праці водія-кур'єра, оскільки саме він поєднує функції керування транспортним засобом, фізичного переміщення вантажу та контакту з клієнтом. Робота в міському середовищі супроводжується частими зупинками, необхідністю орієнтації в дорожній обстановці, дотриманням графіка доставки та безпечним поводженням із замовленнями різної маси й об'єму. За відсутності раціональної організації маршруту зростає тривалість робочого циклу, збільшується кількість посадок і висадок з автомобіля, підвищується рівень статичного навантаження на хребет і суглоби. Отже, питання охорони праці в системі міської доставки безпосередньо пов'язані з логістичною ефективністю маршрутів: що менш хаотично організовано доставку, то нижчим буде рівень професійного ризику.

З огляду на це важливим заходом охорони праці є впровадження раціональної організації доставки. Поділ міста на логістичні зони, відокремлення приміських рейсів, хвильове формування маршрутів і консолідація замовлень на однакові адреси дають не лише економічний ефект, а й сприяють підвищенню безпеки праці. Скорочення кількості зайвих заїздів і зупинок зменшує нервово-емоційне навантаження на водія, знижує час перебування у складних умовах міського руху та зменшує фізичну втому. Упорядкування маршрутів також зменшує потребу в екстрених коригуваннях, що позитивно впливає на психофізіологічний стан працівників.

До основних заходів з охорони праці під час організації доставки замовлень у межах міста слід віднести насамперед правильну організацію навантажувально-розвантажувальних робіт. Вантаж повинен комплектуватися та розміщуватися в транспортному засобі з урахуванням послідовності доставки, маси й габаритів. Важчі одиниці слід розташовувати в нижній частині вантажного простору, а легші - зверху, щоб уникнути зміщення вантажу під час руху. Під час ручного переміщення товарів необхідно дотримуватися правил безпечного піднімання вантажів: вантаж слід піднімати за рахунок м'язів ніг, а не спини, не виконувати різких поворотів корпусу з навантаженням, не переносити

надмірну масу на значні відстані без допоміжних засобів. Для укрупнених і важких вантажів бажано використовувати візки, рокли, підкатні платформи або інші мало механізовані засоби.

Не менш важливими є заходи безпеки під час експлуатації транспортного засобу. До виїзду на маршрут водій повинен перевіряти технічний стан автомобіля, справність гальмівної системи, рульового керування, світлових приладів, склоочисників, шин, дверних замків і кріплень вантажу. Особлива увага має приділятися фіксації товару в кузові або вантажному відсіку, оскільки його зміщення під час руху створює загрозу не лише пошкодження продукції, а й безпеці самого водія. В умовах міста необхідно дотримуватися безпечного швидкісного режиму, правил зупинки та стоянки, використовувати аварійну сигналізацію під час короткочасної зупинки для доставки, а також уникати дій, що відволікають увагу під час керування.

Для зниження виробничого ризику важливо забезпечити працівників належними засобами індивідуального захисту. До них можуть належати робочі рукавички, захисне взуття з неслизькою підошвою, сигнальний жилет для роботи поблизу проїзної частини або в умовах недостатньої видимості, сезонний спецодяг для захисту від холоду, дощу чи перегріву. У разі доставки електротехнічної продукції, що має жорстке пакування, гострі кути або значну масу, використання рукавичок є особливо важливим для попередження порізів, саден і мікротравм. У холодний період року також необхідно враховувати ризики переохолодження працівників під час багаторазових виходів із транспортного засобу та виконання розвантажувальних робіт на відкритому повітрі.

Важливим напрямом охорони праці є раціоналізація режиму праці та відпочинку. Нерівномірність навантаження в системі міської доставки може призводити до перевтоми працівників у пікові періоди, особливо у дні з найбільшою кількістю замовлень. Для зменшення втоми доцільно забезпечити регламентовані перерви, чергування інтенсивних і менш напружених операцій, обмеження тривалості безперервного керування транспортним засобом та контроль фактичної тривалості зміни. Оптимізація маршрутів має розглядатися також як захід охорони праці, оскільки зменшення кількості адрес у рейсі до

раціонального рівня і скорочення дублюючих заїздів безпосередньо знижують фізичне та психоемоційне навантаження на персонал.

Окреме значення має інструктаж і навчання працівників. Працівники, залучені до доставки, повинні проходити вступний, первинний і періодичний інструктажі з охорони праці, пожежної безпеки та безпечного виконання навантажувально-розвантажувальних робіт. Водії-кур'єри повинні бути ознайомлені з вимогами безпеки під час руху в щільному міському потоці, правилами закріплення вантажу, діями у разі ДТП, поломки транспортного засобу або виникнення конфліктної ситуації під час вручення замовлення. Комплектувальники та працівники складу повинні знати правила безпечної роботи зі стелажами, пакувальними матеріалами та ручним інструментом, а також порядок дій у разі травмування або аварійної ситуації.

Для менеджерів і диспетчерів, які координують доставку, доцільно передбачати ергономічну організацію робочого місця. Вона повинна включати правильне розташування монітора, дотримання вимог до освітлення, використання зручного крісла, підтримання оптимального мікроклімату в приміщенні та регламентацію тривалості безперервної роботи за комп'ютером. Хоча ризики для цієї категорії працівників не є настільки очевидними, як для водіїв і вантажників, тривала напружена робота з інформацією також може призводити до функціонального перенапруження, погіршення зору, головного болю та зниження працездатності.

Важливим компонентом системи охорони праці є контроль за станом безпеки. На підприємстві доцільно вести облік небезпечних ситуацій, випадків пошкодження вантажу, порушень маршруту, скарг працівників на надмірне навантаження, а також причин затримок доставки. Така інформація дає змогу не лише оцінювати ефективність логістичної системи, а й своєчасно виявляти чинники, що підвищують виробничий ризик. У разі повторюваності певних проблем - наприклад, перевантаження окремих маршрутів, частих ручних операцій із важкими вантажами або труднощів із під'їздом до конкретних адрес - слід вживати організаційних заходів щодо коригування схеми доставки.

Отже, аналіз умов праці під час організації доставки замовлень інтернет-магазину в межах міста показує, що найбільшими ризиками є дорожньо-транспортні небезпеки, фізичні перевантаження під час ручного переміщення вантажів, нервово-емоційне напруження, а також організаційні недоліки в координації складських і транспортних операцій. Основними заходами з охорони праці повинні бути раціональна організація маршрутів, механізація окремих навантажувально-розвантажувальних операцій, використання засобів індивідуального захисту, контроль технічного стану транспортних засобів, належний режим праці та відпочинку, а також системне навчання персоналу. Реалізація цих заходів забезпечує не лише зниження виробничого ризику, а й підвищення загальної ефективності системи доставки.

3.2. Заходи з безпеки життєдіяльності та зниження професійних ризиків під час виконання транспортно-логістичних операцій

Транспортно-логістичні операції під час доставки замовлень у межах міста пов’язані з дією комплексу небезпечних і шкідливих чинників, які можуть негативно впливати на стан працівників, надійність виконання перевезень і загальний рівень безпеки виробничого процесу. У системі доставки інтернет-магазину електротехнічної продукції такі операції охоплюють приймання та підготовку замовлень, їх комплектування, навантаження, перевезення міськими маршрутами, розвантаження, передачу товару клієнту, а також супровідні інформаційно-організаційні дії. Тому забезпечення безпеки життєдіяльності в цій сфері повинно розглядатися як невід’ємна частина раціональної організації логістичної системи.

Безпека життєдіяльності під час виконання транспортно-логістичних операцій має комплексний характер, оскільки поєднує виробничу, транспортну, пожежну, санітарно-гігієнічну та психофізіологічну складові. Для працівників,

залучених до доставки, найбільш характерними є такі групи професійних ризиків: ризики дорожньо-транспортних пригод; ризики травмування під час ручного переміщення вантажів; ризики падіння на слизьких або нерівних поверхнях; ризики, пов’язані з перевтомою та нервово-емоційним перенапруженням; ризики пожежної небезпеки в транспортному засобі, на складі або під час роботи з електротехнічною продукцією; ризики погіршення самопочуття під впливом несприятливих погодних умов, вібрації, шуму та запиленості. Для зниження цих ризиків необхідно застосовувати систему профілактичних заходів, що поєднує організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні та інформаційні рішення.

Найвищий рівень небезпеки при виконанні доставки пов’язаний із транспортною складовою. Рух у межах міста супроводжується високою щільністю транспортного потоку, складними умовами маневрування, необхідністю частих зупинок, обмеженою оглядовістю на окремих ділянках та підвищеним ризиком виникнення аварійних ситуацій. Для зниження цього ризику необхідно забезпечити систематичний контроль технічного стану транспортних засобів, зокрема справності гальмівної системи, рульового керування, шин, світлових приладів, дзеркал заднього виду, дверних механізмів та кріплень вантажу. Перед виїздом на маршрут водій повинен проводити передрейсовий огляд автомобіля, а в разі виявлення несправностей - негайно повідомляти відповідальну особу та не допускати використання транспорту до усунення дефектів.

Важливим заходом безпеки життєдіяльності є раціональна організація самих маршрутів. Скорочення непродуктивного пробігу, зменшення кількості дублюючих заїздів, логістичне зонування міста та хвильове формування доставки мають не лише економічне, а й безпекове значення. Чим менше часу водій або кур’єр перебуває в умовах щільного міського руху, тим нижчим є ризик дорожньо-транспортної пригоди, психоемоційного виснаження та помилок у процесі керування. Отже, удосконалення логістики маршруту слід розглядати як один із заходів зниження професійного ризику.

Суттєву небезпеку становлять ручні навантажувально-розвантажувальні роботи. Під час доставки замовлень працівники часто виконують підйом, перенесення, переміщення та укладання коробок різної маси й об’єму. У разі порушення правил безпечного поводження з вантажем можуть виникати травми спини, розтягнення зв’язок, забиття, защемлення пальців, порізи та падіння вантажу. З метою профілактики таких ризиків необхідно застосовувати принципи ергономічної організації праці: обмеження маси ручного переміщення, використання малої механізації, правильну техніку піднімання вантажу, попереднє сортування товарів за вагою та габаритами, а також їх раціональне розміщення у кузові або відсіку транспортного засобу. Важкі та об’ємні вантажі доцільно переміщувати за допомогою візків, платформ або вдвох, не допускаючи надмірного фізичного навантаження на одного працівника.

Особливу увагу слід приділяти ризикам, пов’язаним із контактом працівника з міським середовищем під час доставки. Часті посадки та висадки з автомобіля, пересування по дворах, сходах, тротуарах, місцях із поганим освітленням або слизьким покриттям підвищують ризик падіння та травмування. Для зниження цих ризиків працівники повинні використовувати взуття з протиковзкою підошвою, уважно оцінювати стан поверхні перед перенесенням вантажу, уникати поспіху на слизьких ділянках, а за потреби застосовувати додаткові засоби фіксації або перенесення. У темний час доби чи за умов обмеженої видимості важливим є використання сигнальних жилетів або елементів зі світлоповертальною поверхнею.

Окреме місце в системі безпеки життєдіяльності займає пожежна безпека. Оскільки об’єкт дослідження пов’язаний із доставкою електротехнічної продукції, ризик пожежонебезпечних ситуацій може бути пов’язаний як із порушеннями правил експлуатації електрообладнання на складі, так і з несправністю електричних систем транспортного засобу. Для зниження пожежної небезпеки необхідно забезпечити справність електропроводки, акумуляторних систем, запобіжників, освітлювального обладнання та зарядних пристроїв, а також виключити зберігання в транспортному засобі сторонніх легкозаймистих матеріалів. На складі слід дотримуватися вимог щодо

розміщення товарів, не допускати захаращення евакуаційних шляхів, підтримувати справність засобів пожежогасіння та систематично проводити інструктажі щодо дій у разі виникнення займання.

Значний вплив на безпеку працівників мають психофізіологічні фактори. Висока інтенсивність замовлень, необхідність роботи в обмежених часових інтервалах, спілкування з клієнтами, потреба в дотриманні графіка доставки й одночасному контролі дорожньої ситуації можуть спричиняти нервово-емоційне напруження, втому, зниження уваги та погіршення швидкості реакції. Особливо небезпечним є поєднання дефіциту часу з тривалим керуванням транспортним засобом у міському русі. Для запобігання перевтомі слід дотримуватися раціонального режиму праці та відпочинку, забезпечувати чергування інтенсивних і менш напружених операцій, регламентувати тривалість робочої зміни, а також виключати практику постійного коригування маршруту без об'єктивної потреби. У цьому контексті удосконалена система логістичного планування з поділом міста на зони та хвильовим формуванням маршрутів також виконує функцію зниження професійного ризику.

Важливим напрямом профілактики є забезпечення працівників засобами індивідуального захисту. Водії, кур'єри, комплектувальники та працівники, зайняті навантажувально-розвантажувальними роботами, повинні бути забезпечені робочими рукавичками, спеціальним взуттям, сезонним робочим одягом, сигнальними жилетами, а за потреби - захисними поясами або допоміжними засобами підтримки спини під час роботи з вантажами. Засоби індивідуального захисту повинні не лише видаватися формально, а й реально використовуватися під час виконання операцій, оскільки навіть прості засоби, як-от рукавички та взуття, значно зменшують ймовірність побутових та виробничих травм.

Системне значення має навчання персоналу та проведення інструктажів. Працівники, залучені до транспортно-логістичних операцій, повинні проходити вступний, первинний, повторний та позаплановий інструктажі з охорони праці, безпеки дорожнього руху, пожежної безпеки та дій у разі аварійних ситуацій. Особлива увага має приділятися практичному навчанню з безпечного піднімання

вантажів, закріплення товарів у кузові, роботі з візками чи іншими засобами малої механізації, а також діям у разі пошкодження вантажу, ДТП, травмування працівника або погіршення самопочуття під час рейсу. Підвищення рівня підготовленості персоналу безпосередньо знижує імовірність небезпечних ситуацій та помилок у нестандартних умовах.

Для зменшення професійних ризиків важливо також впроваджувати елементи внутрішнього контролю безпеки. Доцільно вести облік випадків порушення маршруту, падіння або пошкодження вантажів, скарг працівників на надмірне навантаження, повторних небезпечних ситуацій на окремих адресах, технічних несправностей транспортних засобів та причин затримок доставки. Аналіз такої інформації дозволяє своєчасно виявляти повторювані проблеми та приймати профілактичні рішення: змінювати порядок обслуговування окремих адрес, коригувати графік виїздів, удосконалювати порядок завантаження або забезпечувати додаткові заходи захисту на окремих етапах доставки.

До заходів безпеки життєдіяльності належить і належна організація інформаційної взаємодії між працівниками. Водій або кур’єр повинен мати можливість оперативного зв’язку з диспетчером чи менеджером, особливо в разі виникнення аварійної ситуації, неможливості доступу до адреси, затримки через дорожні умови або потреби в коригуванні доставки. Чітко організований зв’язок зменшує ймовірність помилкових рішень, допомагає швидко реагувати на небезпеку та знижує рівень стресу працівника, який перебуває на маршруті.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У кваліфікаційній роботі встановлено, що доставка замовлень інтернет-магазинів є складною складовою логістики останньої милі, яка об’єднує процеси приймання, комплектування, пакування, транспортування та вручення товарів кінцевим споживачам. Ефективність міської доставки залежить від раціональної побудови маршрутів, узгодженості складських і транспортних операцій, повноти інформаційного забезпечення та дотримання часових вимог клієнтів. Для оптимізації такого процесу доцільно застосовувати логістичне зонування, кластеризацію адрес, методи маршрутизації транспортних засобів, адресну консолідацію та динамічне коригування маршрутів.

2. Проведений аналіз діяльності інтернет-магазину «Амперок» показав, що його система доставки має виражену міську спрямованість. За досліджуваний період із 2 січня до 30 травня 2026 року було виконано 4968 доставок протягом 125 активних робочих днів за 420 унікальними адресами. У межах міста Тернопіль здійснено 4704 доставки, що становить 94,69 % загального обсягу, тоді як на приміські напрямки припало 264 доставки, або 5,31 %. Отже, основні резерви підвищення ефективності системи пов’язані передусім з удосконаленням внутрішньоміських перевезень.

3. Дослідження вантажних параметрів замовлень виявило значну неоднорідність логістичного потоку. Середня маса одного замовлення становить 38,62 кг, тоді як медіанна маса дорівнює 8,17 кг, що свідчить про переважання дрібних і середніх відправлень за одночасної наявності окремих важких та великогабаритних поставок. Тому планування доставки лише за середніми показниками є недостатньо обґрунтованим. Для підвищення ефективності використання рухомого складу замовлення необхідно попередньо розподіляти за масою, об’ємом, складністю навантажувально-розвантажувальних операцій та вимогами до транспортного засобу.

4. Установлено істотну територіальну концентрацію попиту: десять найбільш активних адрес формують 36,16 % міського потоку, а двадцять адрес — 49,57 %. Це підтверджує доцільність переходу від ситуативного формування

рейсів до зональної моделі обслуговування. Запропоновано поділити територію Тернополя на чотири логістичні зони: центрально-ринкову, складсько-промислову, східну житлову та південну змішану. Такий підхід дозволяє локалізувати маршрути, зменшити дублювання переміщень між районами міста, спростити диспетчерське управління та забезпечити більш рівномірний розподіл замовлень між транспортними засобами.

5. Аналіз чинного технологічного процесу доставки виявив відсутність сталого зонування міста, недостатню узгодженість комплектування товарів із послідовністю відвідування адрес, повторні виїзди до однакових одержувачів, змішування міських і приміських потоків, неповне врахування маси та габаритів замовлень, а також нерівномірне навантаження протягом тижня. На вівторок, середу, четвер і п’ятницю припадає 76,8 % доставок, тоді як субота формує лише 9,2 % загального потоку. Це обґрунтовує необхідність гнучкого планування кількості рейсів, транспортних засобів і працівників залежно від фактичного добового навантаження.

6. Удосконалену систему доставки запропоновано формувати на основі чотирьох взаємопов’язаних принципів: логістичного зонування міста, відокремлення міських і приміських рейсів, хвильового формування маршрутів та консолідації замовлень за однаковими адресами. Застосування адресної консолідації дає змогу зменшити кількість фактичних зупинок із 4704 до 3912, тобто на 792 зупинки, або на 16,84 %. Середнє скорочення становить 6,34 зупинки за робочий день, навантаження на одну зону після консолідації — 7,82 зупинки на день, а на одну хвилю доставки — 10,43 зупинки. Отримані результати підтверджують можливість скорочення непродуктивного пробігу, часу виконання рейсів і транспортних витрат без зменшення кількості обслужених замовлень.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Allen J., Piecyk M., Piotrowska M., McLeod F., Cherrett T., Ghali K., Nguyen T., Bektas T., Bates O., Friday A., Wise S., Austwick M. Understanding the impact of e-commerce on last-mile light goods vehicle activity in urban areas: The case of London. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2018. Vol. 61, Part B. P. 325–338. DOI: 10.1016/j.trd.2017.07.020.

2. Lim S. F. W. T., Jin X., Srai J. S. Consumer-driven e-commerce: A literature review, design framework, and research agenda on last-mile logistics models. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. 2018. Vol. 48, No. 3. P. 308–332. DOI: 10.1108/IJPDLM-02-2017-0081.

3. Mangiaracina R., Perego A., Seghezzi A., Tumino A. Innovative solutions to increase last-mile delivery efficiency in B2C e-commerce: A literature review. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. 2019. Vol. 49, No. 9. P. 901–920. DOI: 10.1108/IJPDLM-02-2019-0048.

4. Natalia Rozhko, Oleg Tson, Uliana Plekan, Anatolii Matviishyn, Bogdan Gevko. The use of network intralogistics and fulfillment for functioning of transport and warehouse complexes / Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences. 2023. Col.7(38), Part II, p. 257-264.

5. Plekan U., Lyashuk O., Aulin V., Tson O., Matviishyn A. Logistics Strategy of the Motor Transport Enterprise. Organizational Aspects of Creation. Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences. – 2022. – Col.6(37), p II. – pp. 75-82.

6. Uliana Plekan, Viktor Aulin, Oleg Tson, Volodymyr Dzyura, Anatolii Matviishyn. Logistics Costs of a Transport Enterprise: Organizational Aspects. Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences. 2024. Col.10(41), Part I, p. 286-293.

7. Vovk, Y., Vovk, I., Plekan, U., & Tson, O. (2025). Sustainable and smart logistics centers: Challenges and opportunities for Ukraine’s transport system. Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics, 10(1), 116-124. doi:10.14254/jsdtl.2025.10-1.8.

8. Бурдяк О. М. Клієнтоорієнтована логістика в інтернет-торгівлі. *Вісник Чернівецького торговельно-економічного інституту. Економічні науки*. 2018. Вип. I–II (69–70). С. 222–228.

9. В.В. Аулін, О.Л. Ляшук, А.В. Гриньків, О.П. Цьонь, В.З. Гудь, А.О. Головатий, С.Ю. Тищенко, А.А. Сергійчук. Формування логістичної інформаційної системи ефективного управління транспортними і виробничими підприємствами. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 9(40), ч.II, с. 204-218.

10. Горбенко О. В., Карпенко О. А. Вплив електронної торгівлі на розвиток логістики «останньої милі» в Україні. *Регіональна економіка*. 2017. № 3 (85). С. 123–132.

11. Ільченко Н. Б., Котова М. В. Остання миля для електронної торгівлі: виклики, переваги та майбутнє. *Бізнес Інформ*. 2020. № 3. С. 148–154. DOI: 10.32983/2222-4459-2020-3-148-154.

12. Методичні вказівки для виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для студентів освітньо-професійної програми "Транспортні технології (на автомобільному транспорті)" першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 275 – Транспортні технології (на автомобільному транспорті) / уклад.: О.Л. Ляшук, Ю.Я. Вовк, В.О. Дзюра, О.П. Цьонь, І.М. Кучвара, М.В. Бабій, А.Й. Матвіїшин, Н.Б. Гаврон; М-во освіти і науки України, ТНТУ. – Тернопіль: ТНТУ, 2021. – 52 с.

13. Н. Я. Рожко, О.Л. Ляшук, У.М. Плекан, О.П. Цьонь, Б.Р. Гевко, Т.Д. Навроцька, О.П. Антонюк. Вплив середовища на кон’юнктуру ринку автомобільних перевезень України», ВМТ, 2022, вип. 16, вип. 2, с. 101–109.

14. Плекан, У. М.; Цьонь, О. П.; Гевко, Б. Р.; Антонюк, О. П. Аналіз логістичних витрат підприємства. ВМТ 2023, 17, 114-120.

15. Рожко, Н. Я., Ляшук, О. Л., Вовк, Ю. Я., Плекан, У. М., & Цьонь, О. П. (2026). Інтеграція стандартизованої складської логістики в Україні в умовах структурного і когнітивного розвитку. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки, (13(44), 462–472.