

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

Навчально-науковий інститут енергетичної, інформаційної та транспортної
інфраструктури

Кафедра транспортних систем і логістики

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи
бакалавра

на тему **Управління процесами функціонування
логістичної системи просування матеріального потоку
обсягом 8,6 тонни на добу**

Виконала: студентка 4 курсу, групи ЛОГІС 2022-1

спеціальності 073 «Менеджмент»,
освітньо-професійної програми «Логістика»

Синиченко В. В.

Керівник Понкратов Д. П.

Рецензент Копитков Д. М.

Харків - 2026 року

**Харківський національний університет міського господарства
імені О.М. Бекетова**

Інститут Навчально-науковий інститут енергетичної, інформаційної та
транспортної інфраструктури

Кафедра Транспортних систем і логістики

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр

Спеціальність 073 «Менеджмент»
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма «Логістика»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____

_____ доц. Куш Є. І.

“ ” _____ 2026 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
Синиченко Вікторія Віталіївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Управління процесами функціонування
логістичної системи просування матеріального потоку обсягом 8,6 тонни на
добу

керівник кваліфікаційної роботи Понкратов Д. П., д.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 22.05.2026 р. № 440-03

Строк подання студентом роботи 10.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Параметри функціонування учасників
логістичної системи. Характеристики матеріального потоку. Параметри
району розміщення логістичної системи

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розробити) Вступ. Аналіз методів управління логістичними системами.
Визначення параметрів функціонування логістичної системи. Розробка
заходів з управління логістичною системою. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових
креслень) Формування презентаційного матеріалу у MS Power Point

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Перевірка роботи на наявність ознак академічного плагіату	інженер каф. ТСЛ Толмачов І. О.		

7. Дата видачі завдання 22.05.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз методів управління логістичними системами	22.05-28.05	
2	Визначення параметрів функціонування логістичної системи	29.05-4.06	
3	Розробка заходів з управління логістичною системою	6.06-9.06	
4	Висновки	9.06-10.06	
5	Оформлення пояснювальної записки	9.06-10.06	

Студент

(підпис)

Синиченко В. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

Понкратов Д. П.

(прізвище та ініціали)

Додаток до завдання

Таблиця 1 – Інформація щодо місцезнаходження учасників логістичної системи

Учасник логістичного процесу	Широта	Довгота	Обсяг вивезення/завезення, кг
1	2	3	4
Відправник	49.987967255 87542	36.293250452 156	8600
Пункт завезення 1	49.993817754 10473	36.279967264 06638	91
Пункт завезення 2	49.995142007 778234	36.284687951 74749	270
Пункт завезення 3	49.996797273 58615	36.288807824 63282	111
Пункт завезення 4	49.999169721 87464	36.296103432 867255	257
Пункт завезення 5	49.991831305 21512	36.281426385 71327	75
Пункт завезення 6	49.989348128 71161	36.285288766 54326	97
Пункт завезення 7	49.986312961 08854	36.279280618 585496	42
Пункт завезення 8	49.991555403 046235	36.290610269 02015	75
Пункт завезення 9	49.994093643 29412	36.294730141 90548	82
Пункт завезення 10	49.997349016 19283	36.299279168 216366	76
Пункт завезення 11	49.999886950 63713	36.304085686 58259	85
Пункт завезення 12	50.002204078 129566	36.306660607 13592	83
Пункт завезення 13	50.004576259 62366	36.312067940 297915	54
Пункт завезення 14	50.006837998 075035	36.315243675 647025	76
Пункт завезення 15	50.008548022 34876	36.318505241 68124	82
Пункт завезення 16	49.989403311 69734	36.295931771 544154	93

Продовження табл. 1

1	2	3	4
Пункт завезення 17	49.993155613 59213	36.299708321 64192	76
Пункт завезення 18	49.986920009 82846	36.301424935 39126	201
Пункт завезення 19	49.989292945 44799	36.303999855 944596	80
Пункт завезення 20	49.992327925 13024	36.305973961 65503	61
Пункт завезення 21	50.000107634 2576	36.311381294 817025	100
Пункт завезення 22	49.998728345 01029	36.316016151 813024	100
Пункт завезення 23	50.007941246 505915	36.323912574 84324	104
Пункт завезення 24	49.995031654 698344	36.314471199 48102	102
Пункт завезення 25	49.991500222 42252	36.313183739 204355	75
Пункт завезення 26	49.988078899 98965	36.311810448 2897	54
Пункт завезення 27	49.985429967 163334	36.304429009 37015	90
Пункт завезення 28	49.983663930 89971	36.307604744 719264	61
Пункт завезення 29	49.982504934 36524	36.311381294 86414	78
Пункт завезення 30	49.980297244 66986	36.310952141 43859	139
Пункт завезення 31	49.975329572 43494	36.310179665 27259	77
Пункт завезення 32	49.986975195 70739	36.320393516 800806	96
Пункт завезення 33	49.981014754 93334	36.316874458 711254	247
Пункт завезення 34	49.998079864 36048	36.322264982 607	63
Пункт завезення 35	50.004300430 58066	36.331208183 07768	133
Пункт завезення 36	50.001155867 62126	36.329577400 060565	81
Пункт завезення 37	49.997569711 46275	36.328719093 20946	80

Продовження табл. 1

1	2	3	4
Пункт завезення 38	49.993431506 47311	36.329319908 052355	86
Пункт завезення 39	49.988851477 91794	36.329319908 052355	226
Пункт завезення 40	49.986423334 068775	36.330006553 533245	70
Пункт завезення 41	49.980033109 97875	36.324204321 37397	120
Пункт завезення 42	49.974453652 22273	36.322469123 52984	122
Пункт завезення 43	49.979442374 48895	36.324408462 29681	135
Пункт завезення 44	49.979704924 49098	36.333390662 90174	99
Пункт завезення 45	50.002314414 74829	36.334727241 167236	105
Пункт завезення 46	49.997128319 90992	36.334298087 74167	70
Пункт завезення 47	49.987649362 892064	36.335162972 102054	105
Пункт завезення 48	49.979867638 08156	36.336707924 43405	49
Пункт завезення 49	50.007279300 48621	36.346657706 39767	98
Пункт завезення 50	50.004852087 08389	36.342108680 08678	113
Пункт завезення 51	50.000328316 68581	36.340392066 323986	291
Пункт завезення 52	49.996935261 0063	36.340434983 93985	257
Пункт завезення 53	49.994436648 01565	36.340312813 208726	89
Пункт завезення 54	49.992008786 14312	36.340656135 94917	237
Пункт завезення 55	49.988421947 719935	36.340312813 208726	76
Пункт завезення 56	49.985773033 78652	36.340741966 634276	120
Пункт завезення 57	49.982903212 400416	36.341514442 800275	285
Пункт завезення 58	49.979757249 951675	36.342887733 76205	102

Продовження табл. 1

1	2	3	4
Пункт завезення 59	49.976390290 321056	36.344947670 20472	94
Пункт завезення 60	49.996769737 4647	36.345584825 13776	247
Пункт завезення 61	49.988386827 698996	36.343342275 62859	86
Пункт завезення 62	49.984104171 14274	36.348611245 52421	111
Пункт завезення 63	49.979688837 22426	36.350156197 883585	67
Пункт завезення 64	49.996383513 65171	36.351421311 82873	99
Пункт завезення 65	49.989129289 47556	36.350992795 46403	59
Пункт завезення 66	49.983883414 07123	36.355306039 0815	87
Пункт завезення 67	49.979744031 39933	36.356507668 69435	105
Пункт завезення 68	49.977701804 75024	36.356850991 44087	274
Пункт завезення 69	49.994893764 16941	36.356656983 71327	79
Пункт завезення 70	49.990700147 44514	36.358545258 81918	87
Пункт завезення 71	49.991031235 745766	36.361463502 16465	113
Пункт завезення 72	49.984795356 63977	36.360090211 178544	83
Пункт завезення 73	49.980406356 561424	36.361829171 26552	82
Пункт завезення 74	49.985649442 27701	36.363974938 43132	266
Пункт завезення 75	49.981013479 95008	36.366378197 657006	59

Таблиця 2 – Параметри транспортування матеріального потоку

Параметр	Значення
Вид матеріального потоку	Бакалійні товари
Кількість пунктів заїзду	75
Середня технічна швидкість автомобіля, км/год	25,8
Час навантаження, хв./кг	0,02
Час розвантаження, хв./кг	0,05
Додатковий час на заїзд в пункт, хв.	5
Додатковий час на заїзд в розподільчий центр, хв.	8
Максимальний час оберт, хв.	480

Студент

Керівник роботи

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота - 73 сторінки, 9 рисунків, 18 таблиць, 22 літературних джерела.

Об'єкт дослідження – логістична система просування матеріального потоку обсягом 8,6 тонни на добу.

Мета роботи – є розроблення та обґрунтування управлінських рішень щодо забезпечення ефективного функціонування логістичної системи просування матеріального потоку обсягом 8,6 тонни на добу на основі застосування сучасних логістичних методів і підходів.

Метод дослідження: аналітичний.

Отримані результати. На основі проведеного моделювання логістичної системи доставки було розроблено та проаналізовано декілька варіантів схем розвезення із використанням малотоннажних вантажних автомобілів різної вантажопідйомності. Для формування маршрутів застосовано програмний комплекс VRP. У результаті було сформовано раціональні маршрути обслуговування 75 пунктів доставки із загальним добовим обсягом перевезень 8,6 т. Порівняння розроблених схем розвезення показало, що найбільш раціональним є використання автомобілів Volkswagen Crafter, які забезпечують ефективне обслуговування всієї мережі споживачів при раціональній кількості маршрутів та високому рівні завантаження рухомого складу.

Рекомендації з впровадження: отримані результати можуть бути застосовані під час ухвалення управлінських рішень у міській логістиці.

ЛОГІСТИЧНА СИСТЕМА, ЛОГІСТИЧНЕ УПРАВЛІННЯ, СХЕМА
РОЗВЕЗЕННЯ, ТРАНСПОРТНІ ВИТРАТИ, ЛОГІСТИЧНІ ВИТРАТИ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
Розділ 1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ ЛОГІСТИЧНИМИ СИСТЕМАМИ.....	11
1.1 Цілі та завдання управління логістичними системами.....	11
1.2 Сучасні проблеми міської логістики.....	12
1.3 Напрямки удосконалення функціонування міських логістичних систем.....	13
1.4 Вимоги щодо формування систем доставки в міській логістиці.....	15
1.5 Методи логістичного управління під час формування раціональних систем доставки.....	18
1.6 Висновки по розділу.....	22
Розділ 2 ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ.....	24
2.1 Параметри функціонування учасників логістичної системи.....	24
2.2 Висновки по розділу.....	35
Розділ 3 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З УПРАВЛІННЯ ЛОГІСТИЧНОЮ СИСТЕМОЮ.....	36
3.1 Розробка схем розвезення.....	36
3.2 Розрахунок транспортних витрат.....	57
3.3 Розрахунок складських витрат.....	61
3.4 Розрахунок загальних витрат логістичної системи.....	65
3.5 Висновки по розділу.....	68
ВИСНОВКИ.....	69
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	72

					ННІЕІТІ ТСЛ ЛОГІС 2022-І ЛОГІС XXX...Х ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка		
Розроб.		Синиченко В. В.					
Перевір.		Понкратов Д.П.					
Реценз.							
Н. Контр.		Бурко Д. Л.					
Затверд.		Куш Є. І.			ХНУМГ		
					Літ.	Арк.	Аркушів
						9	73

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку ринкової економіки та посилення конкурентної боротьби між підприємствами особливого значення набуває ефективне управління логістичними процесами. Зростання вимог споживачів до якості обслуговування, скорочення термінів доставки продукції, необхідність мінімізації логістичних витрат та підвищення ефективності використання ресурсів обумовлюють потребу у вдосконаленні систем управління матеріальними потоками.

Логістична система є складною сукупністю взаємопов'язаних елементів, які забезпечують планування, організацію, контроль та регулювання процесів переміщення матеріальних ресурсів від постачальника до кінцевого споживача. Ефективність функціонування такої системи значною мірою залежить від раціональної організації транспортних процесів, управління запасами, вибору оптимальних маршрутів перевезень та координації дій усіх учасників логістичного ланцюга.

Особливої актуальності набувають питання управління логістичними системами в умовах міської логістики, де транспортні процеси здійснюються в умовах обмеженої пропускної спроможності дорожньої мережі, високої інтенсивності руху та необхідності дотримання вимог щодо екологічної безпеки. У таких умовах важливим завданням є забезпечення безперебійного просування матеріального потоку із мінімальними витратами та необхідним рівнем логістичного сервісу.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ ЛОГІСТИЧНИМИ СИСТЕМАМИ

1.1 Цілі та завдання управління логістичними системами

У сучасних умовах господарювання ефективне управління логістичними системами є одним із ключових чинників забезпечення конкурентоспроможності підприємств. Логістична система охоплює сукупність взаємопов'язаних елементів, що забезпечують планування, організацію, контроль та регулювання матеріальних, інформаційних, фінансових і сервісних потоків від постачальників до кінцевих споживачів. Основною метою управління логістичною системою є досягнення максимальної ефективності функціонування всіх її складових при забезпеченні необхідного рівня обслуговування споживачів [1 – 5].

Головною ціллю управління логістичними системами є забезпечення своєчасного задоволення потреб споживачів шляхом доставки необхідної продукції у потрібній кількості, належної якості, у визначене місце та час за мінімально можливих сукупних витрат [2, 4].

До основних цілей управління логістичними системами належать [1 – 5]:

- мінімізація загальних логістичних витрат;
- забезпечення високого рівня логістичного сервісу;
- оптимізація матеріальних, інформаційних і фінансових потоків;
- підвищення надійності логістичних процесів;
- скорочення тривалості логістичного циклу;
- забезпечення гнучкості та адаптивності системи;
- підвищення ефективності використання ресурсів;
- забезпечення сталого розвитку логістичної діяльності.

Для досягнення зазначених цілей система управління логістикою повинна вирішувати комплекс взаємопов'язаних завдань, серед яких планування потреб у ресурсах, прогнозування попиту, управління матеріальними потоками, оптимізація запасів, організація транспортних процесів, управління інформаційними потоками, контроль ефективності логістичних операцій та забезпечення адаптивності системи до змін зовнішнього середовища [1, 3, 5].

Отже, ефективне управління логістичними системами забезпечує підвищення результативності діяльності підприємства, зміцнення його конкурентних позицій та створює передумови для довгострокового розвитку.

1.2 Сучасні проблеми міської логістики

Міська логістика є важливою складовою функціонування сучасних міст, оскільки забезпечує ефективне переміщення вантажів у межах міської території. Зростання чисельності населення, розвиток електронної комерції, збільшення обсягів перевезень та підвищення вимог до якості міського середовища зумовлюють необхідність удосконалення логістичних процесів. Разом з тим розвиток міських логістичних систем супроводжується низкою проблем, які негативно впливають на ефективність функціонування транспортної інфраструктури та якість життя населення [6-9].

Важливою проблемою є недостатній рівень розвитку логістичної інфраструктури. У багатьох містах спостерігається дефіцит сучасних логістичних центрів, терміналів, вантажних майданчиків, зон консолідації вантажів та спеціалізованих місць для навантажувально-розвантажувальних робіт. Це ускладнює організацію ефективних ланцюгів постачання та спричиняє додаткові витрати [6, 7].

Суттєвий вплив на функціонування міської логістики має екологічна проблема. Значна частина транспортних засобів використовує традиційні види палива, що призводить до викидів забруднюючих речовин, підвищення

рівня шуму та погіршення екологічного стану міського середовища. Зростання транспортної активності також супроводжується збільшенням викидів парникових газів та негативним впливом на здоров'я населення [8].

Ще однією проблемою є недостатній рівень інтеграції інформаційних технологій у процеси управління логістичними системами. Відсутність єдиних цифрових платформ, обмежене використання інтелектуальних транспортних систем та недостатній обмін інформацією між учасниками логістичних процесів знижують ефективність прийняття управлінських рішень та ускладнюють координацію транспортних операцій [7, 8].

Особливої актуальності набуває проблема стрімкого розвитку електронної комерції. Зростання кількості інтернет-замовлень призводить до збільшення обсягів доставки «останньої милі», що потребує додаткових транспортних ресурсів та створює нові виклики для організації міських перевезень. Неефективна організація таких доставок може спричиняти збільшення транспортних потоків і навантаження на дорожню мережу [9].

1.3 Напрямки удосконалення функціонування міських логістичних систем

Ефективне функціонування міських логістичних систем є важливою передумовою забезпечення сталого розвитку міст, підвищення конкурентоспроможності підприємств та покращення якості життя населення. Зростання обсягів перевезень, розвиток електронної комерції, збільшення транспортного навантаження на вулично-дорожню мережу та посилення екологічних вимог обумовлюють необхідність пошуку нових підходів до організації міської логістики. У зв'язку з цим особливого значення набуває удосконалення логістичних систем на основі сучасних технологій та інноваційних управлінських рішень [10 - 14].

Одним із найважливіших напрямків удосконалення є впровадження інтелектуальних транспортних систем. Використання сучасних засобів

моніторингу, GPS-навігації, автоматизованих систем диспетчерського управління та цифрових платформ дозволяє підвищити ефективність управління матеріальними потоками, скоротити час доставки вантажів та зменшити експлуатаційні витрати перевізників [11, 12].

Важливим напрямком розвитку міської логістики є оптимізація маршрутів перевезень. Застосування сучасних методів математичного моделювання та спеціалізованого програмного забезпечення дозволяє формувати раціональні маршрути руху транспортних засобів з урахуванням дорожньої ситуації, часових обмежень та характеристик вантажів. Це сприяє скороченню пробігу транспортних засобів, зменшенню витрат палива та підвищенню продуктивності транспортної роботи [9, 10, 14].

Перспективним напрямком є створення міських логістичних центрів та центрів консолідації вантажів. Такі об'єкти дозволяють об'єднувати вантажопотоки різних постачальників, оптимізувати процеси доставки та зменшувати кількість транспортних засобів, що здійснюють перевезення в центральних районах міста. У результаті знижується навантаження на транспортну інфраструктуру та покращуються умови дорожнього руху [12, 14].

Особливої актуальності набуває розвиток екологічно орієнтованої логістики. Одним із напрямків є використання електромобілів, гібридних транспортних засобів та інших екологічно чистих видів транспорту для виконання міських перевезень. Важливим також є впровадження концепцій «зеленої логістики», спрямованих на зменшення негативного впливу транспортної діяльності на навколишнє середовище [14].

Значний потенціал має цифровізація логістичних процесів. Використання технологій Інтернету речей (IoT), великих даних (Big Data), штучного інтелекту та хмарних сервісів дозволяє підвищити якість планування перевезень, забезпечити оперативний контроль за рухом вантажів та покращити координацію між усіма учасниками логістичних ланцюгів [12, 13].

Одним із напрямків удосконалення є розвиток систем доставки останньої милі. Для цього можуть використовуватися автоматизовані поштомати, мікрологістичні хаби, вантажні велосипеди та інші інноваційні рішення. Такі підходи дозволяють зменшити транспортне навантаження на центральні частини міст та підвищити ефективність доставки товарів кінцевим споживачам [11, 12].

Важливим завданням є інтеграція логістики з транспортною політикою міста. Це передбачає узгодження режимів руху вантажного транспорту, впровадження часових обмежень для доставки у години пік, створення спеціалізованих зон навантаження та розвантаження, а також розвиток механізмів координації між органами місцевого самоврядування та логістичними операторами [9, 10, 11].

Окрему увагу слід приділяти розвитку нормативно-правового забезпечення міської логістики. Удосконалення регуляторних механізмів сприятиме впровадженню сучасних технологій перевезень, розвитку логістичної інфраструктури та підвищенню ефективності функціонування транспортних систем [12, 14].

Таким чином, удосконалення функціонування міських логістичних систем повинно здійснюватися комплексно та передбачати розвиток інтелектуальних транспортних систем, цифровізацію логістичних процесів, створення логістичних центрів, впровадження екологічних технологій та оптимізацію матеріальних потоків. Реалізація зазначених заходів сприятиме підвищенню ефективності міських перевезень, зниженню логістичних витрат та забезпеченню сталого розвитку міських територій.

1.4 Вимоги щодо формування систем доставки в міській логістиці

Формування ефективних систем доставки є одним із ключових завдань міської логістики, оскільки саме від організації процесу доставки значною мірою залежить рівень транспортного обслуговування населення та

підприємств, ефективність використання транспортних ресурсів, а також вплив транспортної діяльності на навколишнє середовище [15-17].

Однією з основних вимог є забезпечення своєчасності доставки вантажів. Система доставки повинна гарантувати виконання перевезень у встановлені терміни та відповідати очікуванням споживачів щодо швидкості отримання товарів. Для цього необхідно забезпечувати ефективне планування маршрутів, координацію роботи транспортних засобів та оперативне реагування на зміни дорожньої ситуації [10, 11].

Важливою вимогою є надійність функціонування системи доставки. Надійність передбачає стабільне виконання логістичних операцій незалежно від впливу зовнішніх факторів, таких як транспортні затори, погодні умови або зміни попиту. Досягнення високого рівня надійності забезпечується шляхом створення резервів ресурсів, використання сучасних інформаційних технологій та впровадження систем моніторингу перевезень [16, 17].

Суттєвою вимогою є економічна ефективність. Формування систем доставки повинно здійснюватися з урахуванням мінімізації сукупних логістичних витрат, включаючи витрати на транспортування, обробку замовлень, складування та управління інформаційними потоками. При цьому зниження витрат не повинно призводити до погіршення якості логістичного сервісу [16, 17].

Однією з ключових вимог сучасної міської логістики є екологічна безпечність. Система доставки повинна сприяти зменшенню негативного впливу транспортної діяльності на довкілля шляхом скорочення викидів шкідливих речовин, зниження рівня шуму та раціонального використання енергетичних ресурсів. Для цього доцільним є застосування екологічно чистих транспортних засобів, використання альтернативних видів палива та оптимізація маршрутів перевезень [10, 14, 15].

Важливе значення має гнучкість системи доставки. Сучасні логістичні системи повинні швидко адаптуватися до змін попиту, коливань обсягів перевезень, особливостей міської забудови та інших факторів зовнішнього

середовища. Гнучкість забезпечує можливість ефективного функціонування системи в умовах невизначеності та динамічного розвитку міських територій [16, 17].

Обов'язковою вимогою є інтеграція інформаційних технологій у процес управління доставкою. Використання GPS-моніторингу, геоінформаційних систем, систем управління транспортом, технологій Інтернету речей та аналітики великих даних дозволяє підвищити прозорість логістичних процесів, покращити якість планування та забезпечити контроль за виконанням перевезень у режимі реального часу [11, 14].

Окрему увагу слід приділяти вимозі раціонального використання міської транспортної інфраструктури. Формування систем доставки має здійснюватися з урахуванням пропускної спроможності дорожньої мережі, можливостей організації навантажувально-розвантажувальних операцій та особливостей функціонування громадського транспорту. Важливим інструментом у цьому випадку є консолідація вантажів та використання міських логістичних центрів [10, 11, 14].

Необхідною вимогою також є орієнтація на потреби споживачів. Система доставки повинна забезпечувати високий рівень сервісу, зручність отримання замовлень, можливість відстеження вантажів та гнучкість у виборі способів доставки. Саме рівень задоволеності споживачів значною мірою визначає ефективність функціонування логістичної системи [16, 17].

Таким чином, формування систем доставки в міській логістиці має базуватися на комплексному врахуванні вимог щодо своєчасності, надійності, економічної ефективності, екологічної безпечності, гнучкості, безпеки та високої якості логістичного сервісу. Дотримання зазначених вимог створює передумови для підвищення ефективності міських вантажних перевезень та забезпечення сталого розвитку транспортних систем міст.

1.5 Методи логістичного управління під час формування раціональних систем доставки

Раціональна організація систем доставки є одним із ключових напрямків розвитку сучасної міської логістики. Актуальні виклики міської логістики зумовлюють необхідність застосування сучасних методів логістичного управління. Основною метою таких методів є забезпечення мінімізації сукупних логістичних витрат при досягненні необхідного рівня обслуговування споживачів. Для вирішення зазначених завдань використовуються математичні методи оптимізації, моделі маршрутизації транспортних засобів, багатокритеріальні методи прийняття рішень та цифрові технології управління логістичними процесами [18, 19].

Математичне моделювання є основою сучасного логістичного управління. Його використання дозволяє формалізувати логістичні процеси та знаходити оптимальні рішення для складних транспортних задач. Найбільшого поширення набули методи лінійного програмування, цілочисельного програмування, динамічного програмування, теорії графів та імітаційного моделювання [18, 19].

Лінійне програмування застосовується для оптимізації транспортних потоків, визначення оптимальних схем постачання та розподілу ресурсів. Цілочисельне програмування використовується у випадках, коли змінні повинні набувати дискретних значень, наприклад під час визначення кількості транспортних засобів або вибору маршрутів [18, 19].

Особливе значення мають транспортні задачі та задачі призначення, які дозволяють визначити найбільш ефективний розподіл вантажопотоків між пунктами відправлення та призначення. Для моделювання транспортних мереж широко застосовуються алгоритми пошуку найкоротшого шляху, зокрема алгоритми Дейкстри та Флойда [18, 19].

Одним із найбільш важливих напрямків розвитку транспортної логістики є використання моделей маршрутизації (Vehicle routing problem,

VRP). Дані моделі дозволяють визначати оптимальні маршрути руху транспортних засобів для обслуговування множини клієнтів за наявності різноманітних обмежень. Базова задача VRP полягає у мінімізації загальної довжини маршрутів або транспортних витрат при забезпеченні доставки вантажів усім клієнтам. У сучасній практиці застосовуються численні модифікації VRP-моделей (див. рис. 1.1) [18, 19]:

- CVRP (Capacitated VRP). Вирішують задачу маршрутизації з обмеженням вантажопідйомності транспортних засобів;
- VRPTW (VRP with time windows). Вирішують задачу маршрутизації з часовими вікнами доставки;
- MDVRP (Multi-Depot VRP). Виконують маршрутизацію з декількома депо (розподільчими центрами);
- DVRP (Dynamic VRP) Виконують динамічну маршрутизацію в режимі реального часу;
- Green VRP. Екологічно орієнтована маршрутизація.

Застосування VRP-моделей дозволяє скорочувати транспортні витрати на 10–30 %, зменшувати пробіг транспортних засобів та підвищувати рівень логістичного сервісу [19].

У процесі формування систем доставки виникає необхідність одночасного врахування великої кількості критеріїв. До них належать витрати на перевезення, час доставки, рівень надійності, екологічний вплив, рівень сервісу та інші показники. Для вирішення таких задач використовуються методи багатокритеріального аналізу. Найбільш поширеними є [20]:

- метод аналізу ієрархій (АНР);
- метод TOPSIS;
- метод ELECTRE;
- метод PROMETHEE;
- аналіз Парето-оптимальних рішень.

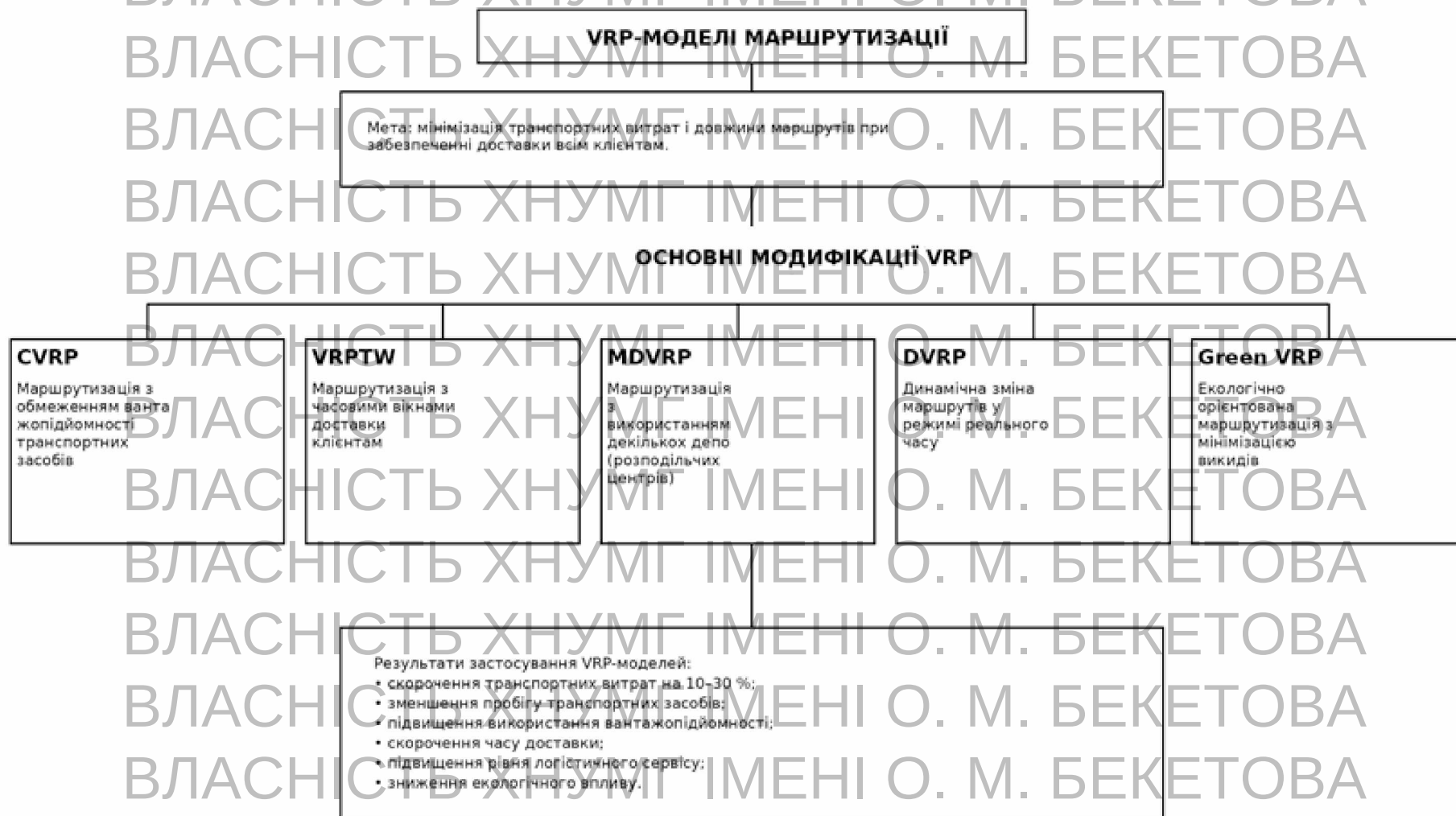


Рисунок 1.1 – Класифікаційна схема моделей маршрутизації

Метод аналізу ієрархій дозволяє структурувати складні управлінські задачі та визначати вагомість критеріїв на основі експертних оцінок. Метод TOPSIS передбачає вибір альтернативи, яка є найближчою до ідеального рішення та найдалшою від найгіршого варіанта [20].

Застосування багатокритеріальних методів дозволяє враховувати не лише економічні показники, а й соціальні та екологічні аспекти функціонування міських логістичних систем [20].

Цифрова трансформація є одним із головних факторів розвитку сучасної логістики. Використання цифрових технологій забезпечує оперативне управління транспортними процесами та підвищує ефективність прийняття рішень [21].

Серед найбільш поширених технологій слід виділити [21]:

- системи управління транспортом (TMS);
- системи управління складом (WMS);
- GPS-моніторинг та телематику;
- Інтернет речей (IoT);
- технології Big Data;
- штучний інтелект та машинне навчання;
- хмарні платформи управління логістикою.

Використання TMS дозволяє автоматизувати планування маршрутів, контроль виконання перевезень та аналіз ефективності логістичних операцій.

Системи WMS забезпечують оптимізацію складських процесів та інтеграцію зі службами доставки. Особливого значення набувають технології штучного інтелекту, які дозволяють прогнозувати попит, оптимізувати маршрути в режимі реального часу та автоматизувати прийняття управлінських рішень [21].

Отже, ефективне формування раціональних систем доставки базується на комплексному використанні математичних методів оптимізації, VRP-моделей, багатокритеріальних методів прийняття рішень та сучасних цифрових технологій. Їх застосування дозволяє підвищити ефективність

використання транспортних засобів, скоротити логістичні витрати, покращити якість обслуговування споживачів та забезпечити сталий розвиток міських транспортно-логістичних систем.

1.6 Висновки по розділу

1. У сучасних умовах господарювання ефективно управління логістичними системами є одним із ключових чинників забезпечення конкурентоспроможності підприємств, що забезпечує підвищення результативності їх діяльності та створює передумови для довгострокового розвитку.

2. Міська логістика є невід'ємною складовою забезпечення ефективного функціонування сучасних міст, оскільки сприяє раціональній організації вантажних потоків, підвищенню якості транспортного обслуговування та задоволенню потреб населення і бізнесу. Водночас розвиток міських логістичних систем супроводжується низкою проблем, серед яких недостатній рівень розвитку логістичної інфраструктури, негативний вплив транспортної діяльності на навколишнє середовище, обмежене використання сучасних інформаційних технологій та стрімке зростання обсягів доставки, пов'язане з розвитком електронної комерції. Зазначені проблеми знижують ефективність функціонування транспортних систем, збільшують логістичні витрати та погіршують якість міського середовища.

3. Удосконалення функціонування міських логістичних систем повинно здійснюватися комплексно та передбачати розвиток інтелектуальних транспортних систем, цифровізацію логістичних процесів, створення логістичних центрів, впровадження екологічних технологій та оптимізацію матеріальних потоків. Реалізація зазначених заходів сприятиме підвищенню ефективності міських перевезень, зниженню логістичних витрат та забезпеченню сталого розвитку міських територій.

4. Формування систем доставки в міській логістиці має базуватися на комплексному врахуванні вимог щодо своєчасності, надійності, економічної ефективності, екологічної безпечності, гнучкості, безпеки та високої якості логістичного сервісу. Дотримання зазначених вимог створює передумови для підвищення ефективності міських вантажних перевезень та забезпечення сталого розвитку транспортних систем міст.

5. Формування раціональних систем доставки базується на комплексному використанні математичних методів оптимізації, VRP-моделей, багатокритеріальних методів прийняття рішень та сучасних цифрових технологій. Їх застосування дозволяє підвищити ефективність використання транспортних засобів, скоротити логістичні витрати, покращити якість обслуговування споживачів та забезпечити сталий розвиток міських транспортно-логістичних систем.

РОЗДІЛ 2

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ

2.1 Параметри функціонування учасників логістичної системи

У досліджуваній системі просування матеріального потоку щоденно забезпечується доставка продукції загальною масою 8,6 т. Переважну частину вантажопотоку формують продовольчі товари тривалого зберігання, що належать до бакалійної групи. Організація процесу постачання побудована таким чином, що всі матеріальні потоки проходять через єдиний розподільчий центр, після чого за участю транспортного оператора спрямовуються до мережі роздрібної торгівлі, яка налічує 75 торговельних об'єктів.

Для забезпечення ефективного управління перевезеннями та планування маршрутів використовується інформація про географічне розташування кожного учасника логістичної системи. Координати розподільчого центру, торговельних точок та інших об'єктів визначаються за допомогою глобальної системи позиціонування (GPS), що дає можливість виконувати просторовий аналіз, оцінювати транспортну доступність і формувати раціональні схеми доставки.

Ключовою характеристикою діяльності розподільчого центру виступає обсяг добового відвантаження продукції. У розглянутій системі цей показник становить 8,6 т на добу, що відображає сумарну кількість товарів, які відправляються споживачам через торговельну мережу. Оскільки розподільчий центр є єдиним джерелом постачання для всіх магазинів, обсяг відвантаженої продукції повністю узгоджується із загальним обсягом вантажів, доставлених до роздрібних торговельних точок. Таким чином, між вихідним матеріальним потоком із розподільчого центру та сукупним

вхідним потоком до магазинів забезпечується повний баланс, що свідчить про цілісність і узгодженість функціонування логістичної системи. Детальні характеристики структури вантажопотоків та розподілу обсягів поставок наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – GPS координати учасників логістичної системи та обсяги матеріального потоку

Учасник логістичної системи	GPS координати		Обсяг вивезення/завезення, кг
	Широта	Довгота	
1	2	3	4
Відправник (розподільчий центр)	49.987967255 87542	36.293250452 156	8600
Пункт доставки 1	49.993817754 10473	36.279967264 06638	91
Пункт доставки 2	49.995142007 778234	36.284687951 74749	270
Пункт доставки 3	49.996797273 58615	36.288807824 63282	111
Пункт доставки 4	49.999169721 87464	36.296103432 867255	257
Пункт доставки 5	49.991831305 21512	36.281426385 71327	75
Пункт доставки 6	49.989348128 71161	36.285288766 54326	97
Пункт доставки 7	49.986312961 08854	36.279280618 585496	42
Пункт доставки 8	49.991555403 046235	36.290610269 02015	75
Пункт доставки 9	49.994093643 29412	36.294730141 90548	82
Пункт доставки 10	49.997349016 19283	36.299279168 216366	76
Пункт доставки 11	49.999886950 63713	36.304085686 58259	85
Пункт доставки 12	50.002204078 129566	36.306660607 13592	83
Пункт доставки 13	50.004576259 62366	36.312067940 297915	54
Пункт доставки 14	50.006837998 075035	36.315243675 647025	76

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4
Пункт доставки 15	50.008548022 34876	36.318505241 68124	82
Пункт доставки 16	49.989403311 69734	36.295931771 544154	93
Пункт доставки 17	49.993155613 59213	36.299708321 64192	76
Пункт доставки 18	49.986920009 82846	36.301424935 39126	201
Пункт доставки 19	49.989292945 44799	36.303999855 944596	80
Пункт доставки 20	49.992327925 13024	36.305973961 65503	61
Пункт доставки 21	50.000107634 2576	36.311381294 817025	100
Пункт доставки 22	49.998728345 01029	36.316016151 813024	100
Пункт доставки 23	50.007941246 505915	36.323912574 84324	104
Пункт доставки 24	49.995031654 698344	36.314471199 48102	102
Пункт доставки 25	49.991500222 42252	36.313183739 204355	75
Пункт доставки 26	49.988078899 98965	36.311810448 2897	54
Пункт доставки 27	49.985429967 163334	36.304429009 37015	90
Пункт доставки 28	49.983663930 89971	36.307604744 719264	61
Пункт доставки 29	49.982504934 36524	36.311381294 86414	78
Пункт доставки 30	49.980297244 66986	36.310952141 43859	139
Пункт доставки 31	49.975329572 43494	36.310179665 27259	77
Пункт доставки 32	49.986975195 70739	36.320393516 800806	96
Пункт доставки 33	49.981014754 93334	36.316874458 711254	247
Пункт доставки 34	49.998079864 36048	36.322264982 607	63
Пункт доставки 35	50.004300430 58066	36.331208183 07768	133

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4
Пункт доставки 36	50.001155867 62126	36.329577400 060565	81
Пункт доставки 37	49.997569711 46275	36.328719093 20946	80
Пункт доставки 38	49.993431506 47311	36.329319908 052355	86
Пункт доставки 39	49.988851477 91794	36.329319908 052355	226
Пункт доставки 40	49.986423334 068775	36.330006553 533245	70
Пункт доставки 41	49.980033109 97875	36.324204321 37397	120
Пункт доставки 42	49.974453652 22273	36.322469123 52984	122
Пункт доставки 43	49.979442374 48895	36.324408462 29681	135
Пункт доставки 44	49.979704924 49098	36.333390662 90174	99
Пункт доставки 45	50.002314414 74829	36.334727241 167236	105
Пункт доставки 46	49.997128319 90992	36.334298087 74167	70
Пункт доставки 47	49.987649362 892064	36.335162972 102054	105
Пункт доставки 48	49.979867638 08156	36.336707924 43405	49
Пункт доставки 49	50.007279300 48621	36.346657706 39767	98
Пункт доставки 50	50.004852087 08389	36.342108680 08678	113
Пункт доставки 51	50.000328316 68581	36.340392066 323986	291
Пункт доставки 52	49.996935261 0063	36.340434983 93985	257
Пункт доставки 53	49.994436648 01565	36.340312813 208726	89
Пункт доставки 54	49.992008786 14312	36.340656135 94917	237
Пункт доставки 55	49.988421947 719935	36.340312813 208726	76
Пункт доставки 56	49.985773033 78652	36.340741966 634276	120

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4
Пункт доставки 57	49.982903212 400416	36.341514442 800275	285
Пункт доставки 58	49.979757249 951675	36.342887733 76205	102
Пункт доставки 59	49.976390290 321056	36.344947670 20472	94
Пункт доставки 60	49.996769737 4647	36.345584825 13776	247
Пункт доставки 61	49.988386827 698996	36.343342275 62859	86
Пункт доставки 62	49.984104171 14274	36.348611245 52421	111
Пункт доставки 63	49.979688837 22426	36.350156197 883585	67
Пункт доставки 64	49.996383513 65171	36.351421311 82873	99
Пункт доставки 65	49.989129289 47556	36.350992795 46403	59
Пункт доставки 66	49.983883414 07123	36.355306039 0815	87
Пункт доставки 67	49.979744031 39933	36.356507668 69435	105
Пункт доставки 68	49.977701804 75024	36.356850991 44087	274
Пункт доставки 69	49.994893764 16941	36.356656983 71327	79
Пункт доставки 70	49.990700147 44514	36.358545258 81918	87
Пункт доставки 71	49.991031235 745766	36.361463502 16465	113
Пункт доставки 72	49.984795356 63977	36.360090211 178544	83
Пункт доставки 73	49.980406356 561424	36.361829171 26552	82
Пункт доставки 74	49.985649442 27701	36.363974938 43132	266
Пункт доставки 75	49.981013479 95008	36.366378197 657006	59

На основі координат, отриманих із застосуванням технологій GPS-позиціонування, було визначено просторове розміщення всіх учасників досліджуваної логістичної системи (рис. 2.1). Зібрані географічні дані стали підґрунтям для побудови топологічної структури транспортної мережі, яку для подальшого аналізу подано у вигляді графової моделі (рис. 2.2). Такий підхід дає можливість наочно відобразити взаємозв'язки між окремими елементами системи, оцінити транспортну доступність об'єктів та створити передумови для оптимізації процесу доставки вантажів.

Аналіз параметрів функціонування мережі свідчить, що більшість торговельних точок характеризується відносно невеликими обсягами замовлень. За таких умов особливої актуальності набуває завдання раціональної організації розвізних маршрутів перевезень. Формування ефективної схеми маршрутів є одним із ключових напрямів транспортної логістики, оскільки саме від обраної схеми руху транспортних засобів значною мірою залежать експлуатаційні витрати, рівень використання рухомого складу, тривалість доставки та якість логістичного сервісу.

Для виконання перевезень можуть використовуватися транспортні засоби різних класів вантажопідйомності. Вибір типу автомобіля безпосередньо впливає на показники ефективності логістичної системи. Застосування транспортних засобів із більшою місткістю дозволяє збільшити кількість торговельних точок, які можуть бути обслужені протягом одного оборту, що сприяє скороченню загальної кількості обертів і зменшенню транспортних витрат. Водночас під час розроблення схеми маршрутів необхідно враховувати організаційні та нормативні обмеження, зокрема допустиму тривалість робочої зміни водія, яка визначає максимальний час перебування транспортного засобу на маршруті.

Для оцінювання рівня забезпечення торговельної мережі та подальших розрахунків параметрів маршрутів визначається середній обсяг поставки на одну роздрібну торговельну точку.

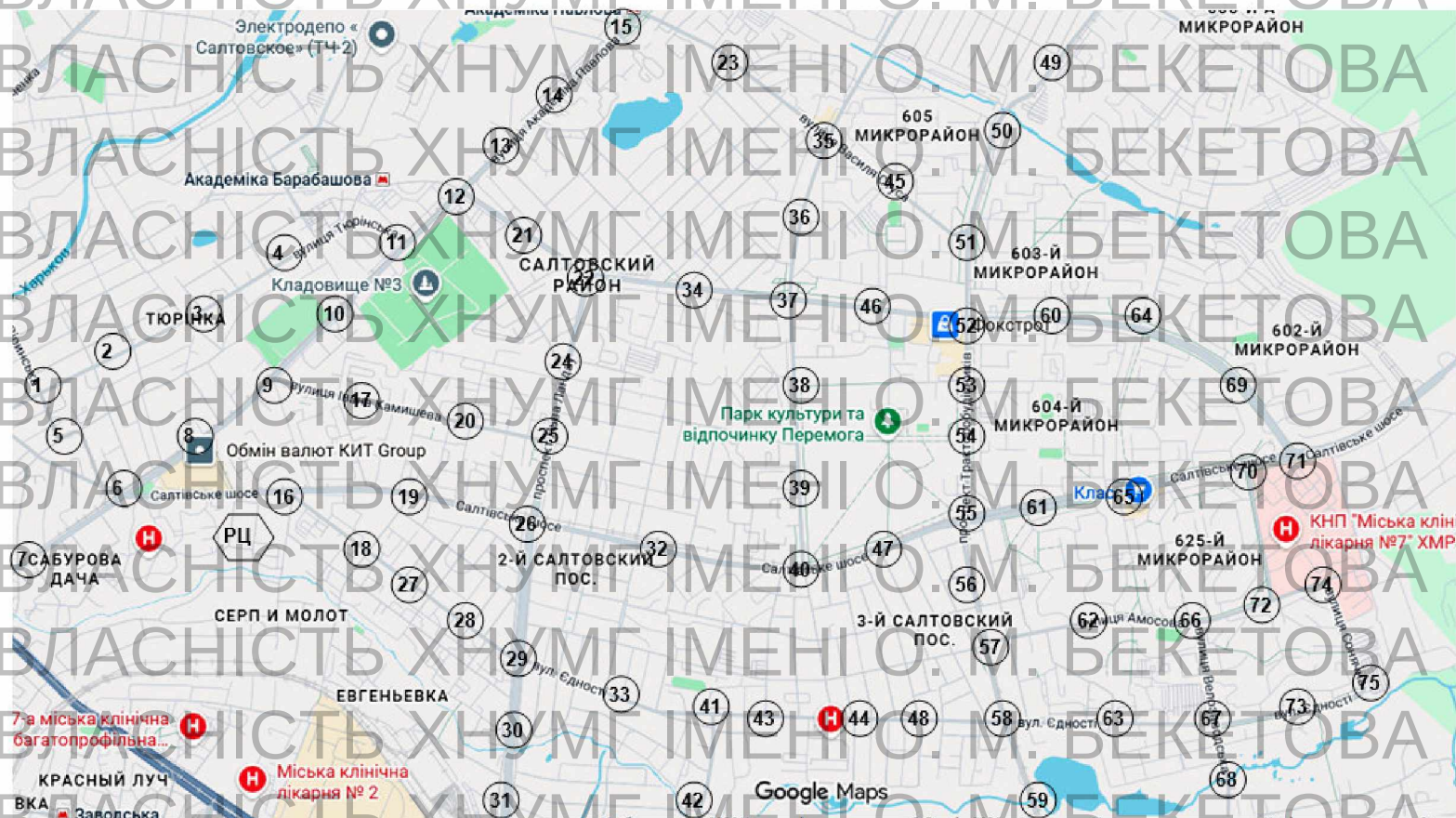


Рисунок 2.1 – Місця розміщення учасників логістичної системи

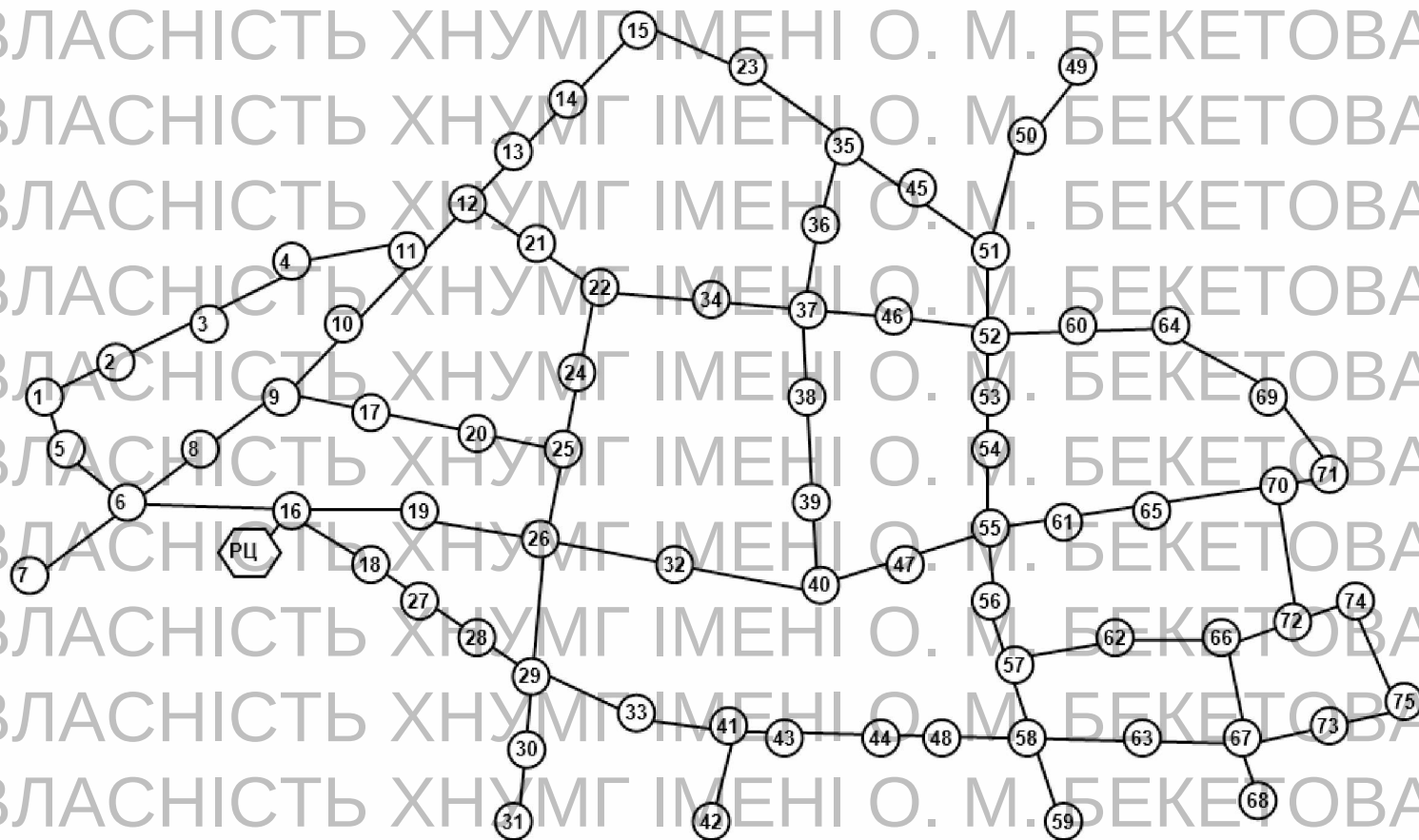


Рисунок 2.2 – Схема транспортної мережі

Розрахунок цього показника здійснюється за наведеною нижче формулою:

$$\bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n}, \quad (2.1)$$

де Q_i – обсяг завезення до i -ого роздрібного учасника, кг;

n – кількість пунктів завезення, од.

Середній обсяг завезення дорівнює:

$$\bar{Q} = \frac{8,6}{75} = 0,115 \text{ т.}$$

Результати аналізу параметрів вантажопотоків показують, що середній обсяг поставки на одну роздрібну торговельну точку становить близько 115 кг. Такий рівень попиту свідчить про відносно невеликі партії вантажу, які необхідно доставляти кожному одержувачу. За цих умов використання великовантажного рухомого складу не є доцільним.

З огляду на зазначене, найбільш обґрунтованим рішенням є застосування малотоннажних вантажних автомобілів із вантажопідйомністю до 4 т. Такий рухомий склад забезпечує достатній резерв вантажомісткості для виконання розвізних операцій одночасно до кількох торговельних точок, а також дозволяє більш гнучко організовувати маршрути доставки залежно від обсягів замовлень та особливостей транспортної мережі.

Використання малотоннажних автомобілів сприяє підвищенню ефективності логістичного обслуговування завдяки кращому співвідношенню між корисним завантаженням транспортного засобу та фактичними потребами системи постачання. Крім того, такі транспортні засоби характеризуються вищою маневровістю, нижчими експлуатаційними витратами, меншим споживанням палива та можливістю безперешкодного

обслуговування торговельних об'єктів, розташованих у щільній міській забудові або на вулицях із обмеженими умовами руху.

Під час вибору конкретного типу автомобіля необхідно враховувати його вантажопідйомність та інші техніко-експлуатаційні характеристики. Сукупність техніко-експлуатаційних параметрів безпосередньо впливає на продуктивність транспортного процесу та економічні показники функціонування логістичної системи. Основні технічні характеристики автотransпортних засобів, які можуть бути використані для організації перевезень у межах досліджуваної логістичної системи, наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Характеристики транспортних засобів

Марка транспортного засобу	Тип кузова	Вантажо-підйомність, т	Витрати палива, л/100 км
Renault Master	Фургон	1,20	11,0
Mercedes-Benz Sprinter	Фургон	1,50	13,2
Volkswagen Crafter	Фургон	2,20	14,3
Iveco Daily	Фургон	2,80	15,6
Hyundai EX8	Фургон	3,40	17,7

У процесі формування ефективної системи доставки вантажів недостатньо враховувати лише обсяги перевезень і технічні характеристики транспортних засобів. Важливу роль також відіграють часові параметри, які безпосередньо впливають на тривалість руху за маршрутами, продуктивність рухомого складу та рівень логістичних витрат. Саме тому під час планування транспортного процесу необхідно здійснювати комплексний аналіз усіх складових часу, пов'язаних із виконанням операцій доставки.

До числа основних часових характеристик належать витрати часу на прибуття транспортного засобу до розподільчого центру, час руху між пунктами маршруту та обслуговування роздрібних торговельних об'єктів. Не менш важливим показником є середня експлуатаційна швидкість руху

автомобілів, яка визначається умовами дорожньої мережі, інтенсивністю транспортних потоків, особливостями міського середовища та режимом роботи транспортних засобів. Значення цього параметра безпосередньо впливає на тривалість виконання обертів і кількість торговельних точок, які можуть бути обслужені протягом робочої зміни.

Окрему складову транспортного процесу становлять навантажувально-розвантажувальні операції. Час, необхідний для завантаження продукції на розподільчому центрі та її подальшого вивантаження в торговельних точках, формує значну частину загальної тривалості обороту. Тому точне визначення цих витрат часу є важливою передумовою для коректного планування графіків доставки та оцінювання ефективності використання транспортних ресурсів.

Урахування зазначених часових параметрів дозволяє більш достовірно моделювати процес перевезень, визначати оптимальну кількість маршрутів, оцінювати рівень завантаження транспортних засобів і забезпечувати дотримання встановлених часових обмежень щодо роботи водіїв. Узагальнені значення основних часових характеристик, прийнятих для подальших розрахунків та моделювання логістичних процесів, наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Вихідні дані до розробки системи розвезення

Параметр	Значення
Вид матеріального потоку	Бакалійні товари
Кількість пунктів заїзду	75
Середня технічна швидкість автомобіля, км/год	25,8
Час навантаження, хв./кг	0,02
Час розвантаження, хв./кг	0,05
Додатковий час на заїзд в пункт, хв.	5
Додатковий час на заїзд в розподільчий центр, хв.	8
Максимальний час обороту, хв.	480

2.2 Висновки по розділу

1. На основі GPS-координат усіх учасників логістичної системи визначено їх просторове розташування та сформовано топологічну структуру транспортної мережі. Побудована графова модель дозволяє відобразити взаємозв'язки між об'єктами системи та створює основу для подальшого вирішення задач маршрутизації перевезень.

2. Аналіз структури вантажопотоків показав, що середній обсяг завезення до одного пункту доставки становить 0,115 т. Отримані результати свідчать про переважання невеликих партій вантажу, що обумовлює доцільність використання малотоннажного рухомого складу для виконання розвізних операцій.

3. За результатами оцінювання техніко-експлуатаційних характеристик транспортних засобів встановлено, що для обслуговування досліджуваної логістичної системи найбільш доцільним є застосування автомобілів вантажопідйомністю до 4 т, які забезпечують достатній рівень завантаження, високу маневровість у міських умовах та прийнятні експлуатаційні витрати.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З УПРАВЛІННЯ ЛОГІСТИЧНОЮ СИСТЕМОЮ

3.1 Розробка схем розвезення

Під час формування логістичної моделі розподілу вантажів необхідно враховувати можливість використання транспортних засобів різної вантажності. Вибір рухомого складу є одним із ключових етапів проектування системи доставки, оскільки саме від його характеристик залежать рівень завантаження транспортних засобів, кількість необхідних обертів, тривалість обслуговування споживачів та загальні експлуатаційні витрати. З огляду на те, що сумарний добовий обсяг перевезень у досліджуваній логістичній системі становить 8,6 т, використання великовантажних автомобілів не є економічно обґрунтованим. У зв'язку з цим доцільно застосовувати малотоннажні вантажівки з максимальною вантажопідйомністю до 4 т, які забезпечують достатній рівень продуктивності за одночасного зниження витрат на виконання транспортних операцій.

Для розроблення та аналізу можливих схем доставки використовується спеціалізований програмний комплекс VRP, призначений для вирішення задач маршрутизації транспортних засобів. Застосування цього програмного інструменту дозволяє здійснювати пошук раціональних схем доставки з урахуванням наявних ресурсних та часових обмежень, а також оцінювати ефективність різних варіантів організації перевезень.

Побудова моделі здійснюється на основі комплексу вихідних даних, які характеризують як просторові параметри логістичної системи, так і особливості транспортного процесу. До таких даних належать координати розміщення розподільчого центру та роздрібних торговельних об'єктів, обсяги вантажів, що підлягають доставці до кожного пункту, середня експлуатаційна швидкість руху автомобілів, часові витрати на під'їзд до торговельних точок, а також час,

необхідний для виконання операцій на території розподільчого центру. Крім того, під час моделювання враховуються організаційні обмеження, пов'язані з режимом роботи транспортних засобів і персоналу.

Важливим елементом моделі є встановлення максимально допустимої тривалості одного транспортного обороту. У межах дослідження прийнято умову, відповідно до якої загальний час обороту не повинен перевищувати 8 годин. Таке обмеження відповідає нормативним вимогам щодо організації робочого часу водіїв та дозволяє забезпечити реалістичність отриманих результатів моделювання.

Для проведення розрахунків і побудови схеми розвезення розглядаємо можливість використання автомобілів Renault Master, технічні характеристики яких відповідають параметрам досліджуваної системи доставки. За результатами роботи програмного комплексу сформовано раціональні маршрути обслуговування торговельних об'єктів, що забезпечують ефективне використання транспортних ресурсів та мінімізацію непродуктивних витрат. Графічне представлення побудованих маршрутів наведено на рис. 3.1.



Рисунок 3.1 – Схема розвезення за використання автомобілів Renault Master

Основні техніко-експлуатаційні показники та параметри виконання перевезень подано в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 — Параметри схеми розвезення за використання автомобілів Renault Master

Номер маршруту	Номер пункту заїзду	Код пункту	Адреса	Час заїзду, год.:хв.	Час виїзду, год.:хв.	Обсяг заванезення, кг	Обсяг вивезення, кг	Пробіг, км
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	0	Відправник	7:43	8:00	0	843	0
	1	8	Пункт доставки 8	8:01	8:09	75	0	0,442
	2	9	Пункт доставки 9	8:10	8:19	82	0	0,85
	3	3	Пункт доставки 3	8:21	8:31	111	0	1,369
	4	2	Пункт доставки 2	8:32	8:50	270	0	1,716
	5	1	Пункт доставки 1	8:51	9:01	91	0	2,084
	6	5	Пункт доставки 5	9:01	9:10	75	0	2,328
	7	7	Пункт доставки 7	9:12	9:19	42	0	2,961
	8	6	Пункт доставки 6	9:20	9:30	97	0	3,507
	0	0	Відправник	9:31	9:31	0	0	4,097
2	0	0	Відправник	7:46	8:00	0	662	0
	1	18	Пункт доставки 18	8:01	8:16	201	0	0,596
	2	27	Пункт доставки 27	8:17	8:26	90	0	0,867
	3	28	Пункт доставки 28	8:27	8:35	61	0	1,167
	4	19	Пункт доставки 19	8:36	8:45	80	0	1,844
	5	20	Пункт доставки 20	8:46	8:54	61	0	2,21
	6	17	Пункт доставки 17	8:55	9:04	76	0	2,667
	7	16	Пункт доставки 16	9:05	9:15	93	0	3,164
	0	0	Відправник	9:16	9:16	0	0	3,414
	0	0	Відправник	7:36	8:00	0	1173	0
3	1	10	Пункт доставки 10	8:02	8:11	76	0	1,129
	2	4	Пункт доставки 4	8:12	8:29	257	0	1,433
	3	11	Пункт доставки 11	8:31	8:40	85	0	2,009
	4	12	Пункт доставки 12	8:41	8:50	83	0	2,326

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	5	13	Пункт доставки 13	8:51	8:59	54	0	2,794
	6	14	Пункт доставки 14	9:00	9:08	76	0	3,133
	7	15	Пункт доставки 15	9:09	9:18	82	0	3,434
	8	23	Пункт доставки 23	9:19	9:29	104	0	3,826
	9	21	Пункт доставки 21	9:32	9:42	100	0	5,076
	10	22	Пункт доставки 22	9:43	9:53	100	0	5,441
	11	24	Пункт доставки 24	9:54	10:04	102	0	5,867
	12	26	Пункт доставки 26	10:06	10:14	54	0	6,663
	0	0	Відправник	10:17	10:17	0	0	7,99
4	0	0	Відправник	7:36	8:00	0	1163	0
	1	32	Пункт доставки 32	8:04	8:14	96	0	1,944
	2	39	Пункт доставки 39	8:15	8:32	226	0	2,616
	3	41	Пункт доставки 41	8:34	8:45	120	0	3,663
	4	43	Пункт доставки 43	8:45	8:57	135	0	3,73
	5	42	Пункт доставки 42	8:58	9:09	122	0	4,302
	6	33	Пункт доставки 33	9:11	9:29	247	0	5,134
	7	30	Пункт доставки 30	9:30	9:42	139	0	5,565
	8	29	Пункт доставки 29	9:42	9:51	78	0	5,812
	0	0	Відправник	9:54	9:54	0	0	7,244
	0	0	Відправник	7:36	8:00	0	1189	0
	1	40	Пункт доставки 40	8:06	8:14	70	0	2,634
5	2	47	Пункт доставки 47	8:15	8:25	105	0	3,027
	3	54	Пункт доставки 54	8:27	8:44	237	0	3,651
	4	56	Пункт доставки 56	8:45	8:56	120	0	4,345
	5	57	Пункт доставки 57	8:57	9:16	285	0	4,669
	6	58	Пункт доставки 58	9:17	9:27	102	0	5,032
	7	59	Пункт доставки 59	9:28	9:38	94	0	5,434
	8	44	Пункт доставки 44	9:40	9:50	99	0	6,339
	9	31	Пункт доставки 31	9:54	10:03	77	0	8,069
	0	0	Відправник	10:07	10:07	0	0	9,924
	0	0	Відправник	7:35	8:00	0	1195	0
6	1	25	Пункт доставки 25	8:03	8:12	75	0	1,479
	2	38	Пункт доставки 38	8:14	8:24	86	0	2,653
	3	37	Пункт доставки 37	8:25	8:34	80	0	3,115
	4	46	Пункт доставки 46	8:35	8:43	70	0	3,517
	5	51	Пункт доставки 51	8:45	9:04	291	0	4,08
	6	49	Пункт доставки 49	9:06	9:16	98	0	4,974

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	7	50	Пункт доставки 50	9:17	9:28	113	0	5,397
	8	45	Пункт доставки 45	9:29	9:39	105	0	5,995
	9	35	Пункт доставки 35	9:40	9:52	133	0	6,33
	10	36	Пункт доставки 36	9:53	10:02	81	0	6,699
	11	34	Пункт доставки 34	10:03	10:11	63	0	7,324
	0	0	Відправник	10:17	10:17	0	0	9,684
	0	0	Відправник	7:36	8:00	0	1192	0
	1	55	Пункт доставки 55	8:07	8:16	76	0	3,366
	2	61	Пункт доставки 61	8:17	8:26	86	0	3,583
	3	65	Пункт доставки 65	8:27	8:35	59	0	4,136
	4	70	Пункт доставки 70	8:36	8:46	87	0	4,704
	5	71	Пункт доставки 71	8:46	8:57	113	0	4,916
	6	69	Пункт доставки 69	8:58	9:07	79	0	5,466
	7	64	Пункт доставки 64	9:08	9:18	99	0	5,875
	8	60	Пункт доставки 60	9:19	9:36	247	0	6,295
	9	52	Пункт доставки 52	9:37	9:55	257	0	6,664
	10	53	Пункт доставки 53	9:56	10:05	89	0	6,942
	0	0	Відправник	10:13	10:13	0	0	10,383
	0	0	Відправник	7:36	8:00	0	1183	0
	1	48	Пункт доставки 48	8:07	8:14	49	0	3,236
8	2	63	Пункт доставки 63	8:17	8:25	67	0	4,198
	3	68	Пункт доставки 68	8:26	8:45	274	0	4,725
	4	67	Пункт доставки 67	8:46	8:56	105	0	4,953
	5	73	Пункт доставки 73	8:57	9:06	82	0	5,341
	6	75	Пункт доставки 75	9:07	9:15	59	0	5,673
	7	74	Пункт доставки 74	9:16	9:34	266	0	6,217
	8	72	Пункт доставки 72	9:35	9:44	83	0	6,511
	9	66	Пункт доставки 66	9:45	9:54	87	0	6,868
	10	62	Пункт доставки 62	9:55	10:06	111	0	7,347
	0	0	Відправник	10:15	10:15	0	0	11,329

Зведена характеристика схеми розвезення надана у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Зведена характеристика схеми розвезення за використання автомобілів Renault Master

№ маршруту	Кількість пунктів доставки, од.	Час оберт, год.	Час обслуговування, год.	Загальний пробіг, км	Пробіг з вантажем, км	Обсяг перевезень, кг	Вантажообіг, ткм
1	8	1,810278	1,483333	4,097	3,507	843	1,546914
2	7	1,49	1,233333	3,414	3,164	662	1,048287
3	12	2,679722	2,183333	7,99	6,663	1173	3,89632
4	8	2,306111	1,783333	7,244	5,812	1163	4,740763
5	9	2,523889	1,95	9,924	8,069	1189	5,492501
6	11	2,688333	2,133333	9,684	7,324	1195	5,594462
7	10	2,628611	1,95	10,383	6,942	1192	6,671524
8	10	2,655	1,966667	11,329	7,347	1183	6,634382
Всього	75	18,78194	14,68333	64,065	48,828	8600	35,62515

Будуємо схему розвезення за використання автомобілів Mercedes-Benz Sprinter. Графічне представлення побудованих маршрутів наведено на рис. 3.2.



Рисунок 3.2 – Схема розвезення за використання автомобілів Mercedes-Benz Sprinter

Основні техніко-експлуатаційні показники та параметри виконання перевезень подано в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 — Параметри схеми розвезення за використання автомобілів Mercedes-Benz Sprinter

Номер маршруту	Номер пункту заїзду	Код пункту	Адреса	Час заїзду, год.:хв.	Час виїзду, год.:хв.	Обсяг заванезня, кг	Обсяг вивезення, кг	Пробіг, км
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	0	Відправник	7:36	8:00	0	1193	0
	1	16	Пункт доставки 16	8:00	8:10	93	0	0,25
	2	9	Пункт доставки 9	8:11	8:20	82	0	0,779
	3	4	Пункт доставки 4	8:21	8:39	257	0	1,352
	4	3	Пункт доставки 3	8:41	8:51	111	0	1,937
	5	8	Пункт доставки 8	8:53	9:01	75	0	2,534
	6	2	Пункт доставки 2	9:03	9:21	270	0	3,116
	7	1	Пункт доставки 1	9:22	9:32	91	0	3,484
	8	5	Пункт доставки 5	9:32	9:41	75	0	3,728
	9	7	Пункт доставки 7	9:42	9:49	42	0	4,361
	10	6	Пункт доставки 6	9:51	10:01	97	0	4,907
2	0	0	Відправник	10:02	10:02	0	0	5,497
	0	0	Відправник	7:30	8:00	0	1487	0
	1	31	Пункт доставки 31	8:04	8:13	77	0	1,855
	2	42	Пункт доставки 42	8:15	8:26	122	0	2,739
	3	43	Пункт доставки 43	8:27	8:39	135	0	3,311
	4	41	Пункт доставки 41	8:39	8:50	120	0	3,378
	5	33	Пункт доставки 33	8:51	9:09	247	0	3,914
	6	30	Пункт доставки 30	9:10	9:22	139	0	4,345
	7	29	Пункт доставки 29	9:22	9:31	78	0	4,592
	8	28	Пункт доставки 28	9:32	9:40	61	0	4,891
	9	27	Пункт доставки 27	9:41	9:50	90	0	5,191
	10	18	Пункт доставки 18	9:51	10:06	201	0	5,462
	11	19	Пункт доставки 19	10:06	10:15	80	0	5,784

Продовження табл. 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	12	20	Пункт доставки 20	10:16	10:24	61	0	6,15
	13	17	Пункт доставки 17	10:25	10:34	76	0	6,607
	0	0	Відправник	10:36	10:36	0	0	7,346
3	0	0	Відправник	7:30	8:00	0	1462	0
	1	10	Пункт доставки 10	8:02	8:11	76	0	1,129
	2	11	Пункт доставки 11	8:12	8:21	85	0	1,574
	3	24	Пункт доставки 24	8:23	8:33	102	0	2,492
	4	22	Пункт доставки 22	8:34	8:44	100	0	2,918
	5	21	Пункт доставки 21	8:45	8:55	100	0	3,283
	6	12	Пункт доставки 12	8:56	9:05	83	0	3,693
	7	13	Пункт доставки 13	9:06	9:14	54	0	4,161
	8	14	Пункт доставки 14	9:15	9:24	76	0	4,5
	9	15	Пункт доставки 15	9:24	9:34	82	0	4,801
	10	23	Пункт доставки 23	9:34	9:45	104	0	5,193
	11	35	Пункт доставки 35	9:46	9:58	133	0	5,853
	12	36	Пункт доставки 36	9:59	10:08	81	0	6,222
	13	37	Пункт доставки 37	10:09	10:18	80	0	6,626
	14	46	Пункт доставки 46	10:19	10:27	70	0	7,028
	15	38	Пункт доставки 38	10:28	10:38	86	0	7,572
	16	32	Пункт доставки 32	10:40	10:50	96	0	8,533
	17	26	Пункт доставки 26	10:51	10:59	54	0	9,159
	0	0	Відправник	11:02	11:02	0	0	10,486
	0	0	Відправник	7:29	8:00	0	1500	0
4	1	54	Пункт доставки 54	8:07	8:24	237	0	3,42
	2	53	Пункт доставки 53	8:25	8:34	89	0	3,691
	3	52	Пункт доставки 52	8:35	8:53	257	0	3,969
	4	60	Пункт доставки 60	8:54	9:11	247	0	4,338
	5	51	Пункт доставки 51	9:12	9:32	291	0	4,881
	6	49	Пункт доставки 49	9:34	9:44	98	0	5,775
	7	50	Пункт доставки 50	9:45	9:56	113	0	6,198
	8	45	Пункт доставки 45	9:57	10:07	105	0	6,796
	9	34	Пункт доставки 34	10:10	10:18	63	0	7,804
	0	0	Відправник	10:23	10:23	0	0	10,164
	0	0	Відправник	7:29	8:00	0	1498	0
5	1	25	Пункт доставки 25	8:03	8:12	75	0	1,479
	2	39	Пункт доставки 39	8:14	8:31	226	0	2,67
	3	40	Пункт доставки 40	8:31	8:40	70	0	2,945

Продовження табл. 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	4	47	Пункт доставки 47	8:41	8:51	105	0	3,338
	5	55	Пункт доставки 55	8:52	9:01	76	0	3,716
	6	61	Пункт доставки 61	9:01	9:11	86	0	3,933
	7	56	Пункт доставки 56	9:11	9:22	120	0	4,278
	8	57	Пункт доставки 57	9:23	9:42	285	0	4,602
	9	62	Пункт доставки 62	9:44	9:54	111	0	5,127
	10	58	Пункт доставки 58	9:56	10:06	102	0	5,761
	11	59	Пункт доставки 59	10:07	10:16	94	0	6,163
	12	48	Пункт доставки 48	10:18	10:25	49	0	6,868
	13	44	Пункт доставки 44	10:26	10:36	99	0	7,106
	0	0	Відправник	10:43	10:43	0	0	10,12
	0	0	Відправник	7:30	8:00	0	1460	0
	1	63	Пункт доставки 63	8:09	8:18	67	0	4,173
	2	68	Пункт доставки 68	8:19	8:37	274	0	4,7
	3	67	Пункт доставки 67	8:38	8:48	105	0	4,928
	4	73	Пункт доставки 73	8:49	8:58	82	0	5,316
	5	75	Пункт доставки 75	8:59	9:07	59	0	5,648
	6	74	Пункт доставки 74	9:08	9:27	266	0	6,192
6	7	72	Пункт доставки 72	9:27	9:36	83	0	6,486
	8	66	Пункт доставки 66	9:37	9:47	87	0	6,843
	9	65	Пункт доставки 65	9:48	9:56	59	0	7,503
	10	70	Пункт доставки 70	9:57	10:07	87	0	8,071
	11	71	Пункт доставки 71	10:07	10:18	113	0	8,283
	12	69	Пункт доставки 69	10:19	10:28	79	0	8,833
	13	64	Пункт доставки 64	10:29	10:39	99	0	9,242
	0	0	Відправник	10:49	10:49	0	0	13,506

Зведена характеристика схеми розвезення надана у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Зведена характеристика схеми розвезення за використання автомобілів Mercedes-Benz Sprinter

№ маршруту	Кількість пунктів доставки, од.	Час оберт, год.	Час обслуговування, год.	Загальний пробіг, км	Пробіг з вантажем, км	Обсяг перевезень, кг	Вантажообіг, ткм
1	10	2,439722	2	5,497	4,907	1193	2,936754
2	13	3,104722	2,5	7,346	6,607	1487	6,461632
3	17	3,530278	2,933333	10,486	9,159	1462	7,170262
4	9	2,896111	2,166667	10,164	7,804	1500	7,122485
5	13	3,224722	2,533333	10,12	7,106	1498	6,492636
6	13	3,3125	2,483333	13,506	9,242	1460	9,328324
Всього	75	18,50806	14,61667	57,119	44,825	8600	39,51209

Будуємо схему розвезення за використання автомобілів Volkswagen Crafter. Графічне представлення побудованих маршрутів наведено на рис. 3.3.



Рисунок 3.3 – Схема розвезення за використання автомобілів Volkswagen Crafter

Основні техніко-експлуатаційні показники та параметри виконання перевезень подано в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 — Параметри схеми розвезення за використання автомобілів Volkswagen Crafter

Номер маршруту	Номер пункту заїзду	Код пункту	Адреса	Час заїзду, год.:хв.	Час виїзду, год.:хв.	Обсяг заванезення, кг	Обсяг вивезення, кг	Пробіг, км
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	0	Відправник	7:18	8:00	0	2089	0
	1	18	Пункт доставки 18	8:01	8:16	201	0	0,596
	2	27	Пункт доставки 27	8:17	8:26	90	0	0,867
	3	30	Пункт доставки 30	8:28	8:40	139	0	1,604
	4	33	Пункт доставки 33	8:41	8:58	247	0	2,035
	5	29	Пункт доставки 29	8:59	9:08	78	0	2,461
	6	28	Пункт доставки 28	9:09	9:17	61	0	2,76
	7	19	Пункт доставки 19	9:18	9:27	80	0	3,437
	8	16	Пункт доставки 16	9:29	9:38	93	0	4,014
	9	9	Пункт доставки 9	9:40	9:49	82	0	4,543
	10	4	Пункт доставки 4	9:50	10:08	257	0	5,116
	11	3	Пункт доставки 3	10:09	10:20	111	0	5,701
	12	8	Пункт доставки 8	10:21	10:30	75	0	6,298
	13	2	Пункт доставки 2	10:31	10:50	270	0	6,88
	14	1	Пункт доставки 1	10:51	11:00	91	0	7,248
	15	5	Пункт доставки 5	11:01	11:09	75	0	7,492
	16	7	Пункт доставки 7	11:11	11:18	42	0	8,125
	17	6	Пункт доставки 6	11:19	11:29	97	0	8,671
	0	0	Відправник	11:30	11:30	0	0	9,261
	0	0	Відправник	7:15	8:00	0	2194	0
2	1	20	Пункт доставки 20	8:02	8:10	61	0	1,031
	2	25	Пункт доставки 25	8:11	8:20	75	0	1,555
	3	24	Пункт доставки 24	8:21	8:31	102	0	1,958
	4	34	Пункт доставки 34	8:32	8:41	63	0	2,61

Продовження табл. 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	5	36	Пункт доставки 36	8:42	8:51	81	0	3,235
	6	37	Пункт доставки 37	8:52	9:01	80	0	3,639
	7	38	Пункт доставки 38	9:02	9:11	86	0	4,101
	8	46	Пункт доставки 46	9:13	9:21	70	0	4,645
	9	51	Пункт доставки 51	9:23	9:42	291	0	5,208
	10	49	Пункт доставки 49	9:44	9:54	98	0	6,102
	11	50	Пункт доставки 50	9:55	10:06	113	0	6,525
	12	45	Пункт доставки 45	10:07	10:17	105	0	7,123
	13	35	Пункт доставки 35	10:18	10:30	133	0	7,458
	14	23	Пункт доставки 23	10:31	10:41	104	0	8,118
	15	15	Пункт доставки 15	10:42	10:51	82	0	8,51
	16	14	Пункт доставки 14	10:52	11:01	76	0	8,811
	17	13	Пункт доставки 13	11:02	11:09	54	0	9,15
	18	22	Пункт доставки 22	11:11	11:21	100	0	9,859
	19	21	Пункт доставки 21	11:22	11:32	100	0	10,224
	20	12	Пункт доставки 12	11:33	11:42	83	0	10,634
	21	11	Пункт доставки 11	11:43	11:52	85	0	10,951
	22	10	Пункт доставки 10	11:53	12:02	76	0	11,396
	23	17	Пункт доставки 17	12:03	12:12	76	0	11,863
	0	0	Відправник	12:13	12:13	0	0	12,602
	0	0	Відправник	7:16	8:00	0	2156	0
	1	26	Пункт доставки 26	8:03	8:10	54	0	1,327
	2	32	Пункт доставки 32	8:12	8:22	96	0	1,953
	3	39	Пункт доставки 39	8:23	8:39	226	0	2,625
	4	40	Пункт доставки 40	8:40	8:49	70	0	2,9
	5	47	Пункт доставки 47	8:49	9:00	105	0	3,293
	6	53	Пункт доставки 53	9:02	9:11	89	0	4,133
	7	54	Пункт доставки 54	9:12	9:29	237	0	4,404
3	8	55	Пункт доставки 55	9:30	9:38	76	0	4,804
	9	56	Пункт доставки 56	9:39	9:50	120	0	5,1
	10	57	Пункт доставки 57	9:51	10:10	285	0	5,424
	11	58	Пункт доставки 58	10:11	10:21	102	0	5,787
	12	59	Пункт доставки 59	10:22	10:32	94	0	6,189
	13	48	Пункт доставки 48	10:33	10:41	49	0	6,894
	14	44	Пункт доставки 44	10:41	10:51	99	0	7,132
	15	41	Пункт доставки 41	10:53	11:04	120	0	7,79
	16	43	Пункт доставки 43	11:04	11:16	135	0	7,857

Продовження табл. 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	17	42	Пункт доставки 42	11:17	11:28	122	0	8,429
	18	31	Пункт доставки 31	11:30	11:39	77	0	9,313
	0	0	Відправник	11:43	11:43	0	0	11,168
	0	0	Відправник	7:16	8:00	0	2161	0
	1	62	Пункт доставки 62	8:09	8:19	111	0	3,982
	2	63	Пункт доставки 63	8:20	8:29	67	0	4,485
	3	68	Пункт доставки 68	8:30	8:49	274	0	5,012
	4	67	Пункт доставки 67	8:49	9:00	105	0	5,24
	5	73	Пункт доставки 73	9:00	9:10	82	0	5,628
	6	75	Пункт доставки 75	9:10	9:18	59	0	5,96
	7	74	Пункт доставки 74	9:20	9:38	266	0	6,504
	8	72	Пункт доставки 72	9:39	9:48	83	0	6,798
	9	66	Пункт доставки 66	9:49	9:58	87	0	7,155
	10	61	Пункт доставки 61	10:00	10:09	86	0	8,146
	11	65	Пункт доставки 65	10:11	10:19	59	0	8,699
	12	70	Пункт доставки 70	10:20	10:29	87	0	9,267
	13	71	Пункт доставки 71	10:30	10:41	113	0	9,479
	14	69	Пункт доставки 69	10:42	10:51	79	0	10,029
	15	64	Пункт доставки 64	10:52	11:02	99	0	10,438
	16	60	Пункт доставки 60	11:03	11:20	247	0	10,858
	17	52	Пункт доставки 52	11:21	11:39	257	0	11,227
	0	0	Відправник	11:47	11:47	0	0	14,745

Зведена характеристика схеми розвезення надана у табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Зведена характеристика схеми розвезення за використання автомобілів Volkswagen Crafter

№ маршруту	Кількість пунктів доставки, од.	Час оберт, год.	Час обслуговування, год.	Загальний пробіг, км	Пробіг з вантажем, км	Обсяг перевезень, кг	Вантажообіг, ткм
1	17	4,214167	3,466667	9,261	8,671	2089	8,985911
2	23	4,966667	4,15	12,602	11,863	2194	14,6606
3	18	4,449722	3,6	11,168	9,313	2156	11,29254
4	17	4,511389	3,483333	14,745	11,227	2161	16,87998
Всього	75	18,14194	14,7	47,776	41,074	8600	51,81902

Будуємо схему розвезення за використання автомобілів Iveco Daily.
Графічне представлення побудованих маршрутів наведено на рис. 3.4.

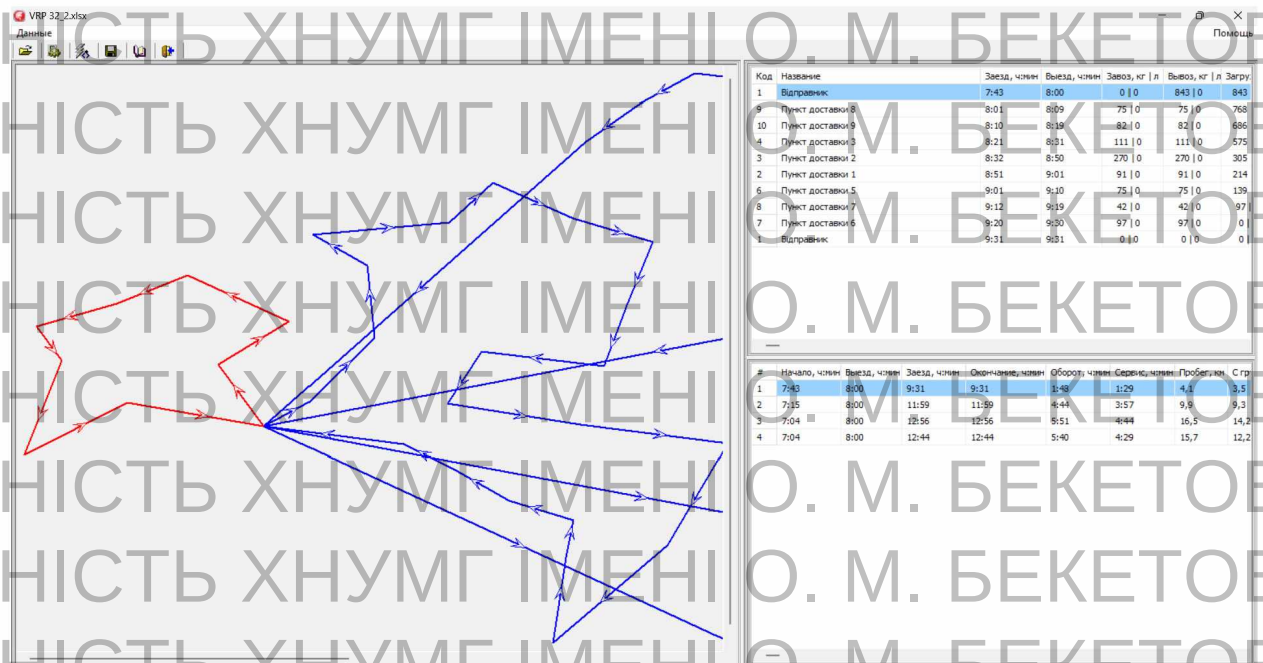


Рисунок 3.4 – Схема розвезення за використання автомобілів

Iveco Daily

Основні техніко-експлуатаційні показники та параметри виконання перевезень подано в табл. 3.7.

Таблиця 3.7 — Параметри схеми розвезення за використання автомобілів Iveco Daily

Номер маршруту	Номер пункту заїзду	Код пункту	Адреса	Час заїзду, год.:хв.	Час виїзду, год.:хв.	Обсяг заванезення, кг	Обсяг вивезення, кг	Пробіг, км
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	0	Відправник	7:43	8:00	0	843	0
	1	8	Пункт доставки 8	8:01	8:09	75	0	0,442
	2	9	Пункт доставки 9	8:10	8:19	82	0	0,85
	3	3	Пункт доставки 3	8:21	8:31	111	0	1,369
	4	2	Пункт доставки 2	8:32	8:50	270	0	1,716
	5	1	Пункт доставки 1	8:51	9:01	91	0	2,084
	6	5	Пункт доставки 5	9:01	9:10	75	0	2,328
	7	7	Пункт доставки 7	9:12	9:19	42	0	2,961
	8	6	Пункт доставки 6	9:20	9:30	97	0	3,507
	0	0	Відправник	9:31	9:31	0	0	4,097
	0	0	Відправник	7:15	8:00	0	2231	0
	1	16	Пункт доставки 16	8:00	8:10	93	0	0,25
	2	17	Пункт доставки 17	8:11	8:20	76	0	0,747
	3	10	Пункт доставки 10	8:21	8:30	76	0	1,214
	4	4	Пункт доставки 4	8:30	8:48	257	0	1,518
2	5	11	Пункт доставки 11	8:49	8:59	85	0	2,094
	6	12	Пункт доставки 12	8:59	9:09	83	0	2,411
	7	21	Пункт доставки 21	9:10	9:20	100	0	2,821
	8	22	Пункт доставки 22	9:20	9:30	100	0	3,186
	9	24	Пункт доставки 24	9:31	9:41	102	0	3,612
	10	25	Пункт доставки 25	9:42	9:51	75	0	4,015
	11	20	Пункт доставки 20	9:52	10:00	61	0	4,539
	12	19	Пункт доставки 19	10:01	10:10	80	0	4,905
	13	26	Пункт доставки 26	10:12	10:19	54	0	5,48

Продовження табл. 3.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	14	32	Пункт доставки 32	10:21	10:31	96	0	6,106
	15	33	Пункт доставки 33	10:32	10:50	247	0	6,815
	16	31	Пункт доставки 31	10:51	11:00	77	0	7,608
	17	30	Пункт доставки 30	11:02	11:13	139	0	8,163
	18	29	Пункт доставки 29	11:14	11:23	78	0	8,41
	19	28	Пункт доставки 28	11:24	11:32	61	0	8,709
	20	27	Пункт доставки 27	11:32	11:42	90	0	9,009
	21	18	Пункт доставки 18	11:43	11:58	201	0	9,28
	0	0	Відправник	11:59	11:59	0	0	9,876
3	0	0	Відправник	7:04	8:00	0	2759	0
	1	42	Пункт доставки 42	8:05	8:17	122	0	2,574
	2	43	Пункт доставки 43	8:18	8:30	135	0	3,146
	3	41	Пункт доставки 41	8:30	8:41	120	0	3,213
	4	44	Пункт доставки 44	8:42	8:52	99	0	3,871
	5	40	Пункт доставки 40	8:54	9:03	70	0	4,656
	6	39	Пункт доставки 39	9:03	9:20	226	0	4,931
	7	47	Пункт доставки 47	9:21	9:31	105	0	5,37
	8	56	Пункт доставки 56	9:32	9:43	120	0	5,82
	9	54	Пункт доставки 54	9:45	10:01	237	0	6,514
	10	53	Пункт доставки 53	10:02	10:11	89	0	6,785
	11	38	Пункт доставки 38	10:13	10:23	86	0	7,579
	12	37	Пункт доставки 37	10:24	10:33	80	0	8,041
	13	34	Пункт доставки 34	10:34	10:42	63	0	8,506
	14	36	Пункт доставки 36	10:43	10:52	81	0	9,131
	15	46	Пункт доставки 46	10:54	11:02	70	0	9,692
	16	51	Пункт доставки 51	11:04	11:23	291	0	10,255
	17	49	Пункт доставки 49	11:25	11:35	98	0	11,149
	18	50	Пункт доставки 50	11:36	11:47	113	0	11,572
	19	45	Пункт доставки 45	11:48	11:58	105	0	12,17
	20	35	Пункт доставки 35	11:59	12:11	133	0	12,505
	21	23	Пункт доставки 23	12:12	12:22	104	0	13,165
	22	15	Пункт доставки 15	12:23	12:32	82	0	13,557
	23	14	Пункт доставки 14	12:33	12:42	76	0	13,858
	24	13	Пункт доставки 13	12:43	12:50	54	0	14,197
	0	0	Відправник	12:56	12:56	0	0	16,482
4	0	0	Відправник	7:04	8:00	0	2767	0
	1	48	Пункт доставки 48	8:07	8:14	49	0	3,236

Продовження табл. 3.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	2	58	Пункт доставки 58	8:16	8:26	102	0	3,678
	3	59	Пункт доставки 59	8:27	8:36	94	0	4,08
	4	63	Пункт доставки 63	8:37	8:46	67	0	4,603
	5	68	Пункт доставки 68	8:47	9:06	274	0	5,13
	6	67	Пункт доставки 67	9:06	9:17	105	0	5,358
	7	73	Пункт доставки 73	9:17	9:27	82	0	5,746
	8	75	Пункт доставки 75	9:27	9:35	59	0	6,078
	9	74	Пункт доставки 74	9:37	9:55	266	0	6,622
	10	72	Пункт доставки 72	9:56	10:05	83	0	6,916
	11	66	Пункт доставки 66	10:05	10:15	87	0	7,273
	12	62	Пункт доставки 62	10:16	10:27	111	0	7,752
	13	57	Пункт доставки 57	10:28	10:47	285	0	8,277
	14	55	Пункт доставки 55	10:48	10:57	76	0	8,897
	15	61	Пункт доставки 61	10:58	11:07	86	0	9,114
	16	65	Пункт доставки 65	11:08	11:16	59	0	9,667
	17	70	Пункт доставки 70	11:18	11:27	87	0	10,235
	18	71	Пункт доставки 71	11:27	11:38	113	0	10,447
	19	69	Пункт доставки 69	11:39	11:48	79	0	10,997
	20	64	Пункт доставки 64	11:49	11:59	99	0	11,406
	21	60	Пункт доставки 60	12:00	12:18	247	0	11,826
	22	52	Пункт доставки 52	12:18	12:36	257	0	12,195
	0	0	Відправник	12:44	12:44	0	0	15,713

Зведена характеристика схеми розвезення надана у табл. 3.8.

Таблиця 3.8 – Зведена характеристика схеми розвезення за використання автомобілів Iveco Daily

№ маршруту	Кількість пунктів доставки, од.	Час оберт, год.	Час обслуговування, год.	Загальний пробіг, км	Пробіг з вантажем, км	Обсяг перевезень, кг	Вантажообіг, ткм
1	8	1,810278	1,483333	4,097	3,507	843	1,546914
2	21	4,736667	3,95	9,876	9,28	2231	11,02924
3	24	5,86	4,733333	16,482	14,197	2759	22,23293
4	22	5,672778	4,483333	15,713	12,195	2767	22,36565
Всього	75	18,07972	14,65	46,168	39,179	8600	57,17473

Будуємо схему розвезення за використання автомобілів Hyundai EX8.

Графічне представлення побудованих маршрутів наведено на рис. 3.5.



Рисунок 3.5 – Схема розвезення за використання автомобілів Hyundai EX8

Основні техніко-експлуатаційні показники та параметри виконання перевезень подано в табл. 3.9.

Таблиця 3.9 – Параметри схеми розвезення за використання автомобілів Hyundai EX8

Номер маршруту	Номер пункту заїзду	Код пункту	Адреса	Час заїзду, год.:хв.	Час виїзду, год.:хв.	Обсяг заванезення, кг	Обсяг вивезення, кг	Пробіг, км
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	0	Відправник	7:12	8:00	0	2363	0
	1	6	Пункт доставки 6	8:01	8:11	97	0	0,59
	2	7	Пункт доставки 7	8:12	8:19	42	0	1,136
	3	5	Пункт доставки 5	8:21	8:29	75	0	1,769
	4	1	Пункт доставки 1	8:30	8:39	91	0	2,013
	5	2	Пункт доставки 2	8:40	8:59	270	0	2,381
	6	8	Пункт доставки 8	9:00	9:09	75	0	2,963
	7	9	Пункт доставки 9	9:10	9:19	82	0	3,371
	8	3	Пункт доставки 3	9:20	9:31	111	0	3,89
	9	4	Пункт доставки 4	9:32	9:50	257	0	4,475
	10	10	Пункт доставки 10	9:51	9:59	76	0	4,779
	11	17	Пункт доставки 17	10:00	10:09	76	0	5,246
	12	19	Пункт доставки 19	10:11	10:20	80	0	5,774
	13	20	Пункт доставки 20	10:20	10:28	61	0	6,14
	14	24	Пункт доставки 24	10:30	10:40	102	0	6,818
	15	25	Пункт доставки 25	10:41	10:50	75	0	7,221
	16	26	Пункт доставки 26	10:51	10:58	54	0	7,614
	17	29	Пункт доставки 29	11:00	11:09	78	0	8,235
	18	30	Пункт доставки 30	11:09	11:21	139	0	8,482
	19	31	Пункт доставки 31	11:23	11:31	77	0	9,037
	20	28	Пункт доставки 28	11:34	11:42	61	0	9,982
	21	27	Пункт доставки 27	11:42	11:52	90	0	10,282
	22	18	Пункт доставки 18	11:52	12:08	201	0	10,553
	23	16	Пункт доставки 16	12:09	12:18	93	0	11,033
2	0	0	Відправник	12:19	12:19	0	0	11,283
	0	0	Відправник	6:59	8:00	0	3044	0
	1	11	Пункт доставки 11	8:03	8:12	85	0	1,536
	2	12	Пункт доставки 12	8:13	8:22	83	0	1,853

Продовження табл. 3.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3	13	Пункт доставки 13	8:23	8:31	54	0	2,321
	4	14	Пункт доставки 14	8:32	8:41	76	0	2,66
	5	15	Пункт доставки 15	8:41	8:50	82	0	2,961
	6	23	Пункт доставки 23	8:51	9:01	104	0	3,353
	7	35	Пункт доставки 35	9:03	9:15	133	0	4,013
	8	45	Пункт доставки 45	9:15	9:26	105	0	4,348
	9	36	Пункт доставки 36	9:27	9:36	81	0	4,738
	10	21	Пункт доставки 21	9:39	9:49	100	0	6,044
	11	22	Пункт доставки 22	9:50	10:00	100	0	6,409
	12	34	Пункт доставки 34	10:01	10:09	63	0	6,862
	13	37	Пункт доставки 37	10:10	10:19	80	0	7,327
	14	38	Пункт доставки 38	10:20	10:29	86	0	7,789
	15	46	Пункт доставки 46	10:30	10:39	70	0	8,333
	16	53	Пункт доставки 53	10:40	10:50	89	0	8,857
	17	54	Пункт доставки 54	10:50	11:07	237	0	9,128
	18	55	Пункт доставки 55	11:08	11:17	76	0	9,528
	19	56	Пункт доставки 56	11:18	11:29	120	0	9,824
	20	47	Пункт доставки 47	11:30	11:40	105	0	10,274
	21	44	Пункт доставки 44	11:42	11:52	99	0	11,167
	22	41	Пункт доставки 41	11:53	12:04	120	0	11,825
	23	43	Пункт доставки 43	12:05	12:16	135	0	11,892
	24	42	Пункт доставки 42	12:18	12:29	122	0	12,464
	25	33	Пункт доставки 33	12:31	12:48	247	0	13,296
	26	40	Пункт доставки 40	12:51	12:59	70	0	14,411
	27	39	Пункт доставки 39	13:00	13:16	226	0	14,686
	28	32	Пункт доставки 32	13:18	13:27	96	0	15,358
	0	0	Відправник	13:32	13:32	0	0	17,302
3	0	0	Відправник	6:56	8:00	0	3193	0
	1	48	Пункт доставки 48	8:07	8:14	49	0	3,236
	2	59	Пункт доставки 59	8:16	8:26	94	0	3,941
	3	58	Пункт доставки 58	8:27	8:37	102	0	4,343
	4	57	Пункт доставки 57	8:38	8:57	285	0	4,706
	5	62	Пункт доставки 62	8:58	9:09	111	0	5,231
	6	63	Пункт доставки 63	9:10	9:18	67	0	5,734
	7	68	Пункт доставки 68	9:19	9:38	274	0	6,261
	8	67	Пункт доставки 67	9:39	9:49	105	0	6,489
	9	73	Пункт доставки 73	9:50	9:59	82	0	6,877

Продовження табл. 3.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	10	75	Пункт доставки 75	10:00	10:08	59	0	7,209
	11	74	Пункт доставки 74	10:09	10:27	266	0	7,753
	12	72	Пункт доставки 72	10:28	10:37	83	0	8,047
	13	66	Пункт доставки 66	10:38	10:47	87	0	8,404
	14	61	Пункт доставки 61	10:50	10:59	86	0	9,395
	15	65	Пункт доставки 65	11:00	11:08	59	0	9,948
	16	70	Пункт доставки 70	11:09	11:19	87	0	10,516
	17	71	Пункт доставки 71	11:19	11:30	113	0	10,728
	18	69	Пункт доставки 69	11:31	11:40	79	0	11,278
	19	64	Пункт доставки 64	11:41	11:51	99	0	11,687
	20	60	Пункт доставки 60	11:52	12:09	247	0	12,107
	21	52	Пункт доставки 52	12:10	12:28	257	0	12,476
	22	51	Пункт доставки 51	12:29	12:49	291	0	12,853
	23	49	Пункт доставки 49	12:51	13:00	98	0	13,747
	24	50	Пункт доставки 50	13:01	13:12	113	0	14,17
	0	0	Відправник	13:21	13:21	0	0	18,136

Зведена характеристика схеми розвезення надана у табл. 3.10.

Таблиця 3.10 — Зведена характеристика схеми розвезення за використання автомобілів Hyundai EX8

№ маршруту	Кількість пунктів доставки, од.	Час оберт, год.	Час обслуговування, год.	Загальний пробіг, км	Пробіг з вантажем, км	Обсяг перевезень, кг	Вантажообіг, ткм
1	23	5,111944	4,283333	11,283	11,033	2363	13,58939
2	28	6,556944	5,4	17,302	15,358	3044	26,76458
3	24	6,430278	5,083333	18,136	14,17	3193	28,58092
Всього	75	18,09917	14,76667	46,721	40,561	8600	68,93489

Після завершення етапу формування схем розвезення та визначення їх параметрів наступним завданням є оцінювання економічної ефективності

кожного варіанта організації транспортування. Для цього для кожної сформованої системи розвезення здійснюється розрахунок транспортних витрат, які є одним із ключових показників результативності логістичних процесів.

3.2 Розрахунок транспортних витрат

Визначення транспортних витрат дозволяє оцінити економічні наслідки використання конкретної схеми розвезення, порівняти альтернативні варіанти організації доставки та обґрунтувати вибір найбільш раціонального рішення. До складу таких витрат можуть входити витрати на паливо, оплату праці водіїв, технічне обслуговування та ремонт транспортних засобів, амортизаційні відрахування, а також інші експлуатаційні витрати, пов'язані з виконанням транспортної роботи.

Отримані результати розрахунків є основою для подальшого аналізу ефективності логістичної системи та визначення оптимальної структури перевезень.

Розрахунок величини транспортних витрат для відповідних схем розвезення проводимо за формулою [22]:

$$B_{\text{тр}} = B_{\text{зм}} \cdot L + B_{\text{пост}} \cdot T, \quad (3.1)$$

де $B_{\text{зм}}$ – змінні витрати, грн./км;

$B_{\text{пост}}$ – постійні витрати, грн./год;

L – пробіг транспортних засобів, км;

T – час роботи транспортних засобів, год.

Величину змінних витрат визначаємо за формулою [22]:

$$B_{\text{зм}} = (0,113 \cdot q_n^{0,339} + 0,067 \cdot R_n^{-0,092}) \cdot k_1, \quad (3.2)$$

де R_n – питомі витрати палива, (л/100 км)/т;

k_1 - коригувальний коефіцієнт.

Величину постійних витрат визначаємо так [22]:

$$B_n = (0,0234 \cdot q_n^{0,92} + 0,0678 \cdot A^{-0,095}) \cdot k_2, \quad (3.3)$$

де A – кількість транспортних засобів задіяних у схемі розвезення, од.;

k_2 - коригувальний коефіцієнт.

Розраховуємо величину змінних витрат для транспортних засобів

Renault Master:

$$B_{зм} = (0,113 \cdot 1,2^{0,339} + 0,067 \cdot (11,0/1,2)^{-0,092}) \cdot 64,70 = 11,31 \text{ грн./км.}$$

Величина постійних витрат дорівнює:

$$B_n = (0,0234 \cdot 1,2^{0,92} + 0,0678 \cdot 8^{-0,095}) \cdot 5322,8 = 179,38 \text{ грн./год.}$$

Результати розрахунку для інших транспортних засобів представлені у

табл. 3.11.

Таблиця 3.11 – Змінні та постійні витрати

Марка транспортного засобу	Вантажність, т	Змінні витрати, грн./км	Постійні витрати, грн./год
Renault Master	1,20	11,31	179,38
Mercedes-Benz Sprinter	1,50	11,94	186,24
Volkswagen Crafter	2,20	13,20	198,00
Iveco Daily	2,80	14,07	202,10
Hyundai EX8	3,40	14,79	211,15

Транспортні витрати для першого маршруту схеми розвезення дорівнюють:

$$B_{тр} = 4,097 \cdot 11,31 + 1,81 \cdot 179,38 = 371,08 \text{ грн.}$$

Аналогічно виконуємо розрахунки для інших маршрутів (див. табл. 3.12) та встановлюємо загальні транспортні витрати для кожної схеми (табл. 3.13).

Таблиця 3.12 – Витрати на транспортування матеріального потоку за маршрутами

Вантажність транспортного засобу, т	Номер маршруту	Час обороту, год.	Загальний пробіг, км	Обсяг перевезень, кг	Змінні витрати, грн./км	Постійні витрати, грн./год.	Транспортні витрати, грн.
1	2	3	4	5	6	7	8
1,2 т	1	1,810278	4,097	843	46,35	324,73	371,08
	2	1,49	3,414	662	38,62	267,28	305,90
	3	2,679722	7,99	1173	90,39	480,70	571,08
	4	2,306111	7,244	1163	81,95	413,68	495,63
	5	2,523889	9,924	1189	112,27	452,74	565,01
	6	2,688333	9,684	1195	109,55	482,24	591,79
	7	2,628611	10,383	1192	117,46	471,53	588,99
	8	2,655	11,329	1183	128,16	476,26	604,42
1,5 т	1	2,439722	5,497	1193	65,62	454,38	520,00
	2	3,104722	7,346	1487	87,69	578,23	665,92
	3	3,130278	10,486	1462	125,17	582,99	708,17
	4	2,896111	10,164	1500	121,33	539,38	660,71

Продовження табл. 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8
	5	3,224722	10,12	1498	120,80	600,58	721,39
	6	3,3125	13,506	1460	161,22	616,93	778,15
2,2 т	1	4,214167	9,261	2089	122,25	834,40	956,65
	2	4,466667	12,602	2194	166,35	884,39	1050,75
	3	4,049722	11,168	2156	147,42	801,84	949,26
	4	4,511389	14,745	2161	194,64	893,25	1087,89
2,8 т	1	1,810278	4,097	843	57,63	365,85	423,48
	2	4,736667	9,876	2231	138,92	957,26	1096,18
	3	5,86	16,482	2759	231,84	1184,28	1416,12
	4	5,672778	15,713	2767	221,02	1146,44	1367,47
3,4 т	1	5,111944	11,283	2363	166,93	1079,39	1246,32
	2	6,556944	17,302	3044	255,98	1384,50	1640,48
	3	6,430278	18,136	3193	268,32	1357,76	1626,07

Таблиця 3.13 – Витрати на транспортування за схемами доставки

Марка транспортного засобу	Вантажність, т	Загальні транспортні витрати, грн.
Renault Master	1,20	4093,91
Mercedes-Benz Sprinter	1,50	4054,34
Volkswagen Crafter	2,20	4044,55
Iveco Daily	2,80	4303,24
Hyundai EX8	3,40	4512,87

Далі переходимо до виконання розрахунку складських витрат учасників роздрібної мережі та розподільчого центру.

3.3 Розрахунок складських витрат

У межах досліджуваної логістичної системи розрахунок виконується як для розподільчого центру, так і для об'єктів роздрібної торговельної мережі. Розподільчий центр забезпечує приймання, накопичення, зберігання, комплектування та відвантаження продукції, що супроводжується відповідними витратами на утримання складських приміщень, використання обладнання, оплату праці персоналу та організацію технологічних процесів. Одночасно кожна торговельна точка підтримує певний рівень товарних запасів, необхідний для забезпечення стабільного задоволення попиту споживачів.

Величина складських витрат визначається сукупністю факторів, серед яких важливе значення мають обсяг запасів, тривалість їх перебування на складі, інтенсивність товарообігу, вартість складських площ та рівень механізації складських операцій. Зміна цих параметрів може суттєво впливати на загальний рівень витрат і, відповідно, на ефективність функціонування всієї логістичної системи.

Величину складських витрат визначаємо за формулою [22]:

$$B_{\text{скл } j} = Q_j \cdot (13,165 - 2,131 \cdot \ln Q_j) \cdot k_3 + S_j \cdot (1,85 + 93,35 \cdot S_j^{-0.839}), \quad (3.4)$$

де Q_j — обсяг вантажу на складі j -го учасника логістичної системи, т;

S_j — потрібна площа складу j -го учасника, м²;

k_3 - корегувальний коефіцієнт.

Розрахунок значення S_j проводимо за формулою [22]:

$$S_j = \frac{Q_{mj}}{\delta_{cpj} h_j a_j}, \quad (3.5)$$

де Q_{mj} – максимальний обсяг матеріального потоку на складі j -го учасника логістичної системи, т;

δ_{cpj} – середнє навантаження на 1 м² площі складу, т/м²;

h_j – висота укладки запасу, м;

a_j – коефіцієнт використання площі складу.

При проведенні розрахунків приймаємо наступні значення параметрів, що входять до формули (3.5): $\delta_{cpj} = 0,24$ т/м²; $h_j = 1,5$ м; $a_j = 0,34$.

Площа складу для першого пункту завезення становить:

$$S_1 = \frac{0,091}{0,24 \cdot 1,5 \cdot 0,34} = 0,74 \text{ м}^2.$$

Складі витрати складають:

$$B_{склj} = 0,091 \cdot (13,165 - 2,131 \cdot \ln 0,091) + 0,74 \cdot (1,85 + 93,35 \cdot 0,74^{8-0,839}) = 104,00 \text{ грн.}$$

Аналогічні розраховуємо складські витрати для інших пунктів завезення (див. табл. 3.14).

Таблиця 3.14 – Складські витрати учасників роздрібної мережі

Учасник РМ	Обсяг завезення, кг	Потрібна площа для зберігання, м ²	Змінні витрати, грн.	Постійні витрати, грн.	Витрати на зберігання вантажу, грн
1	2	3	4	5	6
1	91	0,74	13,63	90,37	104,00
2	270	2,21	13,92	110,11	124,03
3	111	0,91	13,68	93,57	107,25
4	257	2,10	13,91	109,08	122,99
5	75	0,61	13,58	87,40	100,98

Продовження табл. 3.14

1	2	3	4	5	6
6	97	0,79	13,65	91,39	105,03
7	42	0,34	13,45	79,22	92,67
8	75	0,61	13,58	87,40	100,98
9	82	0,67	13,60	88,76	102,36
10	76	0,62	13,58	87,60	101,19
11	85	0,69	13,61	89,31	102,92
12	83	0,68	13,61	88,95	102,55
13	54	0,44	13,50	82,64	96,14
14	76	0,62	13,58	87,60	101,19
15	82	0,67	13,60	88,76	102,36
16	93	0,76	13,64	90,72	104,35
17	76	0,62	13,58	87,60	101,19
18	201	1,64	13,85	104,15	118,00
19	80	0,65	13,60	88,38	101,98
20	61	0,50	13,53	84,37	97,90
21	100	0,82	13,66	91,87	105,53
22	100	0,82	13,66	91,87	105,53
23	104	0,85	13,67	92,51	106,17
24	102	0,83	13,66	92,19	105,85
25	75	0,61	13,58	87,40	100,98
26	54	0,44	13,50	82,64	96,14
27	90	0,74	13,63	90,20	103,83
28	61	0,50	13,53	84,37	97,90
29	78	0,64	13,59	88,00	101,59
30	139	1,14	13,75	97,38	111,13
31	77	0,63	13,59	87,80	101,39
32	96	0,78	13,64	91,22	104,86
33	247	2,02	13,90	108,25	122,16
34	63	0,51	13,54	84,84	98,37
35	133	1,09	13,74	96,62	110,35
36	81	0,66	13,60	88,57	102,17
37	80	0,65	13,60	88,38	101,98
38	86	0,70	13,61	89,49	103,11
39	226	1,85	13,88	106,45	120,33
40	70	0,57	13,56	86,38	99,94
41	120	0,98	13,71	94,87	108,57
42	122	1,00	13,71	95,14	108,86
43	135	1,10	13,74	96,87	110,62
44	99	0,81	13,65	91,71	105,36
45	105	0,86	13,67	92,66	106,33

Продовження табл. 3.14

1	2	3	4	5	6
46	70	0,57	13,56	86,38	99,94
47	105	0,86	13,67	92,66	106,33
48	49	0,40	13,48	81,30	94,78
49	98	0,80	13,65	91,55	105,20
50	113	0,92	13,69	93,86	107,55
51	291	2,38	13,93	111,72	125,65
52	257	2,10	13,91	109,08	122,99
53	89	0,73	13,62	90,03	103,65
54	237	1,94	13,89	107,41	121,30
55	76	0,62	13,58	87,60	101,19
56	120	0,98	13,71	94,87	108,57
57	285	2,33	13,93	111,27	125,19
58	102	0,83	13,66	92,19	105,85
59	94	0,77	13,64	90,89	104,52
60	247	2,02	13,90	108,25	122,16
61	86	0,70	13,61	89,49	103,11
62	111	0,91	13,68	93,57	107,25
63	67	0,55	13,55	85,73	99,28
64	99	0,81	13,65	91,71	105,36
65	59	0,48	13,52	83,89	97,41
66	87	0,71	13,62	89,67	103,29
67	105	0,86	13,67	92,66	106,33
68	274	2,24	13,92	110,42	124,34
69	79	0,65	13,59	88,19	101,78
70	87	0,71	13,62	89,67	103,29
71	113	0,92	13,69	93,86	107,55
72	83	0,68	13,61	88,95	102,55
73	82	0,67	13,60	88,76	102,36
74	266	2,17	13,92	109,80	123,71
75	59	0,48	13,52	83,89	97,41
Сума	8600,00	70,26	1024,63	6944,42	7969,05

Розраховуємо площу складу у розподільчому центрі. При проведенні розрахунків приймаємо наступні значення параметрів, що входять до формули (3.5): $\delta_{cpj}=0,36 \text{ т/м}^2$; $h_j=2,8 \text{ м}$; $a=0,52$.

Потрібна площа складу для розміщення товарів дорівнює:

$$S_{скл} = \frac{8,6}{0,36 \cdot 2,8 \cdot 0,52} = 16,41 \text{ м}^2.$$

Відповідно складські витрати дорівнюють:

$$B_{скл,j} = 8,6 \cdot (13,165 - 2,131 \cdot \ln 8,6) \cdot 6,22 + 16,41 \cdot (1,85 + 93,35 \cdot 16,418^{-0,839}) = 635,75 \text{ грн.}$$

Далі переходимо до розрахунку загальних витрат логістичної системи.

3.4 Розрахунок загальних витрат логістичної системи

Вибір найбільш ефективного варіанта організації транспортного обслуговування в межах логістичної системи повинен ґрунтуватися на комплексному підході до оцінювання витрат, які виникають у процесі переміщення та зберігання матеріальних ресурсів. У сучасній логістиці одним із базових критеріїв прийняття управлінських рішень є мінімізація сукупних логістичних витрат, що дозволяє забезпечити економічно обґрунтоване функціонування всієї системи постачання.

На відміну від підходів, орієнтованих виключно на скорочення транспортних або складських витрат окремо, концепція загальних логістичних витрат передбачає врахування взаємозв'язку між усіма складовими логістичного процесу. Зменшення витрат в одному елементі системи може призводити до їх зростання в іншому, тому оптимальним вважається той варіант організації логістичних операцій, який забезпечує мінімальне значення сумарних витрат по всьому логістичному ланцюгу.

До структури сукупних логістичних витрат у досліджуваній системі належать витрати на зберігання товарних запасів у розподільчому центрі, які формуються внаслідок використання складських площ, експлуатації обладнання та підтримання необхідного рівня запасів. Окремою складовою є витрати на утримання запасів у роздрібних торговельних точках, що забезпечують безперервність реалізації продукції та належний рівень

обслуговування споживачів. Крім того, важливе місце в загальній структурі витрат займають транспортні витрати, пов'язані з доставкою продукції від розподільчого центру до торговельних об'єктів.

Таким чином, подальший вибір оптимального варіанта транспортного обслуговування здійснюється на основі порівняння значень сукупних логістичних витрат, до складу яких входять витрати на зберігання товарів у розподільчому центрі (B_{PC}), витрати на зберігання продукції в торговельній мережі (B_{PM}) та витрати на транспортування матеріального потоку (B_{TP}):

$$B_{LC} = B_{TP} + B_{PM} + B_{PC}. \quad (3.6)$$

Величина логістичних витрат для першої схеми розвезення дорівнює:

$$B_{LC} = 4093,91 + 7969,05 + 635,75 = 12698,71 \text{ грн.}$$

Аналогічно розраховуємо логістичні витрати для інших схем розвезення (див. табл. 3.15).

Таблиця 3.15 – Логістичні витрати за схемами доставки

Транспортний засіб	Вантажо- підйомність, т	Загальні транспортні витрати, грн.	Складські витрати роздільної мережі, грн.	Складські витрати розподільчого центру, грн.	Загальні логістичні витрати, грн.
Renault Master	1,2	4093,91	7969,05	635,75	12698,71
Mercedes-Benz Sprinter	1,5	4054,34	7969,05	635,75	12659,14
Volkswagen Crafter	2,2	4044,55	7969,05	635,75	12649,35
Iveco Daily	2,8	4303,24	7969,05	635,75	12908,04
Hyundai EX8	3,4	4512,87	7969,05	635,75	13117,67

За даними табл. 3.15 формуємо діаграму зміни логістичних витрат (див. рис. 3.6).



Рисунок 3.6 – Діаграма зміни логістичних витрат

Результати проведених розрахунків та комплексного оцінювання логістичних витрат свідчать про наявність відмінностей в ефективності досліджуваних варіантів транспортного обслуговування логістичної системи.

Встановлено, що мінімальне значення сукупних логістичних витрат досягається за умови використання вантажних автомобілів Volkswagen Crafter із вантажопідйомністю 2,2 т. Застосування цього типу рухомого складу забезпечує достатній рівень завантаження транспортного засобу, ефективне використання його провізних можливостей та раціональний розподіл вантажопотоків між маршрутами.

3.5 Висновки по розділу

1. На основі проведеного моделювання логістичної системи доставки було розроблено та проаналізовано декілька варіантів схем розвезення із використанням малотоннажних вантажних автомобілів різної вантажопідйомності. Для формування маршрутів застосовано програмний комплекс VRP, який дозволив врахувати просторове розташування торговельних об'єктів, обсяги перевезень, часові обмеження та характеристики рухомого складу. У результаті було сформовано раціональні маршрути обслуговування 75 пунктів доставки із загальним добовим обсягом перевезень 8,6 т.

2. Порівняння розроблених схем розвезення показало, що найбільш раціональним є використання автомобілів Volkswagen Crafter, які забезпечують ефективне обслуговування всієї мережі споживачів при раціональній кількості маршрутів та високому рівні завантаження рухомого складу. Запропоновані рішення дозволяють підвищити продуктивність транспортного процесу, зменшити загальний пробіг транспортних засобів і створити передумови для зниження логістичних витрат.

ВИСНОВКИ

1. У сучасних умовах господарювання ефективно управління логістичними системами є одним із ключових чинників забезпечення конкурентоспроможності підприємств, що забезпечує підвищення результативності їх діяльності та створює передумови для довгострокового розвитку.

2. Міська логістика є невід'ємною складовою забезпечення ефективного функціонування сучасних міст, оскільки сприяє раціональній організації вантажних потоків, підвищенню якості транспортного обслуговування та задоволенню потреб населення і бізнесу. Водночас розвиток міських логістичних систем супроводжується низкою проблем, серед яких недостатній рівень розвитку логістичної інфраструктури, негативний вплив транспортної діяльності на навколишнє середовище, обмежене використання сучасних інформаційних технологій та стрімке зростання обсягів доставки, пов'язане з розвитком електронної комерції. Зазначені проблеми знижують ефективність функціонування транспортних систем, збільшують логістичні витрати та погіршують якість міського середовища.

3. Удосконалення функціонування міських логістичних систем повинно здійснюватися комплексно та передбачати розвиток інтелектуальних транспортних систем, цифровізацію логістичних процесів, створення логістичних центрів, впровадження екологічних технологій та оптимізацію матеріальних потоків. Реалізація зазначених заходів сприятиме підвищенню ефективності міських перевезень, зниженню логістичних витрат та забезпеченню сталого розвитку міських територій.

4. Формування систем доставки в міській логістиці має базуватися на комплексному врахуванні вимог щодо своєчасності, надійності, економічної ефективності, екологічної безпечності, гнучкості, безпеки та високої якості

логістичного сервісу. Дотримання зазначених вимог створює передумови для підвищення ефективності міських вантажних перевезень та забезпечення сталого розвитку транспортних систем міст.

5. Формування раціональних систем доставки базується на комплексному використанні математичних методів оптимізації, VRP-моделей, багатокритеріальних методів прийняття рішень та сучасних цифрових технологій. Їх застосування дозволяє підвищити ефективність використання транспортних засобів, скоротити логістичні витрати, покращити якість обслуговування споживачів та забезпечити сталий розвиток міських транспортно-логістичних систем.

6. На основі GPS-координат усіх учасників логістичної системи визначено їх просторове розташування та сформовано топологічну структуру транспортної мережі. Побудована графова модель дозволяє відобразити взаємозв'язки між об'єктами системи та створює основу для подальшого вирішення задач маршрутизації перевезень.

7. Аналіз структури вантажопотоків показав, що середній обсяг завезення до одного пункту доставки становить 0,115 т. Отримані результати свідчать про переважання невеликих партій вантажу, що обумовлює доцільність використання малотоннажного рухомого складу для виконання розвізних операцій.

8. За результатами оцінювання техніко-експлуатаційних характеристик транспортних засобів встановлено, що для обслуговування досліджуваної логістичної системи найбільш доцільним є застосування автомобілів вантажопідйомністю до 4 т, які забезпечують достатній рівень завантаження, високу маневровість у міських умовах та прийнятні експлуатаційні витрати.

9. На основі проведеного моделювання логістичної системи доставки було розроблено та проаналізовано декілька варіантів схем розвезення із використанням малотоннажних вантажних автомобілів різної вантажопідйомності. Для формування маршрутів застосовано програмний комплекс VRP, який дозволив врахувати просторове розташування

торговельних об'єктів, обсяги перевезень, часові обмеження та характеристики рухомого складу. У результаті було сформовано раціональні маршрути обслуговування 75 пунктів доставки із загальним добовим обсягом перевезень 8,6 т.

10. Порівняння розроблених схем розвезення показало, що найбільш раціональним є використання автомобілів Volkswagen Crafter, які забезпечують ефективне обслуговування всієї мережі споживачів при раціональній кількості маршрутів та високому рівні завантаження рухомого складу. Запропоновані рішення дозволяють підвищити продуктивність транспортного процесу, зменшити загальний пробіг транспортних засобів і створити передумови для зниження логістичних витрат.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Крикавський Є. В., Чернописька Н. В. Логістичні системи: підручник. Львів: видавництво львівської політехніки, 2019. 288 с.
2. Окландер М. А. Логістика: підручник. Київ: Центр учбової літератури, 2008. 346 с.
3. Алькема В. Г., Сумець О. М. Логістика. Теорія та практика. Навчальний посібник. Київ: Професіонал, 2008. 272 с.
4. Смирнов І. Г. Логістика: просторово-територіальний вимір. Київ: Обрії, 2004. 335 с.
5. Тридід О. М., Азаренкова Г. М., Мішина С. В., Борисенко І. І. Логістика: навч. посіб. К.: Знання, 2008. 566 с.
6. Ольхова М. В., Рославцев Д. М. Оцінювання заходів міської логістики: моделювання потоку вантажних транспортних засобів. Монографія. Харків: ХНУМГ. 2021. 99 с.
7. Крикавський Є., Похильченко О., Фертч М. Логістика та управління ланцюгами постачань. Львів: Видавництво Львівської політехніки. 2019. 848с.
8. Смирнов І. Г., Косарева Т. В. Транспортна логістика: навчальний посібник. Київ: Центр навчальної літератури, 2018. 224 с.
9. Taniguchi E., Thompson R. G. City Logistics: Mapping the Future. Boca Raton: CRC Press, 2015. 326 p.
10. Bachofner M., Lemardelé C., Estrada M., Pagès, L. City Logistics: Challenges and Opportunities for Technology Providers. Journal of Urban Mobility. 2022. Vol. 2. P. 1–17.
11. Russo F., Comi A. Urban freight transport planning towards green goals: Synthetic environmental evidence from tested results. *Sustainability*. 2016. Vol. 8(4). P. 1-17.

12. Gevaers R., Van de Voorde E., Vanelander T. Characteristics of Characteristics and Typology of Last-Mile Logistics from an Innovation Perspective. In: Macharis C., Melo S. (Eds.). *City Distribution and Urban Freight Transport*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2018.
13. Bjørgen A., Pitera K., Karlsson H., Babri, S., Strømmen K. Knowledge and strategies for facilitating urban freight and last-mile deliveries amid digital. *Research in Transportation Economics*. 2025. Vol. 113. P. 1-21.
14. Macharis C., Melo S. *City distribution and urban freight transport: multiple perspectives*. Edward Elgar Publishing. 2011.
15. Rodrigue J.-P. *The Geography of Transport Systems* Rodrigue J.-P. *The Geography of Transport Systems*. 5th ed. New York: Routledge, 2020. 456 p.
16. Christopher M. *Logistics and supply chain management*. Pearson Uk. 2022.
17. Kain R., Verma A. Logistics management in supply chain—an overview. *Materials today: proceedings*. 2018. Vol. 5(2). P. 3811-3816.
18. Toth P., Vigo D. *Vehicle Routing: Problems, Methods and Applications*. 2nd ed. Philadelphia: SIAM, 2014. 467 p.
19. Funke B., Grünert T., Irnich S. Local search for vehicle routing and scheduling problems: Review and conceptual integration. *Journal of heuristics*. 2005. Vol. 11(4). P. 267-306.
20. Chen S. J., Hwang C. L. Multiple attribute decision making - An overview. *Fuzzy multiple attribute decision making: Methods and applications*. 1992. P. 16-41.
21. Min H. Artificial intelligence in supply chain management: theory and applications. *International Journal of Logistics: Research and Applications*. 2010. Vol. 13(1). P. 13-39.
22. Куш Є. І., Скрипін В. С. Формування цільової функції оптимізації витрат логістичного процесу. Збірник наукових праць українського державного університету залізничного транспорту. Харків: УкрДУЗТ, 2016. Вип. 165. С. 49-59.