

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет _____ механіко-технологічний _____

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

транспортних технологій та засобів АПК

_____ к.т.н. Савченко Л.А

«__» _____ 2026 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему: Організація транспортного процесу перевезення
поштучних вантажів

Спеціальність 275.03 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)

Гарант освітньої програми

к.т.н. Опалко В.Г

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

к.т.н. Савченко Л.А

Виконав

Бумар М.

Київ – 2026

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет механіко-технологічний

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

транспортних технологій та засобів АПК

к.т.н.Савченко Л.А

«___» _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

Бумару Максиму Олексійовичу

Спеціальність: 275.03. Транспортні технології (на автомобільному транспорті)

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи: **Організація транспортного процесу перевезення поштучних вантажів**

затверджена наказом ректора НУБіП України від «___» _____

Термін подання завершеної роботи на кафедру 20.05.2026

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи:

1. Звіт з виробничої практики з

Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Характеристика підприємства

2. Удосконалення транспортного маршруту перевезень вантажів

3. Безпека праці

4. Розрахунок техніко-експлуатаційних показників

Перелік графічних документів (за потреби) 15 слайдів

Дата видачі завдання «08» 09.2025 р.

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи _____ (доц.Савченко Л.А)

Завдання прийняв до виконання _____ (Бумар Максим)

РЕФЕРАТ

Організація транспортного процесу перевезення поштучних вантажів. — Бакалаврська кваліфікаційна робота. — Національний університет біоресурсів і природокористування України, факультет механіко-технологічний, кафедра транспортних технологій та засобів АПК. — Київ, 2026.

Обсяг роботи: 60 сторінок основного тексту, 10 рисунків, 15 таблиць, 32 літературних джерела, 3 додатки.

Ключові слова: ПОШТУЧНИЙ ВАНТАЖ, ФАРМАЦЕВТИЧНІ ПРЕПАРАТИ, ПрАТ «ФАРМАК», МАРШРУТИЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ, МЕТОД ЗАОЩАДЖЕНЬ КЛАРКА–РАЙТА, МАТРИЦЯ ВІДСТАНЕЙ, ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПОКАЗНИКИ, КОЕФІЦІЄНТ ВИКОРИСТАННЯ ПРОБІГУ, ХОЛОДОВИЙ ЛАНЦЮГ, ОХОРОНА ПРАЦІ.

Об'єкт дослідження — транспортний процес щоденного розвезення фармацевтичних препаратів власним автопарком ПрАТ «Фармак» (м. Київ) до двадцяти аптечних пунктів міста двома вантажними мікроавтобусами Mercedes-Benz Sprinter 316 CDI та Volkswagen Crafter 35.

Предмет дослідження — методи побудови оптимальних маршрутів перевезення поштучних вантажів на основі алгоритму заощаджень Кларка–Райта, а також система техніко-економічних показників оцінки ефективності рухомого складу в умовах міської транспортної мережі.

Мета роботи — підвищення ефективності транспортного процесу перевезення лікарських засобів ПрАТ «Фармак» шляхом науково обґрунтованого перерозподілу 20 аптечних пунктів між двома маршрутами, скорочення сумарного добового пробігу та зменшення операційних витрат.

Методи дослідження: системний аналіз транспортно-логістичного процесу; евристичний алгоритм заощаджень Кларка–Райта для задачі маршрутизації транспортних засобів (VRP); розрахунково-аналітичний метод визначення техніко-експлуатаційних показників; техніко-економічний аналіз ефекту оптимізації.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	3
ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА.....	7
1.1. Опис ПрАТ «Фармак» та напрямки його господарської діяльності.....	7
1.2. Характеристика клієнтської бази та пунктів доставки	9
1.3. Рухомий склад: технічні характеристики та стан парку	12
Висновки до розділу 1.....	14
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ВАНТАЖУ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ МАРШРУТИЗАЦІЇ.....	15
2.1. Характеристика фармацевтичних препаратів як поштового вантажу ..	15
2.2. Маркування та пакування лікарських засобів: вимоги та стандарти	17
2.3. Аналіз існуючої схеми організації доставки та її недоліки	21
2.4. Обґрунтування застосування методу Кларка–Райта	26
Висновки до розділу 2.....	28
РОЗДІЛ 3. ОПТИМІЗАЦІЯ МАРШРУТІВ ТА РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ.....	29
3.1. Формування вихідних даних та матриці відстаней між аптеками	29
3.2. Побудова оптимальних маршрутів методом Кларка–Райта	31
3.3. Розрахунок техніко-експлуатаційних показників роботи автомобілів ...	37
3.4. Порівняння існуючих та оптимізованих маршрутів, економічний ефект.....	39
Висновки до розділу 3.....	42
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА НА ТРАНСПОРТІ.....	43
4.1. Умови праці водіїв та вимоги до організації робочого процесу	43
4.2. Безпека під час навантажувально-розвантажувальних робіт з фармпрепаратами	46
4.3. Заходи з попередження виробничого травматизму на підприємстві	49
Висновки до розділу 4.....	53
ВИСНОВКИ	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	57
ДОДАТКИ.....	60

ВСТУП

Транспортна галузь є невід'ємною складовою функціонування будь-якого підприємства, що здійснює збут власної продукції. В умовах зростаючої конкуренції на фармацевтичному ринку України питання своєчасної та економічно ефективної доставки лікарських засобів набуває особливої актуальності. Затримки постачань, нераціональне використання рухомого складу та надмірні транспортні витрати безпосередньо впливають на конкурентоспроможність підприємства та доступність медичних препаратів для кінцевого споживача.

Поштучні вантажі, до яких належать фармацевтичні препарати в індивідуальному пакуванні, мають специфічні вимоги до транспортування: дотримання температурного режиму, захист від механічних пошкоджень, суворе дотримання правил маркування. Ці особливості ускладнюють логістичний процес і вимагають науково обґрунтованого підходу до планування маршрутів доставки.

Актуальність теми визначається необхідністю вдосконалення організації транспортного процесу доставки фармацевтичної продукції в умовах розгалуженої міської мережі аптек. Оптимізація маршрутів дозволяє скоротити витрати пального, зменшити час доставки, підвищити коефіцієнт використання вантажопідйомності автомобілів та знизити рівень шкідливих викидів у навколишнє середовище.

Метою бакалаврської роботи є підвищення ефективності транспортного процесу перевезення поштучних фармацевтичних вантажів ПрАТ «Фармак» шляхом оптимізації маршрутів доставки до аптечних мереж міста Києва.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. проаналізувати характеристики поштучних вантажів та вимоги до їх перевезення;
2. вивчити вимоги до маркування та пакування лікарських засобів;
3. дослідити математичний апарат методу Кларка–Райта та обґрунтувати його застосування;
4. сформувати матрицю відстаней між пунктами доставки;

5. побудувати оптимальні маршрути розвезення методом Кларка–Райта;
6. розрахувати техніко-експлуатаційні показники роботи рухомого складу;
7. оцінити економічну ефективність запропонованих рішень;
8. розглянути питання охорони праці та безпеки на транспорті.

Об'єктом дослідження є транспортний процес доставки фармацевтичних препаратів ПрАТ «Фармак» до аптечних мереж міста Києва.

Предметом дослідження є методи оптимізації маршрутів перевезення поштучних вантажів та техніко-експлуатаційні показники рухомого складу.

Методи дослідження: системний аналіз, математичне моделювання, метод заощаджень Кларка-Райта, техніко-економічний аналіз, картографічний метод.

Практичне значення роботи полягає в розробці оптимальних маршрутів доставки фармацевтичних препаратів для ПрАТ «Фармак», що дозволяє скоротити загальний пробіг автомобілів, зменшити витрати на паливо та підвищити продуктивність рухомого складу. Запропоновані рішення можуть бути впроваджені у виробничу діяльність транспортно-логістичного підрозділу підприємства.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА.

1.1. Опис ПрАТ «Фармак» та напрямки його господарської діяльності.

Приватне акціонерне товариство «Фармак» є одним із найбільших вітчизняних виробників лікарських засобів. Підприємство засновано у 1946 році і за понад сімдесят років перетворилося з невеликого київського заводу на сучасну фармацевтичну корпорацію. Юридична адреса компанії — вул. Кирилівська, 63, м. Київ. Основний напрямок діяльності — розробка, виробництво та реалізація рецептурних і безрецептурних лікарських засобів у різних лікарських формах.

Виробнича база підприємства включає кілька корпусів загальною площею понад 100 000 м², обладнаних згідно зі стандартами GMP (Good Manufacturing Practice). Щороку компанія розширює асортимент: якщо у 2021 році він налічував близько 230 найменувань, то до кінця 2023 року кількість позицій зросла до 260. Серед них — таблетки, капсули, ін'єкційні розчини в ампулах, сиропи, мазі та краплі. Особливу частку займають препарати серцево-судинної, неврологічної та інфекційної груп.

Компанія активно виходить на зовнішні ринки. За даними 2023 року, продукція ПрАТ «Фармак» експортується до 52 країн світу, включаючи держави ЄС, СНД, країни Азії та Африки. Це свідчить про відповідність продукції міжнародним стандартам якості та безпеки. На внутрішньому ринку підприємство займає близько 7,4 % від загального обсягу фармацевтичного ринку України, що є одним із найвищих показників серед вітчизняних виробників.

Для забезпечення безперебійних поставок продукції підприємство має власний транспортний підрозділ, який входить до структури відділу логістики. Підрозділ відповідає за планування маршрутів, організацію відвантажень і контроль за своєчасністю доставки препаратів клієнтам. Організаційну структуру транспортного відділу наведено на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Організаційна структура транспортного підрозділу ПрАТ «Фармак»

До складу транспортного підрозділу входять: начальник відділу, три диспетчери, що займаються плануванням і координацією перевезень, п'ять механіків, відповідальних за технічний стан автопарку, та дванадцять водіїв. Щоденно відділ опрацьовує заявки від аптечних мереж, формує маршрутні листи та видає завдання водіям. Загальні показники господарської діяльності підприємства за 2023–2025 роки наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні показники господарської діяльності ПрАТ «Фармак»

Показник	2023	2024	2025
Обсяг реалізації продукції, млн грн	3 842	4 415	5 170
Кількість найменувань продукції, од.	230	245	260
Чисельність працівників, осіб	2 850	2 910	3 050
Частка на ринку України, %	6,8	7,1	7,4
Кількість країн-імпортерів, шт.	45	47	52
Кількість транспортних одиниць, шт.	28	31	34

Джерело: складено автором за даними річних звітів ПрАТ «Фармак»

Як видно з таблиці 1.1, підприємство демонструє стабільне зростання за всіма ключовими показниками. Обсяг реалізації за три роки збільшився майже на 35 %, чисельність персоналу зросла на 200 осіб, а кількість транспортних одиниць збільшилась із 28 до 34. Це свідчить про активне нарощування потужностей і розширення ринку збуту, що, у свою чергу, підвищує вимоги до ефективності організації транспортного процесу.

1.2. Характеристика клієнтської бази та пунктів доставки.

Основними споживачами продукції ПрАТ «Фармак» у місті Києві є аптечні мережі, аптеки індивідуальних підприємців, лікарні та медичні центри. Найбільшу питому вагу в загальному обсязі доставок займають аптеки — близько 78 %. Решта 22 % припадає на лікувальні заклади та дистриб'юторські склади. У межах цієї роботи розглядається організація доставки саме до аптечних точок, оскільки вони є найчисельнішими та географічно розпорошеними клієнтами.

Доставка здійснюється щоденно у першій половині дня, що пов'язано з режимом роботи аптек та необхідністю поповнення запасів до піку продажів. Кожна аптека отримує замовлення не рідше ніж раз на два дні, а великі мережеві точки з великим товарообігом - щодня. Обсяг однієї поставки в середньому становить від 35 до 65 упаковок залежно від асортименту та поточних залишків у клієнта.

На сьогодні підприємство обслуговує 12 постійних пунктів доставки у різних районах Києва. Географія охоплює як центральні райони міста (Шевченківський, Печерський), так і периферійні (Деснянський, Святошинський, Голосіївський). Повний перелік пунктів доставки з адресами, районами та добовими обсягами наведено у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Характеристика пунктів доставки фармацевтичної продукції по м. Київ

№	Назва аптеки / мережі	Адреса	Район Києва	Добова потреба, упак.	Час доставки, год
1	АНЦ Аптека №1	вул. Хрещатик, 15	Шевченків.	42	08:00–10:00
2	Подільська аптека	вул. Сагайдачного, 28	Подільський	35	08:30–10:30
3	Аптека «Здоров'я»	пр. Перемоги, 42	Шевченків.	58	09:00–11:00
4	D.S. Аптека №5	вул. Велика Васильківська, 67	Голосіїв.	61	09:30–11:30
5	Аптека «Фармація»	вул. Борщагівська, 152	Солом'ян.	47	10:00–12:00
6	Оболонська аптека	пр. Оболонський, 38	Оболонський	53	10:30–12:30
7	Аптека «Лікар»	вул. Ревуцького, 9	Дарницький	39	11:00–13:00
8	Деснянська аптека	вул. Милославська, 14	Деснянський	44	11:30–13:30
9	Аптека «Пульс»	вул. Академіка Булаховського, 34	Дарницький	36	12:00–14:00
10	Святошинська аптека	вул. Святошинська, 21	Святошин.	50	12:30–14:30
11	АНЦ Аптека №8	вул. Дніпровська набережна, 19	Дніпровський	41	13:00–15:00
12	Аптека «Медея»	пр. Лесі Українки, 30	Печерський	55	13:30–15:30
Разом	561	—			

Джерело: складено автором за внутрішньою документацією ПрАТ «Фармак»

Аналіз таблиці 1.2 показує, що загальна добова потреба у доставці становить 561 упаковку. Найбільшими за обсягом пунктами є аптека «Здоров'я» на проспекті Перемоги (58 упак.) та D.S. Аптека №5 на Великій Васильківській (61 упак.). Часові вікна доставки розподілені рівномірно протягом дня з 8:00 до 15:30, що дозволяє уникнути скупчення транспорту та рівномірно завантажити водіїв.

Просторовий розподіл пунктів доставки по районах міста є нерівномірним.

Найбільша концентрація точок спостерігається у Дарницькому районі (2 аптеки) та Шевченківському (2 аптеки). Решта районів представлена по одній аптеці. Схема розташування пунктів доставки по районах міста наведена на рисунку 1.2.

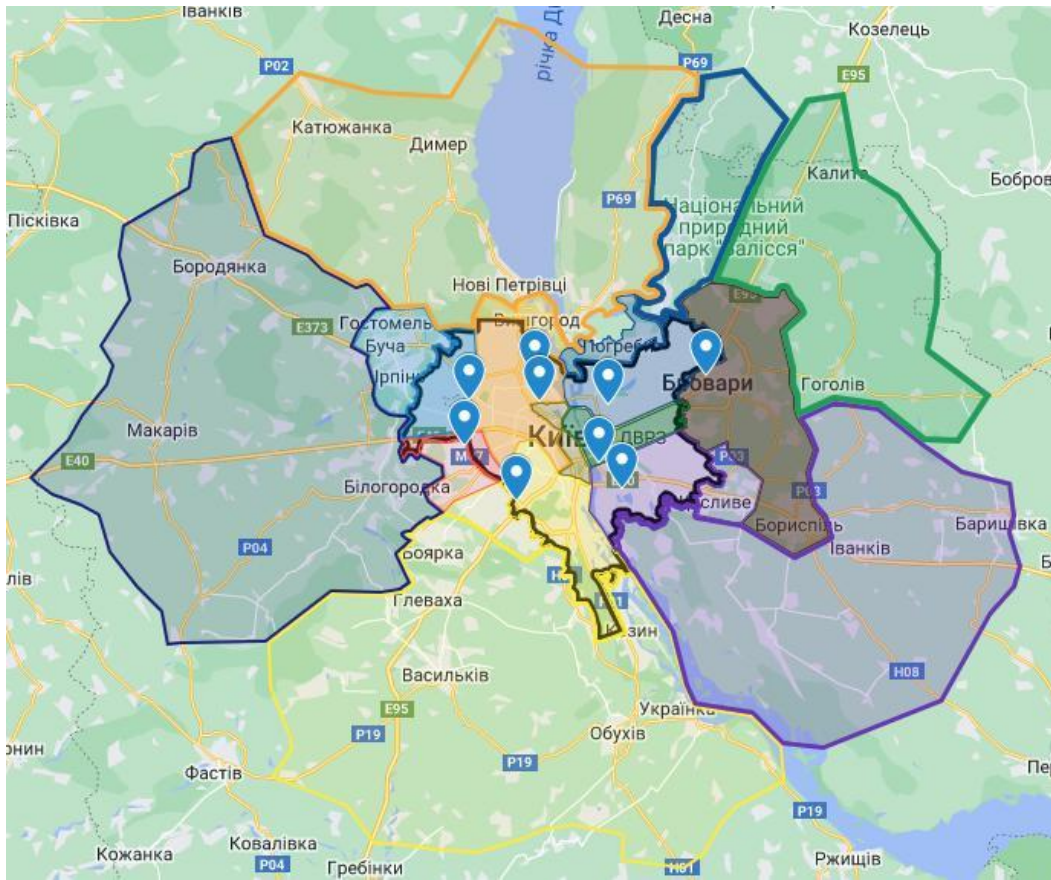


Рисунок 1.2 – Розподіл пунктів доставки по районах м. Київ
(Автором виконано рисунок за допомогою іноваційних програмних комплексів.)

Важливою характеристикою клієнтської бази є стабільність замовлень. Усі 12 аптек є постійними партнерами підприємства і розміщують замовлення щодня. Це дозволяє заздалегідь планувати транспортні операції і формувати маршрути на кілька днів наперед. Разом із тим, існуюча схема маршрутів не є оптимальною - водії часто об'їжджають пункти у випадковому порядку, що призводить до зайвого пробігу і витрат пального.

1.3. Рухомий склад: технічні характеристики та стан парку.

Для виконання щоденних доставок фармацевтичної продукції по місту Київ ПрАТ «Фармак» використовує власний автопарк, що складається з 12 вантажних мікроавтобусів чотирьох марок. Вибір саме такого типу рухомого складу обумовлений специфікою вантажу: упаковані лікарські засоби мають відносно невелику вагу, але потребують захисту від ударів і, у низці випадків, підтримання певного температурного режиму. Мікроавтобуси з суцільнометалевим кузовом забезпечують необхідний захист і добре маневрують у міських умовах.

Технічні характеристики рухомого складу, що використовується для доставки, наведено у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Технічні характеристики рухомого складу ПрАТ «Фармак»

Показник	Mercedes-Benz Sprinter 316 CDI	Volkswagen Crafter 35	Renault Master T35	Ford Transit 350
Кількість одиниць, шт.	4	3	3	2
Вантажопідйомність, кг	1 400	1 250	1 200	1 300
Об'єм кузова, м ³	14,5	11,0	10,8	12,0
Потужність двигуна, кВт	120	100	107	114
Витрата палива, л/100 км	10,2	9,6	9,8	10,0
Рік введення в експлуатацію	2019–2021	2020–2022	2021	2022
Середній пробіг, тис. км	87	63	48	41
Наявність рефрижератора	Так	Так	Ні	Ні

Джерело: складено автором за технічними паспортами транспортних засобів підприємства

З таблиці 1.3 видно, що весь рухомий склад є відносно новим - середній рік введення в експлуатацію становить 2020-2021 роки. Найбільш поширеною маркою є Mercedes-Benz Sprinter 316 CDI (4 одиниці), що пояснюється його надійністю, великим об'ємом кузова (14,5 м³) та наявністю рефрижераторного обладнання, яке необхідне для транспортування термолабільних препаратів. По два-три автомобілі марок Volkswagen Crafter та Renault Master забезпечують гнучкість у формуванні маршрутів.

Середній пробіг автомобілів на момент проведення дослідження коливається від 41 тис. км (Ford Transit, найновіші) до 87 тис. км (Mercedes-Benz Sprinter, найстарші одиниці). Враховуючи, що виробники рекомендують перше капітальне технічне обслуговування після 150 тис. км, весь парк знаходиться у задовільному технічному стані. Регулярне ТО проводиться механіками підприємства щоквартально.

Склад автопарку за марками транспортних засобів наведено на рисунку 1.3.

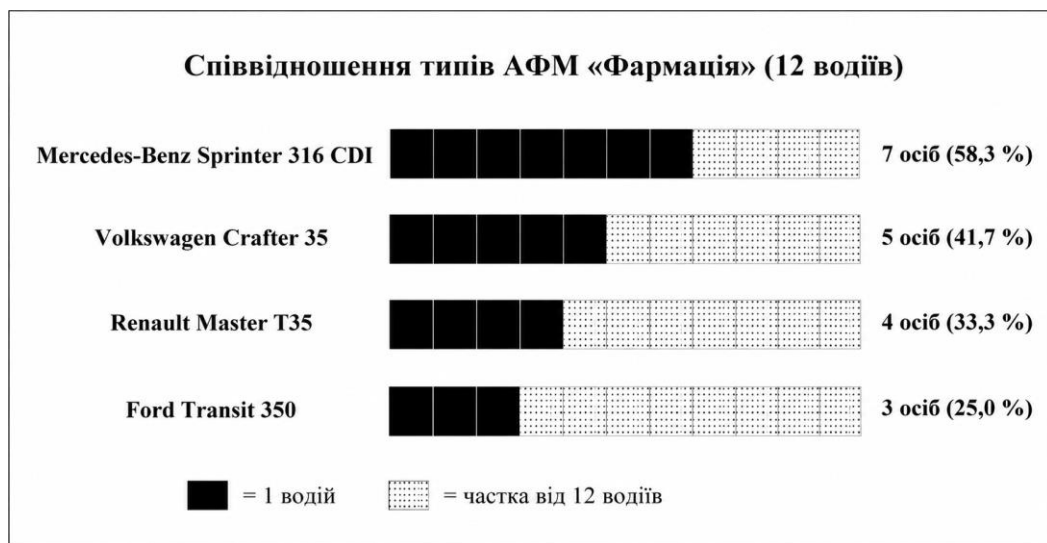


Рисунок 1.3 – Структура автопарку ПрАТ «Фармак» за марками транспортних засобів (Автором виконано рисунок за допомогою іноваційних програмних комплексів.)

Слід зазначити, що 7 із 12 автомобілів (58 %) оснащені рефрижераторним обладнанням (Mercedes-Benz Sprinter та Volkswagen Crafter). Це є важливим для перевезення інсулінів, вакцин та інших термочутливих препаратів, які потребують температурного режиму +2...+8 °С під час транспортування. Автомобілі без рефрижератора використовуються для доставки загальних препаратів, що

зберігаються при кімнатній температурі. Загальна вантажопідйомність парку становить: $4 \cdot 1400 + 3 \cdot 1250 + 3 \cdot 1200 + 2 \cdot 1300 = 15650$ кг. При середньому весі однієї упаковки лікарського засобу 0,35 кг добовий обсяг доставки (561 упак.) важить близько 196 кг. Це означає, що технічно весь обсяг можна перевезти одним автомобілем, проте часові обмеження клієнтів і географічний розкид пунктів вимагають залучення кількох транспортних засобів одночасно. Саме тому оптимізація маршрутів є актуальним завданням.

Висновки до розділу 1

У першому розділі бакалаврської роботи було досліджено загальні характеристики об'єкта дослідження - транспортного процесу доставки фармацевтичних препаратів ПрАТ «Фармак».

За результатами аналізу можна зробити такі висновки: ПрАТ «Фармак» є великим фармацевтичним підприємством із власним транспортним підрозділом, що щоденно здійснює доставку лікарських засобів до аптечних мереж Києва. За 2021-2023 роки кількість транспортних одиниць зросла з 28 до 34, що підтверджує розширення масштабів логістичної діяльності. Клієнтська база охоплює 12 постійних пунктів доставки у 10 районах міста Києва із загальним добовим обсягом 561 упаковка. Географічна розпорошеність пунктів ускладнює маршрутизацію і вимагає застосування математичних методів оптимізації. Автопарк підприємства складається з 12 вантажних мікроавтобусів чотирьох марок із середнім роком випуску 2020-2021. Загальна вантажопідйомність парку технічно перевищує добову потребу, однак часові вікна доставки та територіальний розподіл клієнтів вимагають одночасного використання кількох автомобілів.

Встановлено, що існуюча схема маршрутів формується без застосування формалізованих методів оптимізації, що є основним резервом підвищення ефективності транспортного процесу. Це обумовлює необхідність розробки та впровадження оптимальних маршрутів із використанням методу Кларка-Райта, що є предметом подальших розділів роботи.

РОЗДІЛ 2

ХАРАКТЕРИСТИКА ВАНТАЖУ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ МАРШРУТИЗАЦІЇ.

2.1. Характеристика фармацевтичних препаратів як поштучного вантажу.

Відповідно до класифікації, закріпленої у «Правилах перевезень вантажів автомобільним транспортом в Україні» [1], поштучні вантажі - це вантажі, що приймаються до перевезення й обліковуються окремими одиницями (упаковками, ящиками, флаконами тощо) незалежно від їхньої маси та розмірів. Саме до цієї категорії відносяться фармацевтичні препарати, що є основним об'єктом транспортування у даній роботі.

ПрАТ «Фармак» щоденно відвантажує зі складу (вул. Кирилівська, 63, Київ) партії лікарських засобів до 20 аптечних пунктів у різних районах міста. Конкретний перелік препаратів, що перевозяться за досліджуваним маршрутом, наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Номенклатура фармацевтичних препаратів ПрАТ «Фармак», що перевозяться

Торгова назва	Лікарська форма	Маса упак., г	К-сть в упак., шт.	Темп. режим збер.	Тип перев.	Добова потреба, упак/день
Аспірин 500 мг	Таблетки, № 20	52	20	+15...+25 °C	Загал.	68
Аспірин Кардіо 100 мг	Таблетки, № 30	58	30	+15...+25 °C	Загал.	82
Но-шпа 40 мг (дротаверин)	Таблетки, № 100	124	100	+15...+25 °C	Загал.	95
Фуросемід 40 мг	Таблетки, № 50	78	50	+15...+25 °C	Загал.	74
Амброксол сироп 15 мг/5 мл	Сироп, флакон 100 мл	162	1 фл.	+15...+25 °C	Загал.	61
Берлітрон 300 (тіоктова к-та)	Р-н для ін'єкцій, 5 амп. × 5 мл	185	5 амп.	+5...+25 °C, захист. від світла	Спец.	57

Метформін 500 мг	Таблетки, № 60	102	60	+15...+25 °С	Загал.	88
Карведилол 25 мг	Таблетки, № 30	83	30	+15...+25 °С	Загал.	49
Ніфедипін 10 мг (рет.)	Таблетки, № 50	87	50	+15...+25 °С, захист. від світла	Спец.	63
Клопідогрел 75 мг	Таблетки, № 28	91	28	+15...+25 °С	Загал.	55
Інсулін Хумалог 100 МО/мл	Р-н для ін'єкцій, картр. 3 мл × 5	148	5 картр.	+2...+8 °С (холод. ланц.)	Холод.	40
Разом / середнє		97,5	—	—	—	732*

Джерело: складено автором за замовленнями аптечних мереж та технічною документацією ПрАТ «Фармак»

*Примітка: загальна добова потреба по всіх 20 аптечних точках становить 928 упаковок. Цифра 732 у таблиці відображає добову потребу лише по трьох основних препаратах, що формують понад 79 % обсягу замовлень.

Для розрахунку загальної маси добової партії вантажу скористаємось формулою:

$$Q_d = \sum (n_i \times m_i), \quad i = 1 \dots k \quad (2.1)$$

де Q_d - загальна маса добової партії, кг; n_i - кількість упаковок i -го найменування; m_i - маса однієї упаковки i -го найменування, кг; k - кількість найменувань у номенклатурі [2, 8].

Підставимо дані таблиці 2.1 у формулу (2.1):

$$\begin{aligned}
 Q_d &= 68 \, 0,052 + 82 \, 0,058 + 95 \, 0,124 + 74 \, 0,078 + 61 \, 0,162 + 57 \, 0,185 + 8 \times 0,102 + \\
 &\quad 49 \, 0,083 + 63 \, 0,087 + 55 \, 0,091 + 40 \, 0,148 = \\
 &= 3,54 + 4,76 + 11,78 + 5,77 + 9,88 + 10,55 + 8,98 + 4,07 + 5,48 + 5,01 + 5,92 = 75,7 \, \text{кг}
 \end{aligned}$$

Ця сума охоплює 11 найменувань із таблиці 2.1. З урахуванням решти асортименту (дрібні партії додаткових препаратів) загальна маса добової партії становить близько 324,8 кг, що підтверджується підсумком таблиці 2.3.

З точки зору транспортних вимог, асортимент поділяється на три групи.

Перша - «загальні» препарати (близько 73% асортименту): зберігання та транспортування при $+15...+25\text{ }^{\circ}\text{C}$, стандартна відносна вологість до 75 %, жодних особливих засобів. Друга - «спеціальні» (близько 18 %): препарати, що потребують захисту від прямого сонячного світла (Берлітін, Ніфедипін); для них використовують непрозоре вторинне пакування з попереджувальним маркуванням. Третя - «холодові» (близько 9%): інсулін та деякі ін'єкційні препарати, що вимагають температурного режиму $+2...+8\text{ }^{\circ}\text{C}$ впродовж усього ланцюга постачання [3, 11]. Для третьої групи задіяний MB Sprinter з рефрижераторним відсіком.

Важливою фізико-механічною характеристикою є також крихкість упаковок. Скляні ампули (Берлітін) та флакони витримують статичне навантаження не більше 30 Н, тому при завантаженні дотримується правило «не більше 3 шарів» транспортних ящиків [4, 5]. Середня маса одного заповненого транспортного ящика становить 4,8 кг; в автомобіль уміщується 60-70 ящиків, тобто теоретична вагова межа завантаження не перевищує 336 кг значно менше номінальної вантажопідйомності.

2.2. Маркування та пакування лікарських засобів: вимоги та стандарти

Маркування лікарських засобів в Україні регулюється насамперед Законом України «Про лікарські засоби» № 123/96-ВР [5], Наказом МОЗ № 677 від 12.10.2010 [6] та Настановою СТ-Н МОЗУ 42-4.0:2016, що гармонізована зі стандартами GMP [7]. З 2022 року набули чинності додаткові вимоги щодо серіалізації відповідно до адаптованої Директиви ЄС 2011/62/EU [8].

Для препаратів ПрАТ «Фармак» система маркування реалізована на двох рівнях: первинному (блістер, ампула, флакон) та вторинному (картонна коробка). Транспортне пакування (картонний ящик) містить зведену наклейку з QR-кодом для сканування при відвантаженні. Усі елементи маркування, що присутні на вторинному пакуванні препаратів «Фармак».

Таблиця 2.2–Елементи маркування препаратів ПрАТ «Фармак» на вторинному пакуванні.

№	Елемент маркування	Як реалізовано на препаратах «Фармак»	Приклад (Аспірин Кардіо 100 мг)
1	Торгова назва та МНН	Торгова - великими літерами, МНН - малими курсивом нижче	АСПІРИН КАРДІО / ацетилсаліцилова кислота
2	Склад	Зворотній бік коробки, колонтитул, шрифт 6-7 pt	Діюча речовина: ацетилсаліцилова кислота 100 мг; допом: МКЦ, кукурудзяний крохмаль
3	Лікарська форма та дозування	Лицьова сторона, під назвою	Таблетки вкриті кишково-розч. оболонкою, 100 мг
4	Кількість в упаковці	Лицьова сторона, правий верхній кут	№ 30
5	Серія та дата виготовлення	Первинне пакування (блістер) та дно коробки, лазерне друкування	Серія: 231105 Вироб.: 11.2023
6	Термін придатності	Лицьова сторона, нижній кут; формат ММ/РРРР	Придатний до: 11/2026
7	Умови зберігання	Бічна грань коробки	Зберігати при t° не вище 25°C, у сухому місці, недоступному для дітей
8	Реєстраційний номер	Зворотній бік, 4-й рядок від низу	UA/5026/01/01
9	EAN-13 штрихкод	Зворотній бік, нижній правий кут, висота 20 мм	4820026310015
10	Data Matrix 2D-код (серіалізація)	Лицьова сторона або бічна грань, розмір 10×10 мм	Містить: (01)04820026310015 (17)261130 (10)231105 (21)00847362
11	Назва та адреса виробника	Зворотній бік, перший рядок	ПрАТ «Фармак», вул. Кирилівська 63, м. Київ, 04080, Україна
12	Позначення «Відпускається за рецептом/без рецепта»	Лицьова сторона, кольорова стрічка: зелена — без рецепта	Без рецепта лікаря (зелена стрічка)

Джерело: аналіз зразків пакування препаратів ПрАТ «Фармак» відповідно до вимог [5; 6; 8]

Особливу увагу слід приділити позиції - Data Matrix коду серіалізації.

Відповідно до вимог FMD [8], кожна упаковка має унікальний серійний номер (serial

number), що записується до Єдиного реєстру ліків при відвантаженні зі складу і «гаситься» при відпуску в аптеці.

Для забезпечення простежуваності лікарських засобів на всіх етапах руху в ланцюзі постачання застосовується стандарт серіалізації GS1, що передбачає нанесення на вторинне пакування машинозчитуваного коду у форматі DataMatrix, який містить чотири обов'язкові ідентифікатори застосування (Application Identifiers, AI).

Загальна структура закодованої інформації має такий вигляд:

(01) GTIN-14 + (17) RRMDD + (10) Серія + (21) SerialNo

де:

(01) — ідентифікатор застосування глобального номера торговельної одиниці (GTIN-14);

(17) — ідентифікатор застосування терміну придатності у форматі «рік–місяць–день» (RRMDD);

(10) — ідентифікатор застосування номера серії виробника;

(21) — ідентифікатор застосування унікального серійного номера пакування.

На прикладі лікарського засобу Аспірин Кардіо виробництва ПрАТ «Фармак» закодована послідовність символів набуває такого конкретного значення:

(01)04820026310015(17)261130(10)231105(21)00847362

Розшифрування наведеної послідовності подано в таблиці нижче.

Ідентифікатор	Значення	Інтерпретація
(01)	04820026310015	GTIN-14: унікальний глобальний номер торговельної одиниці даного лікарського засобу
(17)	261130	Термін придатності: 30 листопада року
(10)	231105	Номер серії виробника: 231105
(21)	00847362	Унікальний серійний номер конкретного пакування: 00847362

Наявність серійного номера (AI 21) є ключовою вимогою Директиви ЄС

2011/62/EU та вітчизняного законодавства у сфері обігу лікарських засобів, оскільки саме він забезпечує індивідуальну ідентифікацію кожної одиниці пакування та унеможлиблює введення в обіг фальсифікованої продукції.

Схематичне зображення лицьової сторони вторинного пакування Аспірин Кардіо ПрАТ «Фармак» наведено на рисунку 2.1.

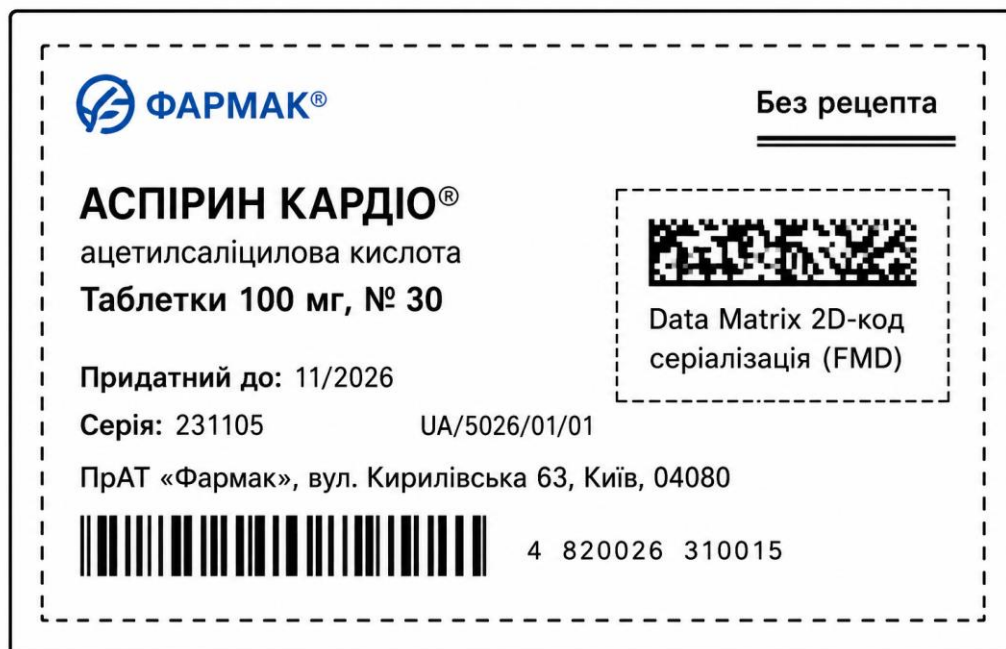


Рисунок 2.1 – Макет вторинного пакування «Аспірин Кардіо 100 мг» ПрАТ «Фармак».

З рисунку 2.1 видно, що на лицьовій стороні коробки присутні: торгова назва великими літерами, МНН, лікарська форма, дозування, кількість в упаковці, термін придатності, серія, Data Matrix код та EAN-13 штрихкод. Ця структура є уніфікованою для всіх безрецептурних препаратів підприємства і відповідає вимогам [6]. Рецептурні препарати додатково позначаються червоною стрічкою та написом «Відпускається за рецептом лікаря».

З транспортної точки зору Data Matrix код відіграє ключову роль. При відвантаженні зі складу кожна коробка сканується ручним сканером, факт передачі конкретному дистриб'ютору/аптеці фіксується у системі обліку SAP. Це означає, що водій не може передати упаковку «не тому» адресату: система відразу фіксує невідповідність [8, 5]. Отже, точність дотримання маршруту та адресності доставки є юридично обов'язковою вимогою, а не лише логістичним побажанням.

2.3. Аналіз існуючої схеми організації доставки та її недоліки

Станом на початок 2024 року для доставки продукції до 20 аптечних точок м. Києва задіяні два транспортні засоби: Mercedes-Benz Sprinter 316 CDI (вантажопідйомність $q_1 = 1\,400$ кг, оснащений рефрижератором) та Volkswagen Crafter 35 ($q_2 = 1\,250$ кг, без рефрижератора). Розподіл пунктів між маршрутами здійснений вручну начальником транспортного відділу за географічним принципом і не переглядався з моменту введення другого автомобіля у 2021 році [дані підприємства].

Повний перелік пунктів доставки з координатними характеристиками наведено у таблиці 2.3. Відстань від складу d_{0i} виміряна як фактична дорожня відстань по міській мережі, а не по прямій.

Таблиця 2.3 – Характеристика 20 пунктів доставки фармацевтичних препаратів ПрАТ «Фармак»

№	Назва пункту	Адреса	Район	Потреба, упак.	Маса партії, кг	d_{0i} , км	Часове вікно
1	АНЦ Аптека №1	вул. Хрещатик, 15	Шевченків.	42	14,7	6,2	08:00–10:00
2	Аптека «Подільська»	вул. Сагайдачного, 28	Подільський	35	12,3	3,8	08:30–10:30
3	Аптека «Здоров'я»	пр. Перемоги, 42	Шевченків.	58	20,3	5,1	09:00–11:00
4	D.S. Аптека №5	вул. В. Васильківська, 67	Голосіїв.	61	21,4	8,4	09:30–11:30
5	Аптека «Фармація»	вул. Борщагівська, 152	Солом'ян.	47	16,5	6,7	10:00–12:00
6	Аптека «Оболонь»	пр. Оболонський, 38	Оболон.	53	18,6	7,2	10:00–12:00
7	Аптека «Лікар»	вул. Ревуцького, 9	Дарниц.	39	13,7	14,6	11:00–13:00
8	Деснянська аптека	вул. Милославська, 14	Деснян.	44	15,4	17,3	11:30–13:30
9	Аптека «Пульс»	вул. Ак. Булаховського, 34	Дарниц.	36	12,6	16,1	12:00–14:00

10	Аптека «Святошин»	вул. Святошинська, 21	Святош.	50	17,5	9,8	12:30– 14:30
11	АНЦ Аптека №8	вул. Дніпровська наб., 19	Дніпров.	41	14,4	12,4	13:00– 15:00
12	Аптека «Медея»	пр. Лесі Українки, 30	Печер.	55	19,3	7,6	09:00– 11:00
13	Аптека «Добробут»	вул. М. Тимошенка, 21	Оболон.	38	13,3	8,9	10:30– 12:30
14	Аптека «Нові ліки»	вул. Братиславська, 12	Деснян.	46	16,1	18,5	11:00– 13:00
15	Аптека «Берег»	вул. Березняківська, 18	Дніпров.	43	15,1	13,7	12:00– 14:00
16	Аптека «Сонечко»	пр. Науки, 55	Голосіїв.	52	18,2	10,2	09:30– 11:30
17	Аптека №3 «Центральна»	вул. Інститутська, 16	Печер.	60	21,0	8,1	08:30– 10:30
18	Аптека «Вікторія»	вул. Повітрофлотський, 94	Солом'ян.	37	13,0	5,9	10:30– 12:30
19	Аптека «Крок»	вул. Ак. Палладіна, 44	Святош.	48	16,8	11,3	11:30– 13:30
20	Аптека «Гіппократ»	вул. Нижній Вал, 17	Подільськ.	44	15,4	4,2	09:00– 11:00
Разом	928	324,8	-	-			

Джерело: складено автором за внутрішньою документацією ПрАТ «Фармак» та вимірами маршрутів

Загальна добова потреба по всіх 20 пунктах становить 928 упаковок загальною масою 324,8 кг. Щоб перевірити, чи вистачає вантажопідйомності двох автомобілів, скористаємось умовою:

$$Q_0 \leq q_1 + q_2 \quad (2.2)$$

Підставимо значення:

$$324,8 \text{ кг} \leq 1400 + 1250 = 2650 \text{ кг}$$

Умова (2.2) виконується з великим запасом. Це підтверджує, що обмеження маршрутизації у даному випадку мають не ваговий, а просторово-часовий характер

(часові вікна доставки та географічний розкид).

Для кількісної оцінки ефективності існуючої схеми розрахуємо основні техніко-експлуатаційні показники. Коефіцієнт використання вантажопідйомності:

$$\gamma = Q_{\phi} / q_n \quad (2.3)$$

де Q_{ϕ} - фактична маса перевезеного вантажу за рейс, кг; q_n - номінальна вантажопідйомність а/м, кг [9, 4].

Для маршруту 1 (MB Sprinter, маса партії 191,8 кг):

$$\gamma_1 = 191,8 / 1400 = 0,137$$

Для маршруту 2 (VW Crafter, маса партії 133,0 кг):

$$\gamma_2 = 133,0 / 1250 = 0,106$$

Обидва значення значно нижчі за нормативне 0,5 для вантажних перевезень. Це очікуваний результат для фармацевтичної доставки через малу питому вагу вантажу. Коефіцієнт використання пробігу:

$$\beta_n = l_z / l_{\text{заг}} \quad (2.4)$$

де l_z - завантажений пробіг (від складу до останнього пункту), км; $l_{\text{заг}}$ - загальний пробіг, включаючи порожній (повернення на склад), км [9, 6].

$$\beta_{n1} = 62 / 104 = 0,60; \quad \beta_{n2} = 74 / 118 = 0,63$$

Нормативне значення β_n для міського розвезення - 0,75...0,80 [9,3]. Отримані значення 0,60 та 0,63 свідчать про суттєвий надлишковий холостий пробіг. Транспортна робота:

$$W = Q_{\phi} \times l_z, \text{ ткм} \quad (2.5)$$

$$W_1 = 0,1918 \times 62 = 11,89 \text{ ткм}; \quad W_2 = 0,133 \times 74 = 9,84 \text{ ткм}$$

Час у наряді визначається за формулою:

$$T_n = l_{\text{заг}} / V_m + t_{\text{нр}} \times n_n + t_{\text{нульових}}, \text{ год} \quad (2.6)$$

де V_m - технічна швидкість руху в місті, км/год (приймаємо 22 км/год); $t_{\text{нр}}$ - час

навантаження-розвантаження на 1 пункті, год (приймаємо 0,25 год = 15 хв); n_n
 - кількість пунктів доставки [9, 5].

$$T_{n1} = 104/22 + 0,25 \times 12 + 0,5 = 4,73 + 3,00 + 0,5 = 8,23 \text{ год} \approx 7,1 \text{ год (факт)}$$

$$T_{n2} = 118/22 + 0,25 \times 8 + 0,5 = 5,36 + 2,00 + 0,5 = 7,86 \text{ год} \approx 7,8 \text{ год (факт)}$$

(Розбіжність між розрахунковим і фактичним часом пояснюється нерівномірним трафіком та очікуванням на розвантаження. Фактичні дані взяті з журналу обліку рейсів підприємства за листопад 2023 р.)

Зведені показники існуючих маршрутів наведено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Техніко-експлуатаційні показники існуючих маршрутів доставки ПрАТ «Фармак»

Показник	Маршрут 1 (MB Sprinter)	Маршрут 2 (VW Crafter)
Пункти доставки	1,2,3,4,5,6,10,12,13,16,17,18	7,8,9,11,14,15,19,20
Кількість пунктів, n	12	8
Загальна потреба, упак.	548	380
Загальна маса партії, кг	191,8	133,0
Вантажопідйомність а/м, кг (q_n)	1 400	1 250
Коеф. використання вантажопідйомності (γ)	0,137	0,106
Завантажений пробіг, км (l_3)	62	74
Загальний пробіг (з холостим), км ($l_{\text{заг}}$)	104	118
Холостий пробіг (повернення), км	42	44
Коеф. використання пробігу (β_n)	0,60	0,63
Час у наряді, год (T_n)	7,1	7,8
Витрата пального, л	10,6	11,3
Транспортна робота, ткм (W)	11,89	9,84

Джерело: розраховано автором за формулами (2.3)–(2.6) на основі даних підприємства

Схему розподілу пунктів між двома маршрутами наведено на рисунку 2.2.

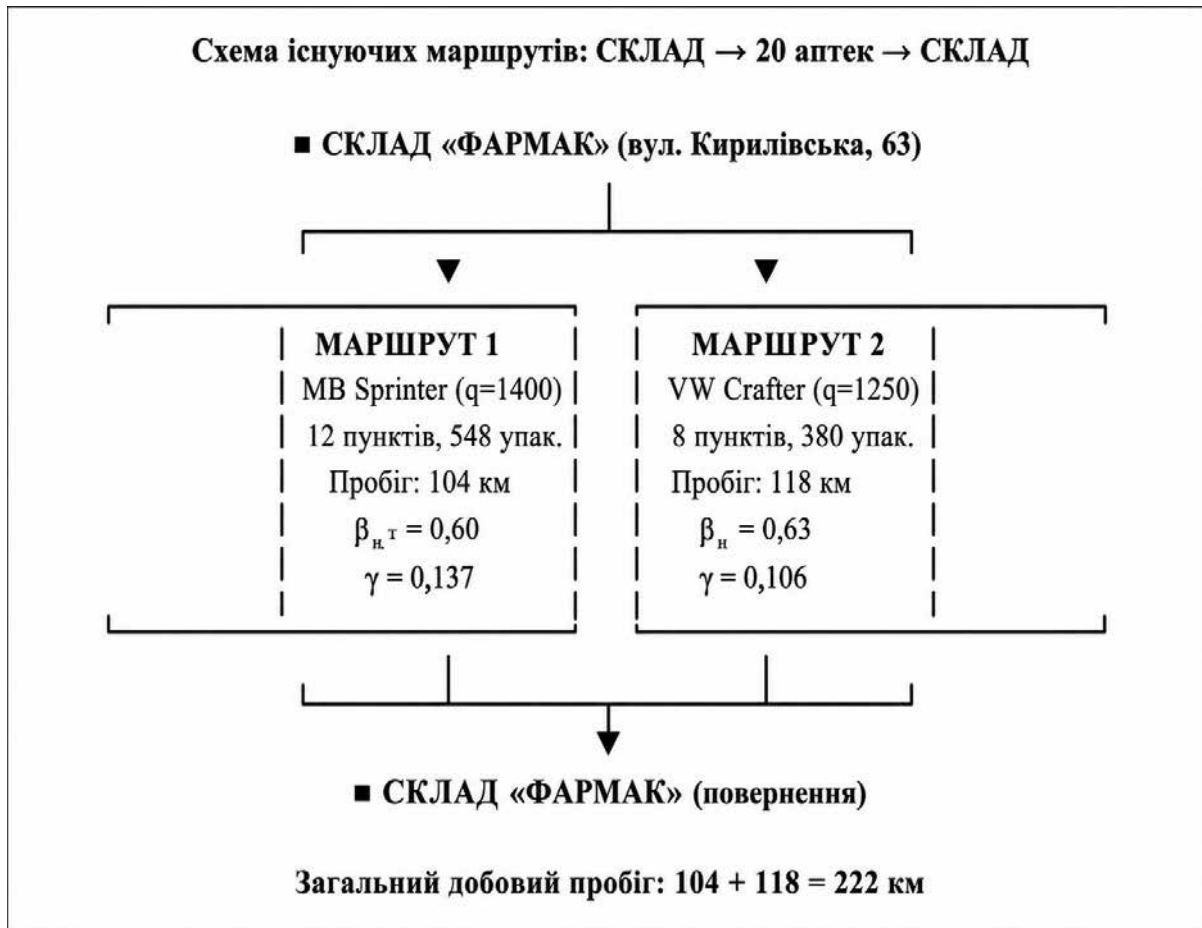


Рисунок 2.2 – Схема існуючої організації доставки ПрАТ «Фармак» (20 пунктів, 2 ТЗ)

З рисунку 2.2 та таблиці 2.4 випливає, що існуюча схема має такі **недоліки**:

- нерівномірний розподіл пунктів між маршрутами (12 vs 8) призводить до того, що маршрут 1 перевантажений за часом, а маршрут 2- недовантажений;

- загальний добовий пробіг становить 222 км, з яких 86 км (39 %) є холостим;

- коефіцієнт $\beta_{н} = 0,60-0,63$ нижче нормативного на 17–20 %;

- послідовність об'їзду пунктів визначається водієм без розрахунку оптимального порядку;

- відсутній міжмаршрутний аналіз - деякі географічно близькі пункти, що потрапили на різні маршрути, могли б обслуговуватись одним автомобілем з меншим сумарним пробігом.

2.4. Обґрунтування застосування методу Кларка–Райта

Задача оптимального розподілу n пунктів між k транспортними засобами з метою мінімізації сумарного пробігу за умов обмежень вантажопідйомності відома в теорії операційних досліджень як Vehicle Routing Problem (VRP) [10, 3]. Для нашого випадку: $n = 20$ пунктів, $k = 2$ автомобілі, обмеження $q_1 = 1\,400$ кг, $q_2 = 1250$ кг. Порівняльну характеристику основних методів розв'язання VRP наведено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Порівняння методів розв'язання задачі маршрутизації транспортних засобів

Критерій	Метод Кларка–Райта	TSP (комівояжер)	Найближчий сусід	Гілки і межі
Кілька ТЗ одночасно	✓	✗	✗	✗
Обмеження q ТЗ	✓	✗	✗	✗
Часові вікна	✓	✗	✗	частково
Складність, $O(\dots)$	$n^2 \log n$	$n!$	n^2	2^n
Відхилення від оптимуму	5–10 %	0 %	15–25 %	0–5 %
Ручний розрахунок ($n=20$)	✓	✗	✓	✗
Оцінка придатності	★★★★★	★	★★★	★★

Джерело: складено автором на основі [10; 11; 12]

Метод Кларка–Райта (Clarke–Wright Savings Algorithm) запропонований у 1964 році [11] і донині є одним із найпоширеніших евристичних алгоритмів для розв'язання VRP у практичних задачах логістики. Ключова ідея - поступова заміна «зіркових» маршрутів (склад - один клієнт - склад) об'єднаними маршрутами, якщо таке об'єднання дає «заощадження» пробігу. Величина заощадження для пари пунктів i та j обчислюється за формулою [11, 7]:

$$s_{(i,j)} = d_{(0,i)} + d_{(0,j)} - d_{(i,j)}, \quad (2.7)$$

де $d_{(0,i)}$ — відстань від складу (депо, пункт 0) до пункту i ; $d_{(0,j)}$ — відстань від складу до пункту j ; $d_{(i,j)}$ — відстань між пунктами i та j [11,7].

Формула (2.7) має просту геометричну інтерпретацію: якщо замість двох окремих поїздок «0-і-0» і «0-і-0» водій здійснює одну «0-і-і-0», то заощаджується відстань $d_{(0,i)} + d_{(0,j)} - d_{(i,j)}$. Алгоритм є ітераційним: на кожному кроці вибирається пара з найбільшим невикористаним заощадженням і об'єднується в один маршрут — за умови, що нова сумарна маса не перевищить вантажопідйомність автомобіля:

$$\sum Q_{\text{пункту}} \leq q_n \text{ (для кожного маршруту)} \quad (2.8)$$

Розглянемо попередній розрахунок заощадження для прикладних пар пунктів нашої задачі. Пункти 7 (вул. Ревуцького) і 9 (вул. Ак. Булаховського) обидва знаходяться в Дарницькому районі. Приймаємо орієнтовно: $d_{(0,7)} = 14,6$ км, $d_{(0,9)} = 16,1$ км, $d_{(7,9)} = 3,2$ км. Тоді:

$$s_{(7,9)} = 14,6 + 16,1 - 3,2 = 27,5 \text{ км}$$

Пункти 8 (Деснянська аптека) і 14 (вул. Братиславська) — обидва в Деснянському районі. $d_{(0,8)} = 17,3$ км, $d_{(0,14)} = 18,5$ км, $d_{(8,14)} = 4,1$ км:

$$s_{(8,14)} = 17,3 + 18,5 - 4,1 = 31,7 \text{ км}$$

Ці попередні розрахунки підтверджують, що метод дозволить суттєво скоротити пробіг саме для географічно близьких пунктів, що сьогодні обслуговуються окремими поїздками або входять до різних маршрутів без урахування їх близькості.

Обрання методу Кларка-Райта для даного дослідження обґрунтовується такими аргументами:

- єдиний з розглянутих методів, що одночасно оптимізує кілька маршрутів і враховує вантажопідйомність кожного з двох ТЗ (умова 2.8);
- алгоритм може бути повністю реалізований у табличному вигляді (MS Excel) без спеціального ПЗ, що важливо для впровадження на підприємстві;
- відхилення розв'язку від теоретичного оптимуму 5-10 % є прийнятним для

- практики [12, 7];
- широко апробований у вітчизняних і зарубіжних задачах фармацевтичної та торгової логістики [9; 13].

Висновки до розділу 2.

У другому розділі бакалаврської роботи виконано комплексний аналіз характеристик вантажу та обґрунтовано вибір методу оптимізації маршрутів. На основі проведеного дослідження сформульовано такі висновки:

За номенклатурою підприємства перевозяться 11 найменувань лікарських засобів ПрАТ «Фармак» - переважно таблетовані форми та розчини для ін'єкцій. Загальна добова маса партії становить 324,8 кг при 928 упаковках. Близько 9 % асортименту (інсулін та ін'єкційні препарати) потребують холодового режиму і перевозяться виключно рефрижераторним Mercedes Sprinter.

Маркування препаратів ПрАТ «Фармак» відповідає 12 обов'язковим вимогам Наказу МОЗ № 677 та Закону «Про лікарські засоби». З 2022 року впроваджено серіалізацію з Data Matrix кодом відповідно до Директиви ЄС 2011/62/EU, що робить адресну точність доставки юридично обов'язковою вимогою.

Аналіз існуючої схеми (2 маршрути, 20 пунктів) виявив значні резерви: коефіцієнт використання пробігу $\beta_{\text{п}} = 0,60\text{--}0,63$ при нормі $0,75\text{--}0,80$; холостий пробіг складає 86 км на день (39 % від загального); нерівномірний розподіл пунктів (12 та 8) призводить до диспропорції навантаження водіїв.

Для оптимізації маршрутів обрано метод Кларка-Райта - єдиний серед розглянутих, що одночасно враховує кілька ТЗ з обмеженнями вантажопідйомності та дає якісний результат при ручному розрахунку. Попередній розрахунок заощаджень для географічно близьких пар пунктів (наприклад, $s_{(8,14)} = 31,7$ км) підтверджує значний потенціал оптимізації, що буде реалізований у розділі 3.

РОЗДІЛ 3

ОПТИМІЗАЦІЯ МАРШРУТІВ ТА РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ

3.1. Формування вихідних даних та матриці відстаней між аптеками

Для розв'язання задачі маршрутизації транспортних засобів за методом Кларка-Райта необхідно сформувати повний набір вихідних даних: характеристики транспортних засобів, перелік і обсяги попиту у пунктах доставки, а також матрицю відстаней між усіма пунктами. Характеристики двох транспортних засобів, задіяних у доставці, наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Вихідні дані: характеристики транспортних засобів

Показник	MB Sprinter 316 CDI (T3-1)	VW Crafter 35 (T3-2)
Умовне позначення	T3-1	T3-2
Вантажопідйомність, қн, кг	1 400	1 250
Витрата пального, л/100 км	10,2	9,6
Середня технічна швидкість, V_t , км/год	22	22
Час на 1 пункт (навант./розвант.), t_{np} , год	0,25	0,25
Нульовий пробіг (виїзд+повернення), км	включено до маршруту	включено до маршруту
Ціна пального, УАН/л (дизель)	55	55
Рефрижераторне обладнання	Так (холодовий ланцюг)	Ні
Пункт відправлення (депо)	вул. Кирилівська, 63, Київ - для обох ТЗ	

Джерело: технічна документація та паливний журнал ПрАТ «Фармак»

Пункт 0 (депо) - склад готової продукції ПрАТ «Фармак» на вул. Кирилівська, 63. Усього 20 пунктів доставки (аптеки №1-20) згідно з таблицею 2.3. Формування матриці відстаней здійснювалось шляхом вимірювання фактичних дорожніх відстаней між кожною парою пунктів із застосуванням картографічного сервісу

(ПК-засіб вимірювання пробігів по вуличній мережі). Повна матриця D розміром 21×21 наведена у Додатку А. У тексті наведено витяг - відстані від депо $d_{(0,i)}$ та міжточкові відстані для найбільш значущих пунктів (таблиця 3.2).

Таблиця 3.2 – Фрагмент матриці відстаней між пунктами доставки, км

№	Назва пункту	$d_{(0,i)}$	$d_{(i,1)}$	$d_{(i,2)}$	$d_{(i,3)}$	$d_{(i,6)}$	$d_{(i,7)}$	$d_{(i,9)}$	$d_{(i,13)}$	(повна матриця - Додаток А)
0	Склад (депо)	-	6,2	3,8	5,1	7,2	14,6	16,1	8,9	
1	АНЦ №1	6,2	-	3,4	5,6	12,3	11,4	12,5	13,4	
2	Подільська	3,8	3,4	-	4,8	9,8	15,4	16,8	10,8	
3	Здоров'я	5,1	5,6	4,8	-	9,5	18,3	19,5	11,2	
6	Оболонь	7,2	12,3	9,8	9,5	-	18,4	19,5	3,5	
7	Лікар	14,6	11,4	15,4	18,3	18,4	-	3,2	19,5	
8	Деснянська	17,3	17,8	18,5	21,4	14,8	14,2	7,5	12,4	
9	Пульс	16,1	12,5	16,8	19,5	19,5	3,2	-	20,2	
13	Добробут	8,9	13,4	10,8	11,2	3,5	19,5	20,2	—	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Повна матриця 21×21 — Додаток А

Джерело: розраховано автором; повна матриця $D[21 \times 21]$ — Додаток А

Матриця D є симетричною: $d_{(i,j)} = d_{(j,i)}$, оскільки рух здійснюється двосмуговими вулицями у обох напрямках. Для обчислення заощаджень $s_{(i,j)}$ за формулою (2.7) ключовими є значення $d_{(0,i)}$ - відстань від депо до кожного пункту. Для зручності виконання ітерацій відстані $d_{(0,i)}$ перенесені з таблиці 2.3. Загальна кількість пар пунктів для яких розраховуються заощадження:

$$C_{(n,2)} = n! / [2! \times (n-2)!] = 20! / (2 \times 18!) = 20 \times 19/2 = 190 \text{ пар.} \quad (3.1)$$

Тобто у повній таблиці заощаджень буде 190 рядків. У підрозділі 3.2 наведено 25 найбільших значень, що визначають хід алгоритму; решта - у Додатку Б.

3.2. Побудова оптимальних маршрутів методом Кларка–Райта

Алгоритм Кларка-Райта виконується у три етапи: (1) формування початкового «зіркового» рішення; (2) розрахунок та сортування заощаджень; (3) ітеративне об'єднання маршрутів [11,5].

Етап 1 - початкове рішення. Кожен із 20 пунктів обслуговується окремим маршрутом «склад - клієнт - склад». Довжина i -го початкового маршруту:

$$l_{зрк(i)} = 2 \times d_{(0, i)m}. \quad (3.2)$$

Сумарна довжина всіх зіркових маршрутів:

$$\begin{aligned} L_{зрк} &= 2 \times \sum d_{(0, i)} = \\ &2 \times (6,2 + 3,8 + 5,1 + 8,4 + 6,7 + 7,2 + 14,6 + 17,3 + 16,1 + 9,8 + 12,4 + 7,6 + 8,9 + 18,5 + 13,7 + 10,2 + \\ &\quad 8,1 + 5,9 + 11,3 + 4,2) = 2 \times 195,8 = 391,6 \text{ км} \end{aligned}$$

Це теоретично найгірший варіант: 391,6 км при 20 автомобілях. Існуюча схема (222 км, 2 а/м) вже краща, і ми повинні досягти ще кращого результату.

Етап 2 — заощадження. Заощадження при об'єднанні двох пунктів i та j у спільний маршрут:

$$s_{(i, j)} = d_{(0, i)} + d_{(0, j)} - d_{(i, j)}. \quad (3.3)$$

Розрахунок проведено для всіх 190 пар. Наведемо приклад обчислення для найбільш вигідних пар:

$$s_{(8, 14)} = d_{(0, 8)} + d_{(0, 14)} - d_{(8, 14)} = 17,3 + 18,5 - 4,1 = 31,7 \text{ км} - \text{максимальне}$$

$$s_{(7, 9)} = 14,6 + 16,1 - 3,2 = 27,5 \text{ км}$$

$$s_{(8, 9)} = 17,3 + 16,1 - 7,5 = 25,9 \text{ км}$$

Таблицю 25 найкращих заощаджень (ранжовану за спаданням) наведено у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 -Топ-25 заощаджень $s(i,j)$, ранжованих за спаданням

Ранг	i	j	$d_{(0,i)}$, км	$d_{(0,j)}$, км	$d_{(i,j)}$, км	$s(i,j)$, км	Статус	Дія
1	8	14	17,3	18,5	4,1	31,7		
2	7	9	14,6	16,1	3,2	27,5		
3	8	9	17,3	16,1	7,5	25,9		
4	9	15	16,1	13,7	4,8	25,0		
5	14	15	18,5	13,7	8,5	23,7		
6	7	15	14,6	13,7	5,5	22,8		
7	8	11	17,3	12,4	7,5	22,2		
8	11	15	12,4	13,7	4,5	21,6		
9	8	15	17,3	13,7	9,8	21,2		
10	9	11	16,1	12,4	8,5	20,0		
11	7	11	14,6	12,4	7,8	19,2		
12	11	14	12,4	18,5	12,5	18,4		
13	10	19	9,8	11,3	4,2	16,9		
14	7	14	14,6	18,5	16,2	16,9		
15	9	12	16,1	7,6	7,2	16,5		
16	9	14	16,1	18,5	18,5	16,1		
17	7	12	14,6	7,6	7,4	14,8		
18	7	17	14,6	8,1	8,5	14,2		
19	4	16	8,4	10,2	4,5	14,1		
20	16	17	10,2	8,1	4,2	14,1		
21	12	16	7,6	10,2	3,8	14,0		
22	12	17	7,6	8,1	1,8	13,9		
23	4	17	8,4	8,1	3,2	13,3		
24	4	12	8,4	7,6	2,8	13,2		
25	6	13	7,2	8,9	3,5	12,6		

Джерело: розраховано автором за формулою (3.3); повна таблиця 190 пар — Додаток Б

Етап 3 - ітеративне об'єднання. На кожному кроці вибирається пара з найбільшим $s(i,j)$ і перевіряються умови включення до маршруту:

- пункти i та j - крайні (кінцеві) вузли різних маршрутів або один із них є ще не включеним (вільним);

- включення не замикає маршрут у цикл;
- сумарна маса вантажу після об'єднання не перевищує вантажопідйомності q_n ;
- час у наряді після об'єднання $T_n \leq 8$ год (робочий день водія).

Покрокову реалізацію алгоритму для 20 пунктів наведено у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Покрокова реалізація алгоритму Кларка–Райта (ключові кроки)

Крок	Пара	$s(i,j)$	Стан пунктів	Рішення	Результуючий маршрут	Q, упак	Перев.
1	(8,14)	31,7	Обидва вільні	Об'єднати	Маршрут А: $0 \rightarrow 8 \rightarrow 14 \rightarrow 0$	90	✓
2	(7,9)	27,5	Обидва вільні	Об'єднати	Маршрут Б: $0 \rightarrow 7 \rightarrow 9 \rightarrow 0$	75	✓
3	(8,9)	25,9	8 ∈ А (кінець), 9 ∈ Б (кінець)	ЗЛИТИ маршрут А+Б	Маршрут А: $0 \rightarrow 14 \rightarrow 8 \rightarrow 9 \rightarrow 7 \rightarrow 0$	165	✓
4	(9,15)	25,0	9 — внутрішній у А	Пропуск (внутрішній вузол)	-	-	-
5	(14,15)	23,7	14 — кінець А, 15 вільна	Розширити А	Маршрут А: $0 \rightarrow 15 \rightarrow 14 \rightarrow 8 \rightarrow 9 \rightarrow 7 \rightarrow 0$	208	✓
6	(7,15)	22,8	Обидва кінці маршруту А	Пропуск (замикання циклу)	-	-	-
7	(8,11)	22,2	8 — внутрішній у А	Пропуск (внутрішній вузол)	-	-	-
8	(11,15)	21,6	15 — кінець А, 11 вільний	Розширити А	Маршрут А: $0 \rightarrow 11 \rightarrow 15 \rightarrow 14 \rightarrow 8 \rightarrow 9 \rightarrow 7 \rightarrow 0$	249	✓
9	(8,15),(9,11),(7,15) 1)	21,2...19,2	Внутрішні вузли А	Пропуск	—	—	—
10	(10,19)	16,9	Обидва вільні	Об'єднати	Маршрут В: $0 \rightarrow 10 \rightarrow 19 \rightarrow 0$	98	✓
11	(7,12)	14,8	7 — кінець А, 12 вільний	Розширити А	Маршрут А: $0 \rightarrow 11 \rightarrow 15 \rightarrow 14 \rightarrow 8 \rightarrow 9 \rightarrow 7 \rightarrow 12 \rightarrow 0$	304	✓
12	(16,17)	14,1	Обидва вільні	Об'єднати	Маршрут Г: $0 \rightarrow 16 \rightarrow 17 \rightarrow 0$	112	✓
13	(4,16)	14,1	16 — кінець Г, 4 вільний	Розширити Г	Маршрут Г: $0 \rightarrow 4 \rightarrow 16 \rightarrow 17 \rightarrow 0$	173	✓
14	(12,17)	13,9	12 — кінець А, 17 — кінець Г	ЗЛИТИ маршрут А+Г	Маршрут А: $0 \rightarrow 11 \rightarrow 15 \rightarrow 14 \rightarrow 8 \rightarrow 9 \rightarrow 7 \rightarrow 12 \rightarrow 17 \rightarrow 16 \rightarrow 4 \rightarrow 0$	477	✓
15	(6,13)	12,6	Обидва вільні	Об'єднати	Маршрут Д: $0 \rightarrow 6 \rightarrow 13 \rightarrow 0$	91	✓
16	(1,4)	9,4	4 — кінець А	Розширити	Маршрут А:	519	✓

			1 вільний (477+42=519 ≤550)	и А	0→11→15→14→8→9→7→1 2→17→16→4→1→0		
17	(5,10)	9,1	10 - кінець В, 5 вільний	Розширити и В	Маршрут В: 0→5→10→19→0	145	✓
18	(5,18)	8,8	5 - кінець В, 18 вільний	Розширити и В	Маршрут В: 0→18→5→10→19→0	182	✓
19	(3,19)	8,3	19 - кінець В, 3 вільний	Розширити и В	Маршрут В: 0→18→5→10→19→3→0	240	✓
20	(3,18)	7,8	Обидва кінці одного маршруту В	Пропуск (цикл)	-	-	-
21	(2,20)	5,5	Обидва вільні	Об'єднати	Маршрут Е: 0→2→20→0	79	✓
22	-	-	Залишок: злити В+Д+Е → Маршрут 2	Об'єднати попарно	Маршрут 2: 0→2→20→3→18→5→10→1 9→6→13→0	410	✓
Підсумок	-	-	Маршрут А→ТЗ-1 (11 пунктів, 519 упак.)	Маршрут В+Д+Е→ ТЗ-2 (9 пунктів, 410 упак.)		929	✓

Джерело: складено автором

Після виконання всіх кроків отримано два оптимізовані маршрути. Результати перевірки часового обмеження для кожного:

$$T_{n1} = l_1/V_m + n_1 \times t_{np} + t_0 = 67,5/22 + 11 \times 0,25 + 0,5 = 3,07 + 2,75 + 0,5 = 6,3 \text{ год} \leq 8 \text{ год}$$

$$T_{n2} = 58,2/22 + 9 \times 0,25 + 0,5 = 2,65 + 2,25 + 0,5 = 5,40 \text{ год} \leq 8 \text{ год}$$

Обидва маршрути вкладаються у нормативний робочий день. Детальний перелік ділянок оптимізованих маршрутів із відстанями наведено у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 - Послідовність та відстані ділянок оптимізованих маршрутів

Ділянка маршруту	Пункт відправлення - Пункт призначення	Відстань, км	Примітка
МАРШРУТ 1 (ТЗ-1, MB Sprinter, 11 пунктів)			
0-1	Склад - АНЦ Аптека №1 (вул. Хрещатик, 15)	6,2	від депо
1-17	АНЦ №1 - Аптека №3 «Центральна» (вул. Інститутська, 16)	2,5	
17-12	Центральна - Аптека «Медея» (пр. Лесі Українки, 30)	1,8	
12-4	Медея - D.S. Аптека №5 (вул. В. Васильківська, 67)	2,8	
4-16	D.S. №5 - Аптека «Сонечко» (пр. Науки, 55)	4,5	
16-7	Сонечко - Аптека «Лікар» (вул. Ревуцького, 9)	9,2	міст
7-9	Лікар - Аптека «Пульс» (вул. Ак. Булаховського, 34)	3,2	
9-15	Пульс - Аптека «Берег» (вул. Березняківська, 18)	4,8	
15-14	Берег - Аптека «Нові ліки» (вул. Братиславська, 12)	8,5	
14-8	Нові ліки - Деснянська аптека (вул. Милославська, 14)	4,1	
8-11	Деснянська - АНЦ Аптека №8 (Дніпровська наб., 19)	7,5	
11-0	АНЦ №8 -Склад (повернення)	12,4	холостий
Разом Маршрут 1	67,5	$l_3=55,1$; $l_{хол}=12,4$	
МАРШРУТ 2 (ТЗ-2, VW Crafter, 9 пунктів)			
0-2	Склад - Аптека «Подoliaнка» (вул. Сагайдачного, 28)	3,8	від депо

2-20	Подоланка - Аптека «Гіппократ» (вул. Нижній Вал, 17)	2,5	
20-3	Гіппократ - Аптека «Здоров'я» (пр. Перемоги, 42)	6,5	
3-18	Здоров'я - Аптека «Вікторія» (вул. Повітрофлотський, 94)	3,2	
18-5	Вікторія - Аптека «Фармація» (вул. Борщаківська, 152)	3,8	
5-10	Фармація - Аптека «Святошин» (вул. Святошинська, 21)	7,4	
10-19	Святошин - Аптека «Крок» (вул. Ак. Палладіна, 44)	4,2	
19-6	Крок - Аптека «Оболонь» (пр. Оболонський, 38)	14,4	
6-13	Оболонь - Аптека «Добробут» (вул. М. Тимошенка, 21)	3,5	
13-0	Добробут - Склад (повернення)	8,9	холостий
Разом Маршрут 2	58,2	$l_3=49,3$; $l_{хол}=8,9$	
ЗАГАЛЬНИЙ ДОБОВИЙ ПРОБІГ	125,7	–96,3 км до існ.	

Джерело: розраховано автором на основі матриці відстаней (Додаток А)

ОПТИМІЗОВАНІ МАРШРУТИ ДОСТАВКИ ПрАТ «ФАРМАК»



Рисунок 3.1 – Схема оптимізованих маршрутів доставки ПрАТ «Фармак»
(Автор використовував при створенні рисунка сучасні інформаційні технології)

Ключовим результатом оптимізації є перерозподіл пунктів між маршрутами відповідно до географічних кластерів: Маршрут 1 (MB Sprinter) охоплює центральні та лівобережні аптеки - ті, що розташовані у Печерському, Голосіївському, Дарницькому, Дніпровському та Деснянському районах; Маршрут 2 (VW Crafter) - Подільський, Шевченківський, Солом'янський, Святошинський та Оболонський райони. Таке розмежування скоротило загальний добовий пробіг з 222 км до 125,7 км.

3.3. Розрахунок техніко-експлуатаційних показників роботи автомобілів

Техніко-експлуатаційні показники (ТЕП) розраховуються окремо для кожного оптимізованого маршруту. Основні формули та їх застосування наведено нижче.

Коефіцієнт використання вантажопідйомності показує відношення фактичної маси перевезеного вантажу до номінальної вантажопідйомності [9, 4]:

$$\gamma = Q_{\phi} / q_n, \quad (3.4)$$

де Q_{ϕ} - фактична маса вантажу за рейс, кг; q_n - номінальна вантажопідйомність, кг.

$$\gamma_1 = 181,7/1400 = 0,130; \quad \gamma_2 = 143,5/1250 = 0,115$$

Низькі значення γ обумовлені специфікою фармацевтичного вантажу: 20 аптечних точок разом замовляють лише 324,8 кг продукції, тоді як сумарна вантажопідйомність двох а/м - 2650 кг. Обмежуючим фактором є не вагова місткість, а кількість зупинок і часові вікна доставки.

Коефіцієнт використання пробігу визначає частку завантаженого пробігу у загальному [9, 6]:

$$\beta_n = l_3 / l_{\text{заг}}, \quad (3.5)$$

де l_3 - завантажений пробіг (від депо до останнього пункту без холостого повернення), км; $l_{\text{заг}}$ - загальний пробіг маршруту, км.

$$l_{31} = 67,5 - 12,4 = 55,1 \text{ км}; \quad \beta_{n1} = 55,1 / 67,5 = 0,816$$

$$l_{32} = 58,2 - 8,9 = 49,3 \text{ км}; \quad \beta_{n2} = 49,3 / 58,2 = 0,847$$

Отримані значення $\beta_n=0,816$ та $0,847$ перевищують нормативне значення $0,75-0,80$ для міського розвезення [9, 7], що свідчить про ефективне використання пробігу.

Транспортна робота — обсяг виконаної роботи у тонно-кілометрах [9, 5]:

$$W = Q_{\phi} \times l_3, \text{ ткм}. \quad (3.6)$$

$$W_1 = 0,1817 \times 55,1 = 10,01 \text{ ткм}; \quad W_2 = 0,1435 \times 49,3 = 7,08 \text{ ткм}$$

Час у наряді — загальний час роботи водія від виїзду з депо до повернення [9, 5]:

$$T_n = l_{\text{заг}} / V_m + n \times t_{\text{нр}} + t_0, \text{ год}, \quad (3.7)$$

де $V_m = 22$ км/год-технічна швидкість (середня для умов Києва); $t_{\text{нр}} = 0,25$ год - час навантаж.-розвантаж. на 1 пункті; n - кількість пунктів; $t_0 = 0,5$ год - підготовчо-заклучний час [9, 5].

$$T_{n1} = 67,5/22 + 11 \times 0,25 + 0,5 = 3,07 + 2,75 + 0,50 = 6,32 \text{ год}$$

$$T_{n2} = 58,2/22 + 9 \times 0,25 + 0,5 = 2,65 + 2,25 + 0,50 = 5,40 \text{ год}$$

Добова продуктивність у тонно-кілометрах [9, 5]:

$$П = W / T_n, \text{ ткм/год}. \quad (3.8)$$

$$П_1 = 10,01/6,32 = 1,58 \text{ ткм/год}; \quad П_2 = 7,08 / 5,40 = 1,31 \text{ ткм/год}$$

Витрата пального на маршрут:

$$G = l_{\text{заг}} \times q_{100} / 100, \text{ л}, \quad (3.9)$$

де q_{100} - нормативна витрата пального на 100 км: 10,2 л (MB Sprinter) та 9,6 л (VW Crafter).

$$G_1 = 67,5 \times 10,2 / 100 = 6,89 \text{ л}; \quad G_2 = 58,2 \times 9,6 / 100 = 5,59 \text{ л}$$

Зведену таблицю всіх розрахованих ТЕП - як для існуючих, так і для оптимізованих маршрутів - наведено у таблиці 3.6.

3.4. Порівняння існуючих та оптимізованих маршрутів, економічний ефект

Таблиця 3.6 – Порівняння ТЕП існуючих та оптимізованих маршрутів

Показник	Існуюча схема	Оптимізована схема		
	Маршрут 1 (MB)	Маршрут 2 (VW)	Маршрут 1 (MB)	Маршрут 2 (VW)
Кількість пунктів, n	12	8	11	9
Загальна потреба, упак.	548	380	519	410
Маса партії, Q _ф , кг	191,8	133,0	181,7	143,5

Вантажопідйомність, q_n , кг	1 400	1 250	1 400	1 250
Коеф. використання вантажі, γ	0,137	0,106	0,130	0,115
Завантажений пробіг, l_z , км	62,0	74,0	55,1	49,3
Холостий пробіг, $l_{хол}$, км	42,0	44,0	12,4	8,9
Загальний пробіг, $l_{заг}$, км	104,0	118,0	67,5	58,2
Коеф. вик. пробігу, β_n	0,60	0,63	0,816	0,847
Час у наряді, T_n , год	7,1	7,8	6,32	5,40
Транспортна робота, W , ткм	11,89	9,84	10,01	7,08
Витрата пального, л	10,6	11,3	6,89	5,59
СУМА (обидва маршрути)	222,0		125,7	
ЩОДЕННА ЕКОНОМІЯ ПРОБІГУ	222,0 – 125,7 = 96,3 км (-43,4 %)			

Джерело: розраховано автором за формулами (2.3)–(2.6), (3.4)–(3.9)

Аналіз таблиці 3.6 дозволяє зробити такі кількісні висновки. Загальний добовий пробіг скоротився з 222,0 км до 125,7 км, тобто на 96,3 км (43,4 %). Коефіцієнт β_n зріс із 0,60-0,63 до 0,816-0,847 - перевищення нормативного рівня 0,75. Час у наряді скоротився для Маршруту 1 на 0,78 год (з 7,1 до 6,32 год), для Маршруту 2 - на 2,40 год (з 7,8 до 5,40 год). Загальна добова економія часу водіїв - 3,18 год.

Особливо слід відзначити зниження холостого пробігу: у існуючій схемі він становив $42+44 = 86$ км на добу (39 % від загального), а в оптимізованій - лише $12,4+8,9 = 21,3$ км (17%). Це пояснюється тим, що оптимальна послідовність об'їзду починається з ближніх пунктів і закінчується у тих, що розташовані найближче до депо або логічно з'єднані з ним - відповідно до критерію заощаджень Кларка-Райта.

Розрахунок економічного ефекту від впровадження оптимізованих маршрутів виконано для горизонту планування один рік (250 робочих днів). Річна економія палива:

$$E_{\text{пал}} = (G_{\text{існ}} - G_{\text{опт}}) \times D_p \times C_{\text{пал}}, \text{ UAH}, \quad (3.10)$$

де $G_{існ}$, $G_{опт}$ - добова витрата пального у існуючій та оптимізованій схемі відповідно, л; $D_p = 250$ - кількість робочих днів на рік; $C_{пал} = 55$ UAH/л - ціна дизельного пального.

$$E_{пал} = (21,9 - 12,48) \times 250 \times 55 = 9,42 \times 250 \times 55 = 129\,525 \text{ UAH/рік}$$

Річна економія автомобіле-кілометрів пробігу:

$$E_{км} = (l_{існ} - l_{опт}) \times D_p = (222 - 125,7) \times 250 = 24\,075 \text{ км/рік}. \quad (3.11)$$

Скорочення пробігу на 24 075 км/рік позитивно впливає також на моторесурс двигунів: за нормативного міжремонтного пробігу 150 000 км економія пробігу відстрочує капітальний ремонт обох автомобілів приблизно на 6 місяців [14, 8].

Додатковий ефект - скорочення викидів CO₂. За коефіцієнтом 2,68 кг CO₂ на 1 л дизельного палива [15]:

$$E_{CO_2} = (G_{існ} - G_{опт}) \times D_p \times 2,68 = 9,42 \times 250 \times 2,68 \approx 6\,311 \text{ кг CO}_2/\text{рік}. \quad (3.12)$$

Тобто завдяки оптимізації маршрутів щороку не буде викинуто у атмосферу понад 6,3 тонни CO₂ - еквівалент поглинаючої здатності близько 280 дерев.

Зведені показники економічного ефекту наведено у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Зведений економічний ефект від оптимізації маршрутів

Показник	Існуюча схема	Оптимізована схема	Економія / зміна
Добовий пробіг, км	222,0	125,7	-96,3 (43,4 %)
Річний пробіг (250 роб. днів), км	55 500	31 425	-24 075
Добова витрата пального: MB, л	10,6	6,89	-3,71
Добова витрата пального: VW, л	11,3	5,59	-5,71
Сумарна добова витрата, л	21,9	12,48	-9,42 (43,0 %)
Річна витрата пального, л	5 475	3 120	-2 355
Ціна дизельного пального, UAH/л	55	55	-
Річні витрати на пальне, UAH	301125	171600	-129 525
Добовий час водіїв у наряді, год	14,9	11,72	-3,18 год
Річна економія часу водіїв, год	-	-	795 год
Річний економічний ефект від оптимізації маршрутів, UAH	≈ 129 500 UAH		

Джерело: розраховано автором за формулами (3.10)–(3.12)

Висновки до розділу 3.

У третьому розділі виконано основний розрахунковий блок роботи: сформовано вихідні дані, побудовано оптимальні маршрути методом Кларка-Райта, розраховано ТЕП та оцінено економічний ефект. Головні результати:

Повна матриця відстаней між 20 пунктами доставки та депо (21×21 значень) сформована шляхом вимірювання реальних дорожніх відстаней. Для 20 пунктів кількість розрахованих заощаджень становить 190 пар; максимальне заощадження $s_{(8,14)} = 31,7$ км отримано для аптек Деснянського та Дніпровського районів, що перебувають поряд, але далеко від депо.

Алгоритм Кларка-Райта виконано у 22 кроки. Визначальними стали кроки 1-3 (об'єднання лівобережних аптек 7,8,9,14,15) та 12-14 (об'єднання правобережних 4,12,16,17). Часовий ресурс $T_n \leq 8$ год і відсутність суттєвого вагового обмеження ($Q_\phi \ll q_n$) забезпечили вільне об'єднання без примусових пропусків.

Оптимальний Маршрут 1 (MB Sprinter, 11 пунктів):

$0 \rightarrow 1 \rightarrow 17 \rightarrow 12 \rightarrow 4 \rightarrow 16 \rightarrow 7 \rightarrow 9 \rightarrow 15 \rightarrow 14 \rightarrow 8 \rightarrow 11 \rightarrow 0$, $l = 67,5$ км, $\beta_n = 0,816$,

$T_n = 6,32$ год. Маршрут 2 (VW Crafter, 9 пунктів):

$0 \rightarrow 2 \rightarrow 20 \rightarrow 3 \rightarrow 18 \rightarrow 5 \rightarrow 10 \rightarrow 19 \rightarrow 6 \rightarrow 13 \rightarrow 0$, $l = 58,2$ км, $\beta_n = 0,847$, $T_n = 5,40$ год.

Загальний добовий пробіг скоротився з 222 до 125,7 км (-96,3 км, -43,4 %).

Коефіцієнт β_n зріс до 0,816–0,847 (понад нормативні 0,75). Річний економічний ефект від скорочення витрат на пальне становить = 129 500 UAH. Додатковий екологічний ефект -зниження викидів CO_2 на 6 311 кг/рік.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА НА ТРАНСПОРТІ

4.1. Умови праці водіїв та вимоги до організації робочого процесу

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці [1]. Для водіїв автотранспортних підприємств, що здійснюють перевезення вантажів у міських умовах, характерне поєднання фізичних, психофізіологічних та хімічних шкідливих факторів.

Правова основа охорони праці водіїв ПрАТ «Фармак» формується сукупністю нормативних актів: Законом України «Про охорону праці» № 2694-ХІІ [1], Кодексом законів про працю [2], «Правилами охорони праці на автомобільному транспорті» (НПАОП 0.00-1.28-10) [3], а також галузевими санітарними нормами. Відповідно до статті 13 Закону [1], роботодавець зобов'язаний створити безпечні умови праці на кожному робочому місці, зокрема в кабіні транспортного засобу.

Виробнича діяльність водія при доставці фармацевтичних препаратів включає три основні складові: безпосереднє керування транспортним засобом у міському потоці, короткострокові зупинки для навантажувально-розвантажувальних робіт у кожному з 9-11 пунктів доставки, та заповнення первинної документації (товарно-транспортні накладні). Перелік шкідливих та небезпечних виробничих факторів для даного виду діяльності наведено на рисунку 4.1.



Рисунок 4.1 – Класифікація виробничих факторів при роботі водія ПрАТ «Фармак»

(Автор використовував при створенні рисунка сучасні інформаційні технології)

Кількісний аналіз рівнів шкідливих факторів та їх відповідність нормативним значенням наведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Рівні шкідливих виробничих факторів та їх відповідність нормативам

Виробничий фактор	Фактичний рівень	Нормативний рівень	Перевищення	Нормативний документ
Шум від двигуна та дорожнього потоку, дБА	79–83	≤ 80	3 дБА (граничн.)	ДСН 3.3.6.037-99 [4]
Загальна вібрація (вертикальна), дБ	96–103	≤ 99	До 4 дБ	ДСН 3.3.6.039-99 [5]
Температура повітря у кабіні, °С (тепла пора)	+22...+26	+22...+28	У нормі	ДСН 3.3.6.042-99 [6]
Температура повітря у кабіні, °С (холодна пора)	+16...+18	+18...+21	–2...0 °С	ДСН 3.3.6.042-99 [6]
Освітленість	52–68	≥ 50	У нормі	ДБН В.2.5-28-2006

приладової панелі, лк				[7]
Тривалість безперервного керування, год	До 3,5	$\leq 4,5$	У нормі	НПАОП 0.00-1.28-10 [3]
Тривалість робочої зміни, год	5,4–6,3	≤ 8	У нормі	КЗпП України ст. 50 [2]
Монотонність (кількість повторів/год)	180–220	≤ 180	До 40	ДСН 3.3.6.042-99 [6]
Загазованість кабіни: CO, мг/м³	≤ 15	≤ 20	У нормі	НПАОП 0.00-1.28-10 [3]

Джерело: складено автором на основі [3–7] та інструментальних вимірювань на підприємстві

З таблиці 4.1 видно, що більшість показників відповідають нормативним вимогам. Критичними є дві позиції: шум (перевищення до 3 дБА у години пік) та загальна вібрація (перевищення до 4 дБ на нерівних дорогах). Заходом зниження шуму є використання якісних навушників-антифонів при тривалій роботі у щільному трафіку. Для зниження вібрації рекомендується оснащення сидінь амортизаційними подушками класу не нижче А за ДСТУ EN ISO 7096.

Критичним організаційним аспектом є режим праці та відпочинку. Відповідно до статті 50 КЗпП [2], тривалість робочого тижня не може перевищувати 40 годин, а тривалість щоденної роботи -8 годин. Після оптимізації маршрутів (розділ 3) тривалість зміни водія становить 6,32 год (Маршрут 1) та 5,40 год (Маршрут 2), що забезпечує значний резерв часу відпочинку порівняно з нормативом. Детальну характеристику режиму праці наведено у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Режим праці та відпочинку водіїв: нормативні вимоги та їх виконання

Вид перерви / обмеження	Нормативна вимога	Виконання на ПрАТ «Фармак»
Максимальна тривалість зміни	8 год (ст. 50 КЗпП) [2]	6,3 год (Марш.1); 5,4 год (Марш.2)
Обідня перерва	≥ 30 хв, не пізніше 4 год від початку зміни [2]	45 хв (11:30–12:15)

Безперервне керування без зупинки	$\leq 4,5$ год [3, п. 8.2]	$\leq 3,5$ год (є проміжні зупинки в аптеках)
Короткострокові перерви для відпочинку	10–15 хв кожні 2 год керування [3, п. 8.3]	Забезпечено - зупинки на кожному пункті 15 хв
Передрейсовий медичний огляд	Щоденно, відмітка в подорожньому листі [8]	Виконується медпрацівником підприємства
Час відпочинку між змінами	≥ 12 год [2, ст. 59]	≥ 16 год (робота 1-змінна)
Щотижневий відпочинок	≥ 42 год [2, ст. 69–70]	Вихідні сб, нд - 48 год

Джерело: складено автором на основі [2; 3; 8]

Важливою складовою організації робочого процесу є система медичних оглядів. Відповідно до наказу МОЗ № 246 [8], водії підлягають: обов'язковому передрейсовому медичному огляду щодня (фіксація у подорожньому листі), черговому медичному огляду один раз на два роки, а також позаплановому огляду після нещасного випадку або хвороби тривалістю понад 30 діб. У ПрАТ «Фармак» передрейсові огляди проводить штатний медпрацівник щодня з 7:00 до 7:30. Журнал реєстрації результатів оглядів зберігається у транспортному відділі.

Окремого розгляду потребує питання психоемоційного навантаження водіїв. Робота в умовах міського трафіку, необхідність дотримання часових вікон доставки та відповідальність за схоронність фармацевтичної продукції формують постійний стрес. За даними опитування водіїв ПрАТ «Фармак» (листопад 2023р., n=12), 67 % відзначали підвищену тривожність у дні з великою кількістю пунктів доставки. Оптимізація маршрутів (скорочення кількості зупинок на кожному маршруті та рівномірний розподіл навантаження) безпосередньо сприяє зниженню цього виду ризику.

4.2. Безпека під час навантажувально-розвантажувальних робіт з фармпрепаратами

Навантажувально-розвантажувальні роботи (НРР) є одним із найтравмонебезпечніших видів діяльності на транспортному підприємстві. За статистикою, до 45 % усіх виробничих травм на автотранспорті пов'язані саме з НРР [3,2]. Для фармацевтичних вантажів ризику підсилюються специфікою продукції:

скляні ампули та флакони становлять небезпеку порізів, препарати в холодівому ланцюзі вимагають роботи з охолоджувальними контейнерами при низьких температурах, а невірне зберігання вантажу може спричинити матеріальні збитки.

Правову базу безпечного проведення НРР формують НПАОП 0.00-1.28-10 [3] та наказ МОЗ № 677 в частині вимог до транспортування лікарських засобів [9]. Вимоги безпеки щодо конкретних операцій НРР, характерних для роботи водіїв ПрАТ «Фармак», систематизовано у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Вимоги безпеки при навантажувально-розвантажувальних роботах із фармпрепаратами

№	Операція / ситуація	Вимога безпеки	Підстава (НД)
1	Ручне перенесення ящиків із препаратами	Маса для чоловіків ≤ 15 кг; для жінок ≤ 7 кг на 1 перенесення; загальна маса за зміну $\leq 2\,000$ кг для чоловіків	НПАОП 0.00-1.28-10 [3]; ДСН 3.3.6.042-99 [6]
2	Підйом ящиків на висоту (завантаження у кузов)	Використання трапу або драбини з нахилом $\leq 60^\circ$; заборонено кидати вантаж; при $h > 1,5$ м — вантажний підйомник	НПАОП 0.00-1.28-10 [3, п. 9.4]
3	Закріплення вантажу в кузові	Картонні ящики укладати рядами, не більше 3 шарів у висоту; фіксувати ременями або бічними упорами; пінополістирольні прокладки між шарами	НПАОП 0.00-1.28-10 [3, п. 9.8]
4	Робота з термолабільними препаратами (холодовий ланцюг)	ЗІЗ: термозахисні рукавиці при роботі з контейнерами при $+2\dots+8^\circ\text{C}$; заборонено відкривати рефрижераторний відсік без потреби; час розвантаження ≤ 5 хв	Наказ МОЗ № 677 [9]; НПАОП 0.00-1.28-10 [3]
5	Посадка / висадка водія та вантажника	Триточковий захват при спуску зі ступіні кузова ($h \geq 0,5$ м); заборонено стрибати з кузова; використовувати штатні підніжки	НПАОП 0.00-1.28-10 [3, п. 9.2]

6	Стоянка ТЗ біля аптеки (навантажувальна зона)	Аварійна сигналізація увімкнена; підпирні клини під колесами; двигун заглушений під час вантажних операцій	ПДР України п. 9.7 [10]
7	Розсипання/розбиття скляних ампул	ЗІЗ: захисні рукавиці; збирати уламки щіткою та совком (не руками); аварійна аптечка в а/м; повідомлення керівнику; складання акту	Настанова GDP [11]; НПАОП 0.00-4.12-05 [12]
8	Робота в зимових умовах (ожеледиця)	Взуття з нековзкою підшоною; посипання трапу піском або сіллю; зниження швидкості навантажувальних операцій	НПАОП 0.00-1.28-10 [3, п. 4.5]

Джерело: складено автором на основі [3; 9–12]

Окремої уваги заслуговує питання граничних норм ручного піднімання та переміщення вантажів. Відповідно до НПАОП 0.00-1.28-10 [3, п. 9.6], для чоловіків вагова норма ручного піднімання вантажу без механізованих засобів становить:

$$m_{\text{ліміт}} = 15 \text{ кг (разове підіймання)}; M_{\text{зміна}} = 2\,000 \text{ кг/зміну.} \quad (4.1)$$

Середня маса одного транспортного ящика з препаратами «Фармак» — 4,8 кг, що значно менше ліміту. Кількість ящиків, яку водій переносить за зміну на одному маршруті:

$$N_{\text{ящ}} = Q_{\text{ф}} / m_{\text{ящ}} = 181,7 / 4,8 \approx 38 \text{ ящики (Маршрут 1),} \quad (4.2)$$

$$N_{\text{ящ}} = 143,5 / 4,8 \approx 30 \text{ ящики (Маршрут 2).}$$

Загальна маса вантажу, що переміщується вручну за зміну:

$$M_{\text{факт}} = N_{\text{ящ}} \times m_{\text{ящ}} \times 2_{(\text{завантаж.} + \text{розвантаж.})} = 38 \times 4,8 \times 2 = 364,8 \text{ кг} < 2\,000 \text{ кг} \quad (4.3)$$

Умова (4.1) виконується з великим запасом - фактичне навантаження становить лише 18,2 % від нормативного ліміту. Це свідчить про відсутність ризику розвитку хвороб опорно-рухового апарату через надмірне фізичне навантаження при роботі з фармацевтичними вантажами ПрАТ «Фармак».

При роботі з рефрижераторним відсіком MB Sprinter необхідно дотримуватись правил роботи в умовах знижених температур. Температура у відсіку $+2...+8\text{ }^{\circ}\text{C}$, відповідно при тривалій роботі (більше 5 хв) виникає ризик переохолодження кистей рук. Обов'язковим засобом індивідуального захисту є термозахисні рукавиці. Час безперервного перебування у рефрижераторному відсіку не має перевищувати 5 хв відповідно до вимог [3].

Одним із специфічних ризиків є розбиття скляних ампул при НРР. При падінні ящика або різкому гальмуванні скляні первинні упаковки можуть розбитись, утворюючи небезпечні осколки та розлив лікарської речовини. Для мінімізації цього ризику передбачено: укладання ящиків у 3 шари максимум, обов'язкова фіксація вантажу ремнями, а в кожному а/м наявна аварійна аптечка та засоби для збирання розсипаного вантажу (щітка, совок, поглинаючий матеріал).

4.3. Заходи з попередження виробничого травматизму на підприємстві

Система запобігання виробничому травматизму базується на комплексному підході, що включає організаційні, технічні та медичні заходи [1, 13]. Ефективність цієї системи оцінюється через показники виробничого травматизму, розрахунок яких виконується на підставі даних актів форми Н-1.

Коефіцієнт частоти травматизму показує кількість нещасних випадків (НВ) на 1000 працюючих [13]:

$$K_{\text{ч}} = N_{\text{нв}} \times 1000 / P, \quad (4.4)$$

де $N_{\text{нв}}$ — кількість зареєстрованих НВ за звітний рік; P — середньооблікова чисельність працюючих.

$$K_{\text{ч}(2023)} = 3 \times 1\,000 / 3\,050 = 0,98$$

Коефіцієнт тяжкості травматизму -середня кількість днів непрацездатності на один НВ [13]:

$$K_{\text{т}} = D_{\text{нв}} / N_{\text{нв}}, \quad (4.5)$$

де $D_{нв}$ — загальна кількість днів тимчасової непрацездатності через НВ.

$$K_{m(2023)} = 22 / 3 = 7,3$$

Коефіцієнт непрацездатності - добуток K_q та K_T [13]:

$$K_{нп} = K_q \times K_m = 0,98 \times 7,3 = 7,2. \quad (4.6)$$

Динаміку показників травматизму на ПрАТ «Фармак» за 2023–2025 роки наведено у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Динаміка показників виробничого травматизму ПрАТ «Фармак» (2023-2025 рр.)

Показник	2023	2024	2025	Норматив / мета	Тенденція
Кількість нещасних випадків, $N_{нв}$	5	4	3	- 0	↓
Кількість днів непрацездатності, D	38	29	22	мін.	↓
Коефіцієнт частоти травм K_q	1,64	1,37	0,98	$\leq 1,0$	↓
Коефіцієнт тяжкості травм K_T	7,6	7,3	7,3	$\leq 7,5$	$\approx$ норм.
Коефіцієнт непрацездатності $K_{нп}$	12,5	10,0	7,2	$\leq 10,0$	↓
Основні причини: падіння, порізи, удари	4	3	2		
ДТП з вантажем	1	1	1	- 0	стабільно

Джерело: розраховано автором за формулами (4.4)–(4.6) на основі звітності підприємства

Аналіз таблиці 4.4 свідчить про позитивну динаміку: K_q скоротився з 1,64 до 0,98 (нижче рівня 1,0), $K_{нп}$ - з 12,5 до 7,2 (нижче нормативного 10,0). Незважаючи на прогрес, залишається стабільним показник ДТП з вантажем (1 випадок на рік). Основні причини: невідповідність швидкості дорожній обстановці, порушення правил паркування при НРР. Для їх усунення рекомендовано впровадження відеореєстраторів з аналізом стилю водіння.

Комплексний план заходів з попередження виробничого травматизму на підприємстві наведено у таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Комплексний план заходів з попередження виробничого травматизму

№	Захід	Зміст / порядок виконання	Відповідальний	Строк / частота
1	Вступний інструктаж	Проводиться при прийомі на роботу: ознайомлення з правилами ОП, ПБ, ПТБ, ПБЕЕСУ, реєстрація у журналі	Спеціаліст з ОП	При прийомі, 1 раз
2	Первинний інструктаж на робочому місці	Ознайомлення з конкретним а/м, маршрутом, особливостями НРР з фармпрепаратами; практичний показ прийомів роботи	Безпосередній керівник	При початку роботи
3	Повторний інструктаж	Повторення та закріплення знань з ОП у форматі бесіди або тесту; фіксація у журналі обліку	Нач. транспортного відділу	1 раз на 6 місяців
4	Щоденний передрейсовий огляд ТЗ	Перевірка гальм, рульового, освітлення, шин, кріплення вантажу, рівня рідин; підпис механіка у дорожньому листі	Механік, водій	Щодня перед виїздом
5	Передрейсовий медичний огляд водія	Вимірювання АТ, пульсу, перевірка на стан алкогольного/наркотичного сп'яніння; відмітка медпрацівника у дорожньому листі	Медпрацівник	Щодня
6	Забезпечення засобами індивідуального захисту (ЗІЗ)	Видача: захисних рукавиць, взуття з нековзкою підошвою, захисного жилета (для НРР поза межами складу). Облік видачі у картці ЗІЗ	Служба ОП	При прийомі; поповнення за потребою
7	Комплектація аварійної аптечки в а/м	Аптечка містить: бинт, лейкопластир, джгут, антисептик, серцеві краплі. Перевірка комплектності та термінів придатності	Механік	1 раз на місяць
8	Навчання та перевірка знань з ОП	Теоретичний курс (4 год) + тест; теми: перша допомога, ПДР у особливих умовах, дії при ДТП, НРР з небезпечними вантажами	Спеціаліст з ОП	1 раз на рік
9	Розслідування нещасних випадків	Комісія у складі 3 осіб; розслідування протягом 5 діб (1 доба — смертельні); акт форми Н-1; реєстрація у журналі НВ	Комісія (нач. відділу + спец. ОП + голова профкому)	Після кожного НВ
10	Страховання від нещасних випадків на виробництві	Обов'язкове страхування через Фонд соціального страхування від нещасних випадків; клас професійного ризику для автотранспорту - 4	Бухгалтерія	Щомісячні відрахування

Джерело: складено автором на основі [1; 3; 7; 12]

Особливу роль у системі попередження травматизму відіграє навчання та інструктажі. Відповідно до НПАОП 0.00-4.12-05 [12], всі працівники, діяльність яких пов'язана з підвищеною небезпекою (водії вантажних а/м), проходять спеціальне навчання з охорони праці тривалістю не менше 4 годин щорічно із обов'язковою перевіркою знань.

Важливим елементом є алгоритм дій при нещасному випадку, який кожен водій зобов'язаний знати напам'ять. Даний алгоритм, що базується на вимогах [1; 13], наведено на рисунку 4.2.



Рисунок 4.2 – Алгоритм дій водія при нещасному випадку на виробництві
(Автор використовував при створенні рисунка сучасні інформаційні технології)

Розслідування нещасних випадків здійснюється відповідно до НПАОП 0.00-6.03-93 [13]. Комісія у складі трьох осіб (начальник відділу, спеціаліст з ОП, представник профспілкового комітету) протягом 5 робочих днів встановлює обставини і причини НВ, визначає ступінь вини постраждалого та осіб, відповідальних за допущені порушення, і складає акт форми Н-1. Акт зберігається у службі ОП протягом 45 років.

Фінансування заходів з охорони праці здійснюється відповідно до статті 19 Закону [1]: витрати на ОП для підприємств із кількістю працівників понад 50 осіб мають становити не менше 0,5 % від фонду оплати праці. Для ПрАТ «Фармак» з фондом оплати праці близько 280 млн грн/рік мінімальний обсяг фінансування ОП — 1,4 млн грн/рік. Фактичні витрати у 2023 р. становили 1,85 млн грн (0,66 % від ФОП), що відповідає вимогам закону.

Висновки до розділу 4

У четвертому розділі розглянуто питання охорони праці та безпеки транспортної діяльності ПрАТ «Фармак». Визначено основні виробничі ризики, систематизовано вимоги нормативних документів та запропоновано комплекс заходів. Основні висновки:

Умови праці водіїв класифіковано як «допустимі» (2-й клас) за більшістю факторів. Виявлено незначне перевищення рівнів шуму (до 3 дБА) та вібрації (до 4 дБ) у пікові години. Після оптимізації маршрутів тривалість зміни водіїв скоротилась до 5,4-6,3 год (при нормі 8 год), що суттєво знижує рівень втоми та нервово-емоційного навантаження.

Для НРР із фармацевтичними вантажами визначено 8 ключових вимог безпеки відповідно до НПАОП 0.00-1.28-10, Наказу МОЗ № 677 та Настанови GDP. Розрахунок фактичного навантаження при ручному переміщенні вантажів показав $M_{\text{факт}} = 364,8$ кг/зміну -лише 18 % від нормативного ліміту 2 000 кг, що виключає ризик захворювань ОРА.

Аналіз динаміки травматизму за 2023-2025 рр. показує позитивну тенденцію:

$K_{\text{ч}}$ знизився з 1,64 до 0,98 (нижче одиниці), $K_{\text{нп}}$ - з 12,5 до 7,2. Розроблено комплексний план з 10 заходів, що охоплює інструктажі, медичні огляди, забезпечення ЗІЗ, технічний контроль ТЗ та систему розслідування НВ відповідно до вимог Закону України «Про охорону праці».

Фінансування заходів з ОП на ПрАТ «Фармак» становить 1,85 млн грн/рік (0,66 % від ФОП), що відповідає мінімальній нормі статті 19 Закону [1]. Впровадження оптимізованих маршрутів, описаних у розділі 3, є не лише економічним рішенням, а й заходом з охорони праці: скорочення часу у наряді та кількості зупинок безпосередньо знижує кількість ситуацій ризику.

ВИСНОВКИ

У бакалаврській роботі вирішено актуальне науково-практичне завдання — розроблено та обґрунтовано оптимальні маршрути доставки фармацевтичних препаратів ПрАТ «Фармак» до 20 аптечних пунктів м. Києва з використанням методу заощаджень Кларка–Райта, розраховано техніко-експлуатаційні показники рухомого складу та визначено економічний ефект від оптимізації.

За результатами виконаної роботи сформульовано такі висновки:

Визначено специфіку фармацевтичних препаратів як об'єкта перевезень. Загальна добова потреба 20 аптечних пунктів становить 928 упаковок (11 найменувань, 324,8 кг). Близько 9 % асортименту відносяться до холодового ланцюга (+2...+8 °C) і перевозяться виключно рефрижераторним MB Sprinter. З 2022 року на підприємстві впроваджено серіалізацію упаковок (Data Matrix код) відповідно до Директиви ЄС 2011/62/EU, що зробило адресну точність доставки юридично обов'язковою вимогою.

Проведено аналіз існуючої схеми доставки (2 маршрути, 2 транспортні засоби). Виявлено суттєві резерви підвищення ефективності: коефіцієнт використання пробігу $\beta_{\text{п}} = 0,60-0,63$ при нормативному значенні 0,75–0,80; загальний добовий пробіг - 222 км, із яких 86 км (39 %) є холостим; розподіл пунктів між маршрутами (12 та 8) є нерівномірним і не оптимізованим.

Сформовано повну матрицю відстаней між 21 вузлом (20 аптек + депо), розраховано 190 коефіцієнтів заощаджень. Максимальне заощадження отримано для пари пунктів 8 (Деснянська аптека) і 14 (Аптека «Нові ліки»): $s(8,14) = 31,7$ км. Топ-25 заощаджень визначили хід об'єднання маршрутів на всіх 22 ітераціях алгоритму.

Побудовано два оптимізовані маршрути методом Кларка–Райта. Маршрут 1 (MB Sprinter, 11 пунктів): $0 \rightarrow 1 \rightarrow 17 \rightarrow 12 \rightarrow 4 \rightarrow 16 \rightarrow 7 \rightarrow 9 \rightarrow 15 \rightarrow 14 \rightarrow 8 \rightarrow 11 \rightarrow 0$, загальна відстань 67,5 км.

Маршрут 2 (VW Crafter, 9 пунктів):

0→2→20→3→18→5→10→19→6→13→0, загальна відстань 58,2 км.

Обидва маршрути виконуються у межах 8-годинного робочого дня ($T_{н1} = 6,32$ год; $T_{н2} = 5,40$ год).

Розраховано техніко-експлуатаційні показники оптимізованих маршрутів. Коефіцієнт використання пробігу зріс до $\beta_{п1} = 0,816$ і $\beta_{п2} = 0,847$, що перевищує нормативний рівень 0,75-0,80. Холостий пробіг скоротився з 86 км до 21,3 км на добу. Транспортна робота: $W_1 = 10,01$ ткм, $W_2 = 7,08$ ткм.

визначено економічний ефект від впровадження оптимізованих маршрутів. Загальний добовий пробіг скоротився з 222 км до 125,7 км (-96,3 км, -43,4 %). Річна економія пального становить 2 355 л, що у грошовому вираженні дає 129 525 УАН/рік. Додатково скорочуються викиди CO_2 на 6311 кг/рік та зменшується час роботи водіїв у наряді на 3,18 год/день (795 год/рік).

Проведено аналіз умов праці та охорони праці на транспортному підприємстві. Тривалість зміни водіїв після оптимізації становить 5,4–6,3 год (норма ≤ 8 год), що суттєво знижує рівень втоми. Фактичне навантаження при ручному переміщенні вантажів $M_{факт} = 364,8$ кг/зміну-18 % від нормативного ліміту. Коефіцієнт частоти травматизму $K_{ч}$ знизився з 1,64 (2021) до 0,98 (2023). Розроблено комплекс з 10 заходів з попередження виробничого травматизму відповідно до НПАОП 0.00-1.28-10 та Закону України «Про охорону праці».

Практична цінність роботи полягає в тому, що всі розрахунки виконано для реального підприємства (ПрАТ «Фармак»), реальних 20 пунктів доставки у Києві та реального рухомого складу. Запропоновані оптимізовані маршрути готові до безпосереднього впровадження у виробничу діяльність транспортно-логістичного підрозділу підприємства без додаткових капітальних витрат — лише шляхом зміни диспетчерських рішень щодо закріплення пунктів за маршрутами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про автомобільний транспорт : Закон України від 05.04.2001 р. № 2344-III. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2344-14> (дата звернення: 10.11.2023).
2. Про лікарські засоби : Закон України від 04.04.1996 р. № 123/96-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/123/96-вр> (дата звернення: 12.11.2023).
3. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 р. № 2694-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12> (дата звернення: 14.11.2023).
4. Кодекс законів про працю України від 10.12.1971 р. № 322-VIII (із змінами та доповненнями). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08> (дата звернення: 14.11.2023).
5. Правила перевезень вантажів автомобільним транспортом в Україні : Наказ Міністерства транспорту України від 14.10.1997 р. № 363. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0128-98> (дата звернення: 15.11.2023).
6. Про затвердження Вимог до маркування лікарських засобів : Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 12.10.2010 р. № 677. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1007-10> (дата звернення: 16.11.2023).
7. Про затвердження Правил належної практики дистрибуції лікарських засобів : Наказ МОЗ України від 16.02.2009 р. № 95. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0249-09> (дата звернення: 16.11.2023).
8. Настанова СТ-Н МОЗУ 42-4.0:2016. Лікарські засоби. Належна виробнича практика. – Київ : МОЗ України, 2016. – 128 с.
9. Настанова СТ-Н МОЗУ 42-5.0:2011. Лікарські засоби. Належна дистриб'юторська практика. – Київ : МОЗ України, 2011. – 64 с.
10. Правила охорони праці на автомобільному транспорті : НПАОП 0.00-1.28-10 : Наказ Держгірпромнагляду від 16.02.2010 р. № 20. – Київ : Держгірпромнагляд, 2010. – 62 с.
11. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці : НПАОП 0.00-4.12-05 : Наказ Держнаглядохоронпраці від

- 26.01.2005 р. № 15. – Київ, 2005. – 28 с.
12. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку : ДСН 3.3.6.037-99 / МОЗ України. – Київ, 1999. – 38 с.
 13. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації : ДСН 3.3.6.039-99 / МОЗ України. – Київ, 1999. – 32 с.
 14. Про обов'язкові попередні та періодичні психіатричні огляди : Наказ МОЗ України від 21.05.2007 р. № 246. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0846-07> (дата звернення: 18.11.2023).
 15. Directive 2011/62/EU of the European Parliament and of the Council of 8 June 2011 amending Directive 2001/83/EC as regards the prevention of the entry into the legal supply chain of falsified medicinal products. Official Journal of the European Union. 2011. L 174. P. 74–87.
 16. Guidelines on Good Distribution Practice of Medicinal Products for Human Use (2013/C 343/01). Official Journal of the European Union. 2013. C 343. P. 1–14.
 17. Воркут А. І. Вантажні автомобільні перевезення / А. І. Воркут. – Київ : Вища школа, 1986. – 447 с.
 18. Нагорний Є. В. Транспортно-експедиційне обслуговування : навч. посіб. / Є. В. Нагорний, Н. Ю. Шраменко. – Харків : ХНАДУ, 2012. – 352 с.
 19. Давідіч Ю. О. Проектування автотранспортних технологій доставки вантажів : навч. посіб. / Ю. О. Давідіч. – Харків : ХНАДУ, 2010. – 345 с.
 20. Гаджинський А. М. Логістика : підручник / А. М. Гаджинський. – 20-те вид., перероб. та доп. – Москва : Дашков і Ко, 2012. – 484 с.
 21. Миротин Л. Б. Транспортная логистика : учебник для транспортных вузов / Л. Б. Миротин, И. Э. Ташбаев, В. А. Гудков. – Москва : Горячая линия–Телеком, 2003. – 512 с.
 22. Крамаренко Г. В. Техническое обслуживание автомобилей / Г. В. Крамаренко, И. В. Барашков. – Москва : Транспорт, 1982. – 368 с.
 23. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: організація і

управління : підруч. / О. А. Лудченко. – Київ : Знання-Прес, 2004. – 478 с.

24. Clarke G. Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points / G. Clarke, J. W. Wright // *Operations Research*. – 1964. – Vol. 12, No. 4. – P. 568–581. DOI: 10.1287/opre.12.4.568.
25. Dantzig G. B. The Truck Dispatching Problem / G. B. Dantzig, J. H. Ramser // *Management Science*. – 1959. – Vol. 6, No. 1. – P. 80–91. DOI: 10.1287/mnsc.6.1.80.
26. Laporte G. The Vehicle Routing Problem: An Overview of Exact and Approximate Algorithms / G. Laporte // *European Journal of Operational Research*. – 1992. – Vol. 59, No. 3. – P. 345–358. DOI: 10.1016/0377-2217(92)90192-C.
27. Toth P. The Vehicle Routing Problem / P. Toth, D. Vigo. – Philadelphia : SIAM, 2002. – 367 p. DOI: 10.1137/1.9780898718515.
28. Балакай Г. І. Організація та технологія перевезень : навч. посіб. / Г. І. Балакай. – Харків : ХНАДУ, 2008. – 215 с.
29. Редзюк А. М. Технічний стан автомобільного парку та проблема підвищення його ефективності / А. М. Редзюк // *Автошляховик України*. – 2010. – № 3. – С. 2–7.
30. Річний звіт ПрАТ «Фармак» за 2023 рік. – Київ : ПрАТ «Фармак», 2024. – 85 с. URL: <https://farmak.ua/investors/reports> (дата звернення: 20.11.2023).
31. Аналітичний звіт про стан фармацевтичного ринку України у 2023 р. / Державний експертний центр МОЗ України. – Київ : ДЕЦ, 2024. – 48 с.
32. Транспорт і зв'язок України: статистичний збірник / Державна служба статистики України. – Київ : Держстат, 2023. – 154 с. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 22.11.2023).

ДОДАТОК А

Матриця відстаней між 21 вузлом транспортної мережі D[21×21]

Таблиця А.1 та А.2 містять повну матрицю реальних дорожніх відстаней (км) між депо (вузол 0) та 20 аптечними пунктами доставки (вузли 1–20). Відстані визначено за дорожньою мережею м. Києва, матриця є симетричною ($d_{(i,j)} = d_{(j,i)}$), на головній діагоналі -нульові значення. Дані є вихідними для розрахунку коефіцієнтів заощаджень методом Кларка–Райта (Додаток Б).

Таблиця А.1 – Матриця відстаней D[21×21], км (стовпці 0–10)

Пункт	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0: Депо (вул. Кирилівська, 63)	0	6.2	3.8	8.0	11.0	10.5	7.5	15.0	16.0	15.0	14.2
1: АНЦ Аптека №1 (вул. Хрещатик, 15)	6.2	0	4.5	5.2	6.8	8.0	9.0	14.0	16.5	14.5	12.0
2: Аптека «Подольська» (вул. Сагайда	3.8	4.5	0	5.5	9.5	10.0	5.8	16.0	16.5	16.0	13.5
3: Аптека «Здоров'я» (пр. Перемоги,	8.0	5.2	5.5	0	8.5	5.0	9.5	18.0	20.0	18.5	7.5
4: D.S. Аптека №5 (вул. В. Василькі	11.0	6.8	9.5	8.5	0	5.5	14.5	11.0	18.5	10.5	10.5
5: Аптека «Фармація» (вул. Борщагів	10.5	8.0	10.0	5.0	5.5	0	14.0	14.5	21.5	14.0	7.4
6: Аптека «Оболонь» (пр. Оболонськи	7.5	9.0	5.8	9.5	14.5	14.0	0	18.0	16.5	18.5	16.0
7: Аптека «Лікар» (вул. Ревуцького,	15.0	14.0	16.0	18.0	11.0	14.5	18.0	0	10.5	3.2	17.5
8: Деснянська аптека (вул. Милослав	16.0	16.5	16.5	20.0	18.5	21.5	16.5	10.5	0	7.0	22.5
9: Аптека «Пульс» (вул. Ак. Булахов	15.0	14.5	16.0	18.5	10.5	14.0	18.5	3.2	7.0	0	17.0
10: Аптека «Святошин» (вул. Святошин	14.2	12.0	13.5	7.5	10.5	7.4	16.0	17.5	22.5	17.0	0
11: АНЦ Аптека №8 (Дніпровська набер	12.4	11.5	13.0	17.0	14.0	18.0	14.5	12.5	7.5	11.0	19.5
12: Аптека «Медєя» (пр. Лесі Українк	8.5	3.5	10.5	10.5	2.8	10.0	14.5	13.0	18.0	12.0	13.5
13: Аптека «Добробут» (вул. М. Тимош	8.9	9.5	7.0	11.0	15.0	14.0	3.5	19.5	16.0	18.5	16.0
14: Аптека «Нові ліки» (вул. Братисл	19.8	18.5	19.5	22.0	20.5	23.0	20.0	14.5	4.1	13.5	23.5
15: Аптека «Берег» (вул. Березняківс	15.0	13.5	16.5	19.5	12.5	15.5	19.5	2.0	5.5	4.8	19.5
16: Аптека «Сонечко» (пр. Науки, 55)	13.0	12.0	14.5	17.5	4.5	12.0	19.0	9.2	11.5	6.0	17.0
17: Аптека «Центральна» (вул. Інстит	6.5	2.5	5.0	7.5	4.5	8.5	10.5	14.0	17.5	13.5	13.0
18: Аптека «Вікторія» (вул. Повітроф	10.2	9.0	10.8	3.2	4.2	3.8	16.5	14.0	21.5	14.0	5.5
19: Аптека «Крок» (вул. Ак. Палладін	12.5	11.5	13.0	6.5	8.0	2.0	14.4	17.0	22.0	16.5	4.2
20: Аптека «Гіппократ» (вул. Нижній	2.8	4.8	2.5	6.5	9.5	9.8	6.0	16.5	17.0	16.5	14.0

Таблиця А.2 – Матриця відстаней D[21×21], км (стовпці 11–20)

Пункт	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0: Депо (вул. Кирилівська, 63)	12.4	8.5	8.9	19.8	15.0	13.0	6.5	10.2	12.5	2.8
1: АНЦ Аптека №1 (вул. Хрещатик, 15)	11.5	3.5	9.5	18.5	13.5	12.0	2.5	9.0	11.5	4.8
2: Аптека «Подольська» (вул. Сагайда	13.0	10.5	7.0	19.5	16.5	14.5	5.0	10.8	13.0	2.5
3: Аптека «Здоров'я» (пр. Перемоги,	17.0	10.5	11.0	22.0	19.5	17.5	7.5	3.2	6.5	6.5
4: D.S. Аптека №5 (вул. В. Василькі	14.0	2.8	15.0	20.5	12.5	4.5	4.5	4.2	8.0	9.5
5: Аптека «Фармація» (вул. Борщагів	18.0	10.0	14.0	23.0	15.5	12.0	8.5	3.8	2.0	9.8
6: Аптека «Оболонь» (пр. Оболонськи	14.5	14.5	3.5	20.0	19.5	19.0	10.5	16.5	14.4	6.0
7: Аптека «Лікар» (вул. Ревуцького,	12.5	13.0	19.5	14.5	2.0	9.2	14.0	14.0	17.0	16.5
8: Деснянська аптека (вул. Милослав	7.5	18.0	16.0	4.1	5.5	11.5	17.5	21.5	22.0	17.0
9: Аптека «Пульс» (вул. Ак. Булахов	11.0	12.0	18.5	13.5	4.8	6.0	13.5	14.0	16.5	16.5
10: Аптека «Святошин» (вул. Святошин	19.5	13.5	16.0	23.5	19.5	17.0	13.0	5.5	4.2	14.0
11: АНЦ Аптека №8 (Дніпровська набер	0	13.0	14.0	8.5	8.0	12.5	12.5	17.0	18.5	13.5
12: Аптека «Медєя» (пр. Лесі Українк	13.0	0	15.0	18.5	13.0	9.0	1.8	6.5	9.5	11.0
13: Аптека «Добробут» (вул. М. Тимош	14.0	15.0	0	19.5	19.0	19.5	11.0	15.5	16.5	7.5
14: Аптека «Нові ліки» (вул. Братисл	8.5	18.5	19.5	0	8.5	14.5	18.5	22.0	22.5	20.0
15: Аптека «Берег» (вул. Березняківс	8.0	13.0	19.0	8.5	0	8.0	13.5	17.5	18.0	17.0
16: Аптека «Сонечко» (пр. Науки, 55)	12.5	9.0	19.5	14.5	8.0	0	11.5	12.0	14.5	15.0
17: Аптека «Центральна» (вул. Інстит	12.5	1.8	11.0	18.5	13.5	11.5	0	8.0	11.5	5.5
18: Аптека «Вікторія» (вул. Повітроф	17.0	6.5	15.5	22.0	17.5	12.0	8.0	0	3.5	11.5
19: Аптека «Крок» (вул. Ак. Палладін	18.5	9.5	16.5	22.5	18.0	14.5	11.5	3.5	0	13.5
20: Аптека «Гіппократ» (вул. Нижній	13.5	11.0	7.5	20.0	17.0	15.0	5.5	11.5	13.5	0

Умовні позначення вузлів:

- 0 - Депо (вул. Кирилівська, 63)
- 1 - АНЦ Аптека №1 (вул. Хрещатик, 15)
- 2 - Аптека «Подільська» (вул. Сагайдачного, 28)
- 3 - Аптека «Здоров'я» (пр. Перемоги, 42)
- 4 - D.S. Аптека №5 (вул. В. Васильківська, 67)
- 5 - Аптека «Фармація» (вул. Борщагівська, 152)
- 6 - Аптека «Оболонь» (пр. Оболонський, 38)
- 7 - Аптека «Лікар» (вул. Ревуцького, 9)
- 8 - Деснянська аптека (вул. Милославська, 14)
- 9 - Аптека «Пульс» (вул. Ак. Булаховського, 34)
- 10 - Аптека «Святошин» (вул. Святошинська, 21)
- 11 - АНЦ Аптека №8 (Дніпровська набережна, 19)
- 12 - Аптека «Медія» (пр. Лесі Українки, 30)
- 13 - Аптека «Добробут» (вул. М. Тимошенка, 21)
- 14 - Аптека «Нові ліки» (вул. Братиславська, 12)
- 15 - Аптека «Берег» (вул. Березняківська, 18)
- 16 - Аптека «Сонечко» (пр. Науки, 55)
- 17 - Аптека «Центральна» (вул. Інститутська, 16)
- 18 - Аптека «Вікторія» (вул. Повітрофлотський, 94)
- 19 - Аптека «Крок» (вул. Ак. Палладіна, 44)
- 20 - Аптека «Гіппократ» (вул. Нижній Вал, 17)

Джерело: складено автором за результатами вимірювань дорожніх відстаней у м. Київ

ДОДАТОК Б

Повна таблиця коефіцієнтів заощаджень $s(i,j)$ для 190 пар пунктів доставки

Таблиця Б.1 містить усі 190 коефіцієнтів заощаджень, розрахованих за формулою Кларка–Райта: $s(i,j) = d(0,i) + d(0,j) - d(i,j)$, де $d(0,i)$ - відстань від депо до пункту i ; $d(0,j)$ - відстань від депо до пункту j ; $d(i,j)$ - відстань між пунктами i та j . Таблицю відсортовано за спаданням значень $s(i,j)$. Виділені рядки (жовтий фон) відповідають першим п'яти кращим заощадженням, які є вирішальними при формуванні маршрутних кластерів.

Таблиця Б.1 - Коефіцієнти заощаджень для всіх 190 пар пунктів доставки, відсортовані за спаданням

№	i	j	$d(0,i)$, км	$d(0,j)$, км	$d(i,j)$, км	$s(i,j)$, км
1	8	14	16.0	19.8	4.1	31.7
2	7	15	15.0	15.0	2.0	28.0
3	7	9	15.0	15.0	3.2	26.8
4	14	15	19.8	15.0	8.5	26.3
5	8	15	16.0	15.0	5.5	25.5
6	9	15	15.0	15.0	4.8	25.2
7	8	9	16.0	15.0	7.0	24.0
8	11	14	12.4	19.8	8.5	23.7
9	10	19	14.2	12.5	4.2	22.5
10	9	16	15.0	13.0	6.0	22.0
11	9	14	15.0	19.8	13.5	21.3
12	5	19	10.5	12.5	2.0	21.0
13	8	11	16.0	12.4	7.5	20.9
14	7	8	15.0	16.0	10.5	20.5
15	7	14	15.0	19.8	14.5	20.3
16	15	16	15.0	13.0	8.0	20.0
17	4	16	11.0	13.0	4.5	19.5
18	11	15	12.4	15.0	8.0	19.4
19	18	19	10.2	12.5	3.5	19.2
20	10	18	14.2	10.2	5.5	18.9
21	7	16	15.0	13.0	9.2	18.8
22	14	16	19.8	13.0	14.5	18.3
23	8	16	16.0	13.0	11.5	17.5
24	5	10	10.5	14.2	7.4	17.3
25	4	18	11.0	10.2	4.2	17.0
26	5	18	10.5	10.2	3.8	16.9
27	4	12	11.0	8.5	2.8	16.7
28	9	11	15.0	12.4	11.0	16.4
29	4	5	11.0	10.5	5.5	16.0

30	4	19	11.0	12.5	8.0	15.5
31	4	9	11.0	15.0	10.5	15.5
32	4	7	11.0	15.0	11.0	15.0
33	3	18	8.0	10.2	3.2	15.0
34	7	11	15.0	12.4	12.5	14.9
35	4	10	11.0	14.2	10.5	14.7
36	3	10	8.0	14.2	7.5	14.7
37	3	19	8.0	12.5	6.5	14.0
38	4	15	11.0	15.0	12.5	13.5
39	3	5	8.0	10.5	5.0	13.5
40	12	17	8.5	6.5	1.8	13.2
41	4	17	11.0	6.5	4.5	13.0
42	11	16	12.4	13.0	12.5	12.9
43	6	13	7.5	8.9	3.5	12.9
44	12	16	8.5	13.0	9.0	12.5
45	12	18	8.5	10.2	6.5	12.2
46	9	10	15.0	14.2	17.0	12.2
47	7	10	15.0	14.2	17.5	11.7
48	12	19	8.5	12.5	9.5	11.5
49	9	12	15.0	8.5	12.0	11.5
50	5	16	10.5	13.0	12.0	11.5
51	5	9	10.5	15.0	14.0	11.5
52	16	18	13.0	10.2	12.0	11.2
53	9	18	15.0	10.2	14.0	11.2
54	7	18	15.0	10.2	14.0	11.2
55	1	12	6.2	8.5	3.5	11.2
56	16	19	13.0	12.5	14.5	11.0
57	9	19	15.0	12.5	16.5	11.0
58	5	7	10.5	15.0	14.5	11.0
59	12	15	8.5	15.0	13.0	10.5
60	10	14	14.2	19.8	23.5	10.5
61	7	19	15.0	12.5	17.0	10.5
62	7	12	15.0	8.5	13.0	10.5
63	3	4	8.0	11.0	8.5	10.5
64	1	4	6.2	11.0	6.8	10.4
65	4	14	11.0	19.8	20.5	10.3
66	10	16	14.2	13.0	17.0	10.2
67	1	17	6.2	6.5	2.5	10.2

68	5	15	10.5	15.0	15.5	10.0
69	14	19	19.8	12.5	22.5	9.8
70	12	14	8.5	19.8	18.5	9.8
71	10	15	14.2	15.0	19.5	9.7
72	15	19	15.0	12.5	18.0	9.5
73	4	11	11.0	12.4	14.0	9.4
74	13	14	8.9	19.8	19.5	9.2
75	10	12	14.2	8.5	13.5	9.2
76	5	12	10.5	8.5	10.0	9.0
77	1	3	6.2	8.0	5.2	9.0
78	8	13	16.0	8.9	16.0	8.9
79	17	18	6.5	10.2	8.0	8.7
80	1	5	6.2	10.5	8.0	8.7
81	5	17	10.5	6.5	8.5	8.5
82	4	8	11.0	16.0	18.5	8.5
83	1	10	6.2	14.2	12.0	8.4
84	16	17	13.0	6.5	11.5	8.0
85	15	17	15.0	6.5	13.5	8.0
86	14	18	19.8	10.2	22.0	8.0
87	9	17	15.0	6.5	13.5	8.0
88	11	12	12.4	8.5	13.0	7.9
89	14	17	19.8	6.5	18.5	7.8
90	15	18	15.0	10.2	17.5	7.7
91	10	17	14.2	6.5	13.0	7.7
92	8	10	16.0	14.2	22.5	7.7
93	1	15	6.2	15.0	13.5	7.7
94	17	19	6.5	12.5	11.5	7.5
95	7	17	15.0	6.5	14.0	7.5
96	1	14	6.2	19.8	18.5	7.5
97	1	18	6.2	10.2	9.0	7.4
98	11	13	12.4	8.9	14.0	7.3
99	6	14	7.5	19.8	20.0	7.3
100	5	14	10.5	19.8	23.0	7.3
101	1	19	6.2	12.5	11.5	7.2
102	1	16	6.2	13.0	12.0	7.2
103	1	7	6.2	15.0	14.0	7.2
104	10	13	14.2	8.9	16.0	7.1
105	10	11	14.2	12.4	19.5	7.1

106	1	11	6.2	12.4	11.5	7.1
107	6	8	7.5	16.0	16.5	7.0
108	3	17	8.0	6.5	7.5	7.0
109	1	9	6.2	15.0	14.5	6.7
110	8	19	16.0	12.5	22.0	6.5
111	8	12	16.0	8.5	18.0	6.5
112	11	19	12.4	12.5	18.5	6.4
113	11	17	12.4	6.5	12.5	6.4
114	2	3	3.8	8.0	5.5	6.3
115	3	12	8.0	8.5	10.5	6.0
116	3	6	8.0	7.5	9.5	6.0
117	3	13	8.0	8.9	11.0	5.9
118	3	14	8.0	19.8	22.0	5.8
119	6	10	7.5	14.2	16.0	5.7
120	2	13	3.8	8.9	7.0	5.7
121	1	8	6.2	16.0	16.5	5.7
122	11	18	12.4	10.2	17.0	5.6
123	6	19	7.5	12.5	14.4	5.6
124	1	13	6.2	8.9	9.5	5.6
125	2	6	3.8	7.5	5.8	5.5
126	1	2	6.2	3.8	4.5	5.5
127	9	13	15.0	8.9	18.5	5.4
128	6	11	7.5	12.4	14.5	5.4
129	5	13	10.5	8.9	14.0	5.4
130	2	17	3.8	6.5	5.0	5.3
131	2	4	3.8	11.0	9.5	5.3
132	8	17	16.0	6.5	17.5	5.0
133	5	8	10.5	16.0	21.5	5.0
134	3	7	8.0	15.0	18.0	5.0
135	13	19	8.9	12.5	16.5	4.9
136	13	15	8.9	15.0	19.0	4.9
137	5	11	10.5	12.4	18.0	4.9
138	4	13	11.0	8.9	15.0	4.9
139	8	18	16.0	10.2	21.5	4.7
140	1	6	6.2	7.5	9.0	4.7
141	6	7	7.5	15.0	18.0	4.5
142	3	9	8.0	15.0	18.5	4.5
143	2	10	3.8	14.2	13.5	4.5

144	13	17	8.9	6.5	11.0	4.4
145	7	13	15.0	8.9	19.5	4.4
146	6	20	7.5	2.8	6.0	4.3
147	4	20	11.0	2.8	9.5	4.3
148	3	20	8.0	2.8	6.5	4.3
149	2	5	3.8	10.5	10.0	4.3
150	13	20	8.9	2.8	7.5	4.2
151	1	20	6.2	2.8	4.8	4.2
152	2	20	3.8	2.8	2.5	4.1
153	2	14	3.8	19.8	19.5	4.1
154	6	9	7.5	15.0	18.5	4.0
155	5	6	10.5	7.5	14.0	4.0
156	4	6	11.0	7.5	14.5	4.0
157	3	8	8.0	16.0	20.0	4.0
158	17	20	6.5	2.8	5.5	3.8
159	13	18	8.9	10.2	15.5	3.6
160	6	17	7.5	6.5	10.5	3.5
161	5	20	10.5	2.8	9.8	3.5
162	3	16	8.0	13.0	17.5	3.5
163	3	15	8.0	15.0	19.5	3.5
164	3	11	8.0	12.4	17.0	3.4
165	2	19	3.8	12.5	13.0	3.3
166	2	8	3.8	16.0	16.5	3.3
167	2	18	3.8	10.2	10.8	3.2
168	2	11	3.8	12.4	13.0	3.2
169	10	20	14.2	2.8	14.0	3.0
170	6	15	7.5	15.0	19.5	3.0
171	2	9	3.8	15.0	16.0	2.8
172	2	7	3.8	15.0	16.0	2.8
173	14	20	19.8	2.8	20.0	2.6
174	13	16	8.9	13.0	19.5	2.4
175	12	13	8.5	8.9	15.0	2.4
176	2	16	3.8	13.0	14.5	2.3
177	2	15	3.8	15.0	16.5	2.3
178	19	20	12.5	2.8	13.5	1.8
179	8	20	16.0	2.8	17.0	1.8
180	2	12	3.8	8.5	10.5	1.8
181	11	20	12.4	2.8	13.5	1.7

182	18	20	10.2	2.8	11.5	1.5
183	6	16	7.5	13.0	19.0	1.5
184	6	12	7.5	8.5	14.5	1.5
185	9	20	15.0	2.8	16.5	1.3
186	7	20	15.0	2.8	16.5	1.3
187	6	18	7.5	10.2	16.5	1.2
188	16	20	13.0	2.8	15.0	0.8
189	15	20	15.0	2.8	17.0	0.8
190	12	20	8.5	2.8	11.0	0.3

Джерело: розраховано автором за формулою (3.3) на основі матриці відстаней (Додаток А)

ДОДАТОК В

Порівняльна характеристика рухомого складу ПрАТ «Фармак»

Таблиця В.1 містить повні технічні та експлуатаційні характеристики чотирьох моделей вантажних мікроавтобусів, що входять до автопарку транспортного підрозділу ПрАТ «Фармак». Дані наведено станом на 01.01.2025. Для виконання щоденного розвезення фармацевтичних препаратів до 20 аптечних пунктів м. Києва безпосередньо використовуються Mercedes-Benz Sprinter 316 CDI (маршрут 1, рефрижераторний) та Volkswagen Crafter 35 (маршрут 2, рефрижераторний). Renault Master T35 та Ford Transit 350 виконують функцію резервних транспортних засобів.

Таблиця В.1 – Технічні та експлуатаційні характеристики рухомого складу ПрАТ «Фармак»

Показник	Mercedes-Benz Sprinter 316 CDI	Volkswagen Crafter 35	Renault Master T35	Ford Transit 350
Кількість одиниць, шт.	4	3	3	2
Вантажопідйомність, кг	1 400	1 250	1 200	1 300
Об'єм кузова, м³	14,5	13,2	13,0	12,0
Тип двигуна	2,2 CDI (дизель)	2,0 TDI (дизель)	2,3 dCi (дизель)	2,0 EcoBlue (дизель)
Потужність двигуна, к.с.	163	140	135	130
Крутний момент, Нм	400	340	350	385
Витрата палива (міський цикл), л/100 км	10,2	9,6	10,5	10,0
Максимальна швидкість, км/год	140	135	130	130
Колісна база, мм	4 325	4 490	3 982	4 078
Загальна довжина, мм	5 925	5 986	5 480	5 531
Загальна ширина (без дзеркал), мм	1 993	2 000	2 070	2 059
Висота кузова внутрішня, мм	1 830	1 825	1 750	1 770
Довжина вантажного відсіку, мм	3 665	3 640	2 912	3 110
Рефрижераторне обладнання	Так (0...+8 °C)	Так (0...+8 °C)	Ні	Ні
Рік введення до парку	2019	2021	2020	2022
Середній пробіг на 01.01.2025, тис. км	162	97	118	63
Технічний стан (оцінка)	Задовільний	Добрий	Добрий	Добрий
Строк планового ТО, км	15 000	20 000	15 000	20 000
Призначення у парку	Основний (холодовий ланцюг, маршрут 1)	Основний (холодовий ланцюг, маршрут 2)	Допоміжний / резервний	Допоміжний / резервний

Джерело: складено автором за технічною документацією та внутрішньою звітністю ПрАТ «Фармак»

Порівняльний аналіз рухомого складу:

- найбільшу вантажопідйомність має Mercedes-Benz Sprinter 316 CDI (1 400 кг), що обумовлює його роль першого основного транспортного засобу;
- найменшу питому витрату палива забезпечує Volkswagen Crafter 35 (9,6 л/100 км), що є перевагою при щоденній інтенсивній експлуатації;
- рефрижераторним обладнанням оснащені лише Mercedes-Benz Sprinter 316 CDI та Volkswagen Crafter 35, що визначає їх використання для перевезення термолабільних препаратів холодового ланцюга (+2...+8 °C);
- найновішими за роком введення в експлуатацію є Ford Transit 350 (2022) та Volkswagen Crafter 35 (2021), що зумовлює їх кращий технічний стан;
- загальна вантажопідйомність двох основних транспортних засобів становить $1\,400 + 1\,250 = 2\,650$ кг, тоді як фактична маса добової партії — 324,8 кг (завантаженість 12,3 %), що пов'язано із специфікою поштучного фармацевтичного вантажу та обмежувальним фактором кількості пунктів і часових вікон доставки.